

Ensino de Ciências

A PRESENTE edição de *Estudos Avançados* obedece ao projeto, iniciado no número anterior,¹ de aprofundar o conhecimento do Ensino Médio e do Superior, quer das Humanidades, quer das Ciências Matemáticas, Físicas, Químicas e Biológicas. A complexidade das questões sobre *o que e como* ensinar resulta evidente quando se leem os textos aqui publicados. A riqueza dos dados básicos e das interpretações não comporta, evidentemente, resumos temáticos. O leitor escolherá, a seu critério, os artigos de seu interesse profissional e de sua curiosidade intelectual.

Além do conjunto principal publicam-se textos que completam, de algum modo, o dossiê de Humanidades (Bosi, 2018): assim, particular atenção é reservada à figura ímpar de Aníbal Quijano no seu diálogo com Mariátegui, e na colaboração que prestou ao Instituto de Estudos Avançados.

A editoria agradece aos professores Yvonne P. Mascarenhas, Umberto G. Cordan, Hernan Chaimovich, Marcos S. Buckeridge e Flavio Ulhoa Coelho a prestante ajuda na constituição dos minidossiês sobre ensino de Física, de Geologia, de Química, de Biologia e das Matemáticas.

Este número é dedicado a Ernest Hamburger (2007),² infatigável difusor da história e das ciências dentro e fora da Universidade de São Paulo.

Alfredo Bosi ¹

¹ Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Notas

1 A 93^a edição da revista inaugurou a série focada nos ensinamentos fundamental e médio. O dossiê trouxe um conjunto de artigos sobre o Ensino de Humanidades, área do conhecimento escolhida para abrir a sequência. Além de ponderações sobre a conjuntura atual da educação brasileira, os textos apresentam reflexões sobre o ensino de filosofia, história, geografia, música, literatura e religião. A versão online da publicação está disponível na íntegra no SciELO.

2 Ernst Wolfgang Hamburger (1933-2018). Físico nuclear foi um dos criadores do Laboratório de Demonstrações do Instituto de Física da USP e diretor da Estação Ciência.

Referências

BOSI, A. Ensino de Humanidades. *Estudos Avançados*, v.32, n.93, p.3, mai-ago. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000300003>. Acesso em: 15 out. 2018.

HAMBURGER, E. W. Apontamentos sobre o ensino de Ciências nas séries escolares iniciais. *Estudos Avançados*, v.21, n.60, p.93-104, mai-ago. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 15 out. 2018.

Ensino de Ciências

Ensino de Botânica: conhecimento e encantamento na educação científica

SUZANA URSI^I

PÉRCIA PAIVA BARBOSA^{II}

PAULO TAKEO SANO^{III}

e FLÁVIO AUGUSTO DE SOUZA BERCHEZ^{IV}

Introdução

O ENCANTAMENTO com o “fenômeno vida” esteve sempre presente ao longo de nossa existência. Desde a pré-história, os primeiros representantes de nossa espécie já analisavam formas e comportamentos dos outros seres de que dependiam para sobreviver, como as plantas e os animais de seu entorno. Em um passado menos remoto, autores clássicos, como Aristóteles e Theophrastus, discorreram sobre botânica e zoologia como temas importantes para o conhecimento. No Renascimento, um dos primeiros livros de biologia ilustrada é atribuído ao botânico Fuchs (1542). Hooke observou células na cortiça em 1665. A partir de então, muito conhecimento sobre a biologia tem sido construído. A classificação binomial foi inaugurada por Lineu, em 1735. Os naturalistas mostram-se protagonistas no século XIX, em que milhares de novas espécies foram descobertas e descritas. Em 1859, Charles Darwin, que cultivava e produziu ensaios sobre plantas carnívoras, publicou *A origem das espécies*, um dos textos impactantes da história da humanidade. Mendel, monge e botânico, é considerado o pai da genética, pelo seu trabalho com ervilhas, publicado em 1866.

Nos dias atuais, os séculos XX e XXI são considerados a “Era da Biologia” pelos inúmeros avanços científicos a ela relacionados. Nesse contexto, o trabalho de Watson e Crick (1953), explicando a estrutura do DNA, é uma das obras mais significativas, pois levou à manipulação genética, que tem mudado nosso dia a dia. Atualmente, somos capazes de modificar a Terra de forma estrondosa; causando, inclusive, impactos ambientais indesejados. Mais uma vez, a biologia entra em cena como ciência para mitigação de tais impactos, auxiliando na reflexão sobre como a humanidade encaminha seu futuro e o de todas as demais espécies do planeta. Diante desse cenário, torna-se incontestável que a abordagem dessa ciência na Educação Básica é fundamental na formação plena dos estudantes e futuros cidadãos.

Dentre as áreas que constituem a biologia, a botânica, cuja notória relevância foi discutida por Salatino e Buckeridge (2016), é o nosso foco. As discussões sobre o ensino desse tema estão em sintonia com os pensamentos referentes ao processo de ensino-aprendizagem da Biologia como um todo. Contudo, o ensino de Botânica apresenta peculiaridades que justificam um olhar mais cuidadoso e específico para suas questões. Este artigo tem como objetivo justamente favorecer tal abordagem, apresentando reflexões sobre objetivos, desafios e possibilidades para o enfoque do ensino de Botânica na Educação Básica, um enfoque que produza conhecimento e encantamento.

Objetivos do ensino de Botânica na Educação Básica

Iniciamos nossa reflexão estimulando uma superação da visão estritamente propedêutica de ensino; nela, um nível da educação é pensado apenas como etapa preparatória para o próximo nível. Ao contrário, defendemos que aprender biologia, incluindo botânica, pode ampliar o repertório conceitual e cultural dos estudantes, auxiliando na análise crítica de situações reais e na tomada de decisões mais consciente, formando cidadãos mais reflexivos e capazes de modificar sua realidade. Ter subsídios científicos, superando o senso comum, pode auxiliar de forma decisiva nas atitudes dos cidadãos. Nurse (2016), em “The Importance of Biology Education”, destaca que tal educação deve ajudar as pessoas a fazer escolhas informadas, ter maior engajamento no desenvolvimento científico e tecnológico e preparar-se para o trabalho em uma economia desenvolvida. Isso envolve inúmeras questões, inclusive do cotidiano, tais como escolher o alimento a ser comprado; quais fontes de energia utilizar; ou que políticas apoiar para lidar com as mudanças climáticas, o uso de células-tronco ou a manipulação genômica. Muitos dos documentos norteadores da educação no Brasil vêm adotando visão semelhante (ex. Brasil, 2006).

Nessa perspectiva, o ensino de Biologia visa que o estudante aprenda conceitos e processos fundamentais da área, compreenda a natureza e o processo de construção do conhecimento científico e seja capaz de analisar criticamente as implicações da Ciência e da Tecnologia na sociedade. Assim, espera-se promover a Alfabetização Científica dos aprendizes (Hurd, 1998). Krasilchik (2008) destaca que, para tanto, algumas dimensões devem ser consideradas. Estimulados por nossa experiência no trato com questões relacionadas à Percepção Ambiental, bem como por estudos da área (Chenoweth; Gobster, 1990; Seniciato; Cavassan, 2009; White, 1977), julgamos pertinente acrescentar uma quinta dimensão, a estética, às quatro primeiras já propostas pela autora:

- Ambiental – motivando a análise do impacto da atividade humana no meio ambiente e a busca de soluções para os problemas decorrentes;
- Filosófica, cultural e histórica – levando à compreensão do papel da ciência na evolução da humanidade e sua relação com religião, economia, tecnologia, entre outros;
- Ética – estimulando a análise e argumentação sobre assuntos polêmicos

vinculados às questões científicas que são divulgados pelos meios de comunicação em massa, como aborto, eutanásia, biodiversidade e relações internacionais, propriedade de descobertas científicas, entre outros;

- Médica – auxiliando a compreensão de conceitos biológicos básicos que estão estreitamente relacionados a prevenção e cura de doenças.
- Estética – promovendo a percepção do ambiente e sua biodiversidade pautando-se na integração entre razão-imaginação-sentimentos-emoções, resultando em valores e atitudes potencialmente transformadores do cotidiano.

O ensino de Botânica insere-se nesse cenário, apresentando objetivos e conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais capazes de contribuir com todas essas dimensões (Quadro 1 - exemplos que, no entanto, não esgotam a grande quantidade de outras possibilidades).

Quadro 1 – Exemplos de objetivos e conteúdos nas diferentes Dimensões do Ensino de Botânica

| Dimensões do Ensino de Botânica |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ambiental |
| As plantas são constituintes chaves do ambiente, estando relacionadas a inúmeros processos ecológicos e serviços ecossistêmicos. Estão entre os organismos mais ameaçados pelo crescimento populacional, que gera poluição e exploração pouco racional de recursos. Compreender e discutir tais temas pode subsidiar os estudantes em seus posicionamentos sobre importantes questões ambientais da atualidade. |
| Filosófica, cultural, histórica |
| O vínculo entre as plantas e aspectos culturais de nossa espécie é notório. Podemos listar diversas plantas que mudaram nossa história, por suas aplicações na alimentação, na medicina, no vestuário, no paisagismo, dentre outras. Se pensarmos nas artes, percebemos a importância da representação das plantas em nosso cotidiano e ao longo da história. |
| Médica |
| O uso medicinal tradicional das plantas é contundente, mas também sua exploração para o isolamento de princípios ativos e uso em muitos dos medicamentos industrializados atualmente utilizados. Por outro lado, crenças populares equivocadas, que gerem o uso indiscriminado das plantas, podem oferecer riscos à saúde. |
| Ética |
| Botânica e Biotecnologia estão intimamente relacionadas, com alguns dos maiores avanços relacionados à interação entre vegetais e microrganismos. Muitos dos temas mais urgentes e/ou polêmicos da atualidade relacionam-se em algum grau à Botânica, como uso de organismos transgênicos, mudanças climáticas globais, legalização de alguns tipos de drogas atualmente consideradas ilícitas, exploração agrícola, conservação e perda da biodiversidade, energias alternativas, dentre outros. |
| Estética |
| A convivência e a apreciação das plantas são reconhecidamente importantes promotores de bem-estar. Perceber a diversidade vegetal, bem como criar conexão com tais organismos, podem ser considerados passos essenciais para a valorização e conservação ambiental, questão tão relevante na atualidade. |

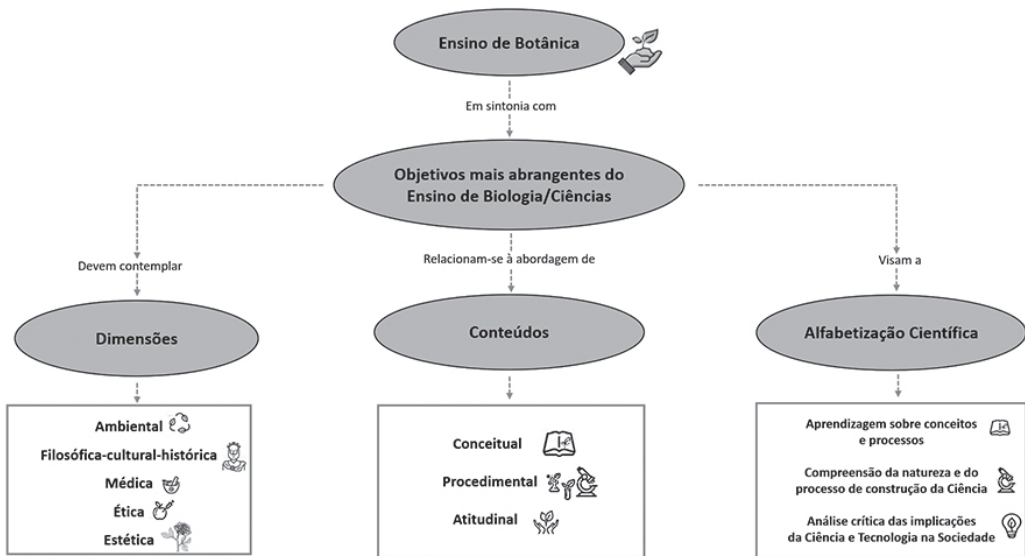
Além dos aspectos atitudinais enfocados acima, é evidente que alguns dos conceitos e processos mais centrais do conhecimento biológico fazem parte do escopo da botânica (como fotossíntese, teia alimentar, fluxo de energia, classificação da biodiversidade e evolução). Diante disso, enfatizamos que um objetivo essencial do ensino de Botânica é promover o entendimento efetivo desses conceitos e processos, para além do enfoque meramente memorístico, baseando-o na construção de conhecimento pelos estudantes e integrando-o às demais áreas de conhecimento.

Ainda: a aprendizagem de conteúdos procedimentais como objetivo do ensino de Botânica aproxima os estudantes do “fazer científico”. O material biológico vegetal é muito adequado para diversas atividades práticas (Santos et al., 2012), o que se torna um estímulo adicional para promover a habilidade de realizar investigações científica. Outra habilidade refere-se a compreender os procedimentos da classificação biológica. Não se trata de decorar critérios ou características de grupos vegetais, mas sim entender os procedimentos gerais utilizados na organização da diversidade vegetal, enfatizando a importância que os eventos evolutivos apresentam na atualidade, principalmente relacionados à sistemática filogenética. Capacidades de observação e de representação são outras importantes habilidades relacionadas à Botânica, que permitem analisar os organismos destacando suas peculiaridades e reconhecendo semelhanças. Assim também, interpretar estruturas tridimensionais constitui uma habilidade essencial para compreender anatomia vegetal e a relação forma-função em plantas, conforme discute Ceccantini (2006).

Essas reflexões sobre os objetivos do ensino de Botânica que almejamos estão sistematizadas na Figura 1. De novo: não esgotamos as possibilidades, mas apresentamos um cenário para reflexão.

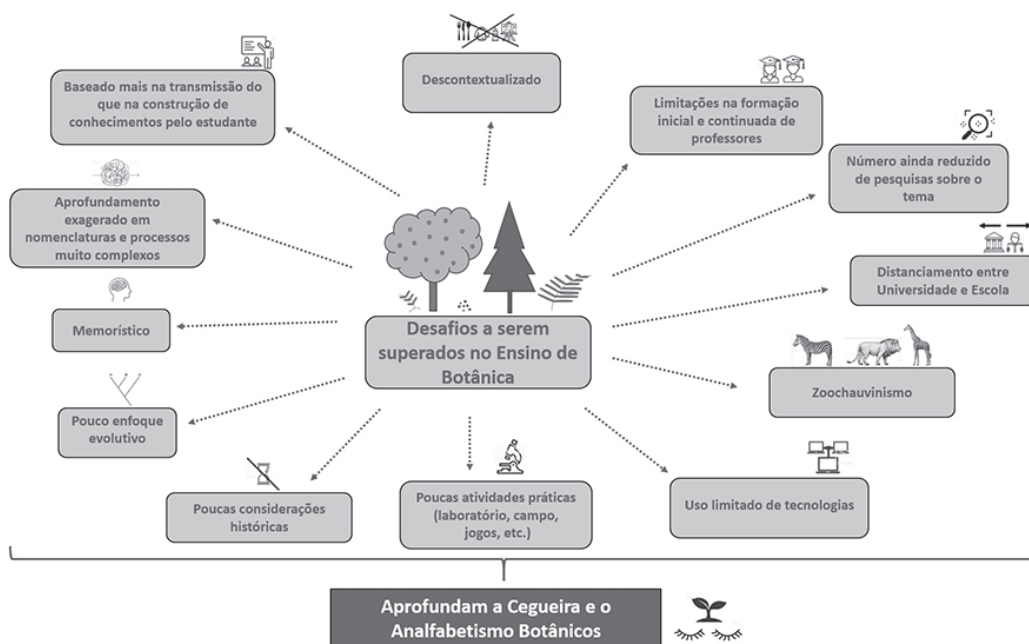
Desafios a serem superados

A abordagem da botânica na Educação Básica, em muitos casos, ainda está distante de alcançar os objetivos esperados em um processo de ensino-aprendizagem realmente significativo e transformador. Relata-se, muitas vezes, que os estudantes, e até mesmo seus professores, não se interessam pela botânica, que é considerada difícil, enfadonha e distante de sua realidade. Esse não é um fenômeno apenas nacional, pois trabalhos acadêmicos têm discutido tais aspectos em diferentes lugares (Hershey, 1996; Silva; Ghilardi-Lopes, 2014). Alguns deles estão resumidos na Figura 2.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 1 – Objetivos do ensino de Botânica, destacando sua relação com os objetivos e conteúdos mais abrangentes do ensino de Biologia e de Ciências na Educação Básica.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 2 – Principais desafios a serem superados no ensino de Botânica.

Quanto às abordagens e estratégias didáticas utilizadas, em muitas circunstâncias empreende-se o ensino de Botânica de forma descontextualizada, sendo esse provavelmente um dos fatores que causam maior desinteresse e dificuldade de aprendizagem por parte dos estudantes. A falta de atividades práticas de diferentes naturezas e o uso limitado de tecnologias, especialmente as digitais, tão familiares aos estudantes, também representam obstáculos. Outro ponto especialmente importante para a botânica é a presença de enfoque evolutivo, capaz de dar mais coerência ao estudo da classificação vegetal. Infelizmente, tal abordagem não é a predominante e, mesmo no Ensino Superior, detectam-se lacunas conceituais (Bizotto et al., 2016). Kinoshita et al. (2006) alertam que, a exemplo do que ocorre em outras áreas do conhecimento, muitas vezes o ensino de Botânica é baseado em métodos tradicionais que priorizam reprodução e memorização de nomes e conceitos em detrimento do questionamento, sendo também muito teórico e desestimulante para o estudante. Santos (2006), pesquisando a inserção de temas botânicos no Ensino Médio, conclui que a abordagem botânica, em geral, abstém-se de seu caráter histórico. Já Macedo et al. (2012), investigando a percepção de professores sobre as dificuldades de seus estudantes, apontam como maiores desafios a nomenclatura complexa da área, o desinteresse dos aprendizes, assim como alguns temas específicos: ciclo de vida e fisiologia. Por outro lado, Towata et al. (2010) evidenciam que, para o Ensino Fundamental, as experiências com a botânica tendem a ser mais positivas, com estratégias de ensino mais dinâmicas. As autoras discutem que a pressão do vestibular parece ser um agravante importante no Ensino Médio.

Os desafios supracitados somam-se e são intensificados por outros, como o “zoochauvinismo”: os vegetais geralmente são negligenciados nos materiais didáticos, que trazem mais exemplos relacionados à zoologia, por considerar os animais mais atrativos para os estudantes (Balas; Momsen, 2014). Um caso grave refere-se à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em que poucos exemplos botânicos são encontrados (Brasil, 2017). Nesse cenário, é importante promovermos um movimento de resistência e valorização das plantas e de seu ensino.

Algumas explicações relacionam essa desvalorização a fatores como: aspectos biológicos e culturais do ser humano (percepção do ambiente, instintos de caça e defesa), processo de urbanização e até a pouca atenção que as plantas recebem dos meios de comunicação em geral (Hershey, 2002; Salatino; Buckridge, 2016; Wandersee; Schussler, 1999; 2002). Encontramos raízes para os problemas também no próprio contexto universitário, no qual as disciplinas voltadas à botânica são muito focadas em conteúdos conceituais e desenvolvidas por meio de métodos tradicionais de ensino, embora experiências inovadoras eventualmente aconteçam (Silva, 2013). Além disso, nos cursos que formam bacharéis e licenciados, em muitos casos, pouca atenção é dada, pelos docentes, para a formação dos futuros professores de Biologia e Ciências, já que a ênfase

recai na formação dos bacharéis (Silva et al., 2006). Por outro lado, corre-se o risco dos futuros professores aprenderem sobre aspectos didáticos, porém de forma desarticulada com o conteúdo conceitual a ser ministrado.

Estimula-se pouco que seja desenvolvido o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK - Pedagogical Content Knowledge), conceito proposto por Shulman (1986) que representa a união entre conhecimentos referentes aos conteúdos específicos (como a botânica) e os pedagógicos. Tal união permite ao professor compreender como determinados tópicos são organizados, representados e adaptados aos diversos interesses e habilidades dos alunos, podendo assim ser ensinados e compreendidos. Consideramos que o desenvolvimento do PCK de botânica deve ser um ponto de destaque nos cursos de formação que tenham como meta realmente interromper o ciclo de desvalorização, levando à formação de professores qualificados, que se interessam, conhecem e se sentem seguros para ensinar tal temática.

Destacamos, como mais um ponto relevante, o número ainda reduzido de pesquisas sobre o ensino de Botânica, quando comparado às demais áreas do conhecimento biológico. A qualidade é outra questão, pois, em muitos casos, os trabalhos apresentam uma visão muito “mecanicista” de ensino-aprendizagem (Silva et al., 2006). Devemos realizar pesquisas de caráter mais abrangentes e sintonizadas com as múltiplas necessidades da área. Além disso, é necessário que tais pesquisas sejam conhecidas e discutidas pelos professores, para que se tornem parceiros nessas iniciativas. Enfatizamos a necessidade de aproximação entre universidade e escola, possibilitando experiências ricas, capazes de auxiliar na superação dos desafios aqui abordados (Kinoshita et al., 2006; Macedo; Ursi, 2016).

A partir desse cenário, percebemos que os diversos desafios contribuem para causar e agravar a chamada “Cegueira Botânica”, que remete ao fato de as pessoas apresentarem, em geral, pouca percepção sobre as plantas que as circundam, com “sintomas” como a desatenção em relação às plantas presentes no cotidiano, a ideia de que os vegetais são apenas cenário para a vida animal e a falta de compreensão sobre o papel dos vegetais no ciclo do carbono (Wandersee; Schussler, 1999; 2002). Outro reflexo relaciona-se ao que Uno (2009) denomina “Analfabetismo Botânico”, ligado à falta não só de interesse pela temática, mas também de conhecimento, em diferentes níveis (dos mais pontuais e simples até os mais abrangentes e complexos). Em um processo de retroalimentação, a Cegueira e o Analfabetismo Botânicos são fomentados pelo ensino desestimulante e pouco significativo. Por outro lado, esses dois fatores contribuem para dificultar ainda mais o ensino de Botânica. Assim, é necessário discutirmos sobre possibilidades pedagógicas capazes de aproximar a botânica dos estudantes e de seus professores, fazendo que o processo de seu ensino-aprendizagem seja mais motivador e efetivo.

Contextualização e seu potencial para o ensino de Botânica

Apesar dos desafios identificados, podemos relatar e discutir sobre uma grande quantidade de experiências bem-sucedidas relacionadas à abordagem da botânica na Educação Básica. Um ponto que todas têm em comum é a contextualização (Quadro 2), principalmente quando aliada à utilização de uma variedade de estratégias didáticas mais dinâmicas, que propiciem o protagonismo do estudante. Assim, enfocamos a contextualização como eixo norteador das reflexões que se seguem, porém, reconhecendo que outros aspectos são igualmente importantes, alguns deles evidenciados na Figura 3.

A relevância do ensino contextualizado sustenta-se em um dos pressupostos mais amplamente aceitos por pesquisadores das áreas de neurociência, psicologia e pedagogia: as pessoas elaboram o novo conhecimento com base naqueles que já possuem (Bransford et al., 2007). Dessa forma, é mais interessante partir desses conhecimentos e compará-los, ampliá-los, do que iniciar um novo tema de forma independente. A contextualização também torna o processo mais interessante aos olhos dos aprendizes, que conseguem atribuir sentido ao que estudam.

A contextualização estimula o papel de protagonista e a postura autônoma do estudante. Não obstante, o professor continua sendo mediador fundamental do processo ensino-aprendizagem. É ele o responsável por identificar os conhecimentos prévios e o contexto dos alunos, organizar o currículo baseando-se nesses elementos e escolher as melhores estratégias de ensino e avaliação. É importante destacar que a contextualização não deve representar uma limitação, um engessamento do ensino à realidade imediata do aluno. Ela deve possibilitar que, partindo de sua realidade, tal aluno conheça outros horizontes e novas possibilidades de aprender.

No Quadro 3, partimos de alguns tipos de contextualização sociocultural da Ciência e Tecnologia (Brasil, 1999) e os relacionamos a maneiras possíveis de abordar assuntos tratados no escopo da botânica. Nota-se que é possível levantar questionamentos que auxiliem os estudantes a expressarem suas crenças e seus conhecimentos prévios sobre os assuntos tratados, dando suporte à aprendizagem do novo tema da botânica a ser abordado. As possibilidades de contextualização são inúmeras. Pode-se abordar a vegetação presente na escola ou seu entorno (Franco; Ursi, 2014), a relação das plantas com a biotecnologia (Dandolo et al., 2014), com a arte (Ursi; Barbosa, 2014), com o cotidiano (Barbosa et al., 2016), dentre outros. Espaços não formais de ensino também constituem boas alternativas para empreender o ensino em contextos diferenciados, como museus, jardins botânicos e Unidades de Conservação (Berchez et al., 2016).

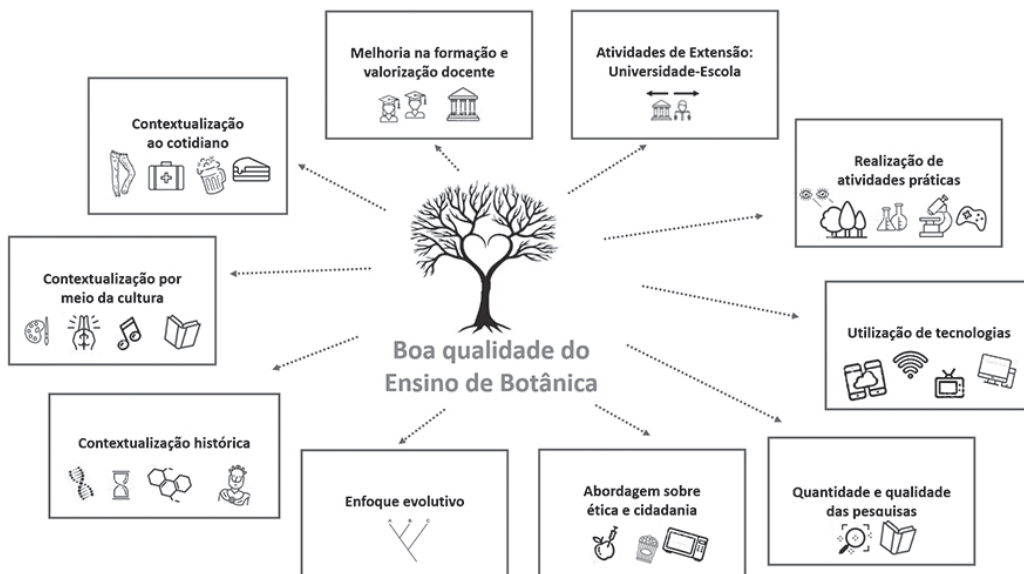
Quadro 2 – Definição de contextualização

| Contextualização | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| De forma geral, é o ato de vincular o conhecimento à sua origem e à sua aplicação. | |
| A ideia de contextualização entrou em pauta com a reforma do ensino médio, a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, de 1996, que orienta para a compreensão dos conhecimentos para uso cotidiano. Tem origem nas diretrizes que estão definidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais, que são guias para orientar a escola e os professores na aplicação do novo modelo. De acordo com esses documentos, orienta-se para uma organização curricular que, entre outras coisas, trate os conteúdos de ensino de modo contextualizado, aproveitando sempre as relações entre conteúdos e contexto para dar significado ao aprendido, estimular o protagonismo do aluno e estimulá-lo a ter autonomia intelectual. | |
| Portanto, o novo currículo, segundo orientação do Ministério da Educação (MEC), está estruturado sobre os eixos da interdisciplinaridade e da contextualização, sendo que esta última vai exigir que “todo conhecimento tenha como ponto de partida a experiência do estudante, o contexto onde está inserido e onde ele vai atuar como trabalhador, cidadão, um agente ativo de sua comunidade”. A contextualização também pode ser entendida como um tipo de interdisciplinaridade, na medida em que aponta para o tratamento de certos conteúdos como contexto de outros. | |
| A ideia da contextualização requer a intervenção do estudante em todo o processo de aprendizagem, fazendo as conexões entre os conhecimentos. De acordo com o MEC, “esse aluno que estará na vanguarda não será nunca um expectador, um acumulador de conhecimentos, mas um agente transformador de si mesmo e do mundo”. | |
| Trabalhando contextos que tenham significado para o aluno e possam mobilizá-lo a aprender, num processo ativo, em que ele é protagonista, acredita-se que o aluno tenha um envolvimento não só intelectual, mas também afetivo. Isso, de acordo com o novo currículo, seria educar para a vida. | |

Fonte: Menezes; Santos (2001).

Quadro 3 – Tipos e definições de contextualização e possíveis relações com temas abordados no ensino de Botânica

| Contextualização sociocultural da Ciência e Tecnologia: ênfase em temas botânicos | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Na História | |
| Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social | O que é um vegetal? A resposta a tal pergunta foi igual ao longo dos tempos? <ul style="list-style-type: none"> • Transformações da diversidade de organismos contida no “Reino Vegetal” ao longo da história. • Influência de novas tecnologias (como o sequenciamento de DNA) no processo de classificação. |
| Na cultura contemporânea | |
| Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea | Quais vegetais fazem parte de sua alimentação e de seus familiares? Vocês usam plantas para outros fins, como medicinais e ornamentais? <ul style="list-style-type: none"> • Propriedades nutricionais e medicinais das plantas e suas aplicações. • Influências no desenvolvimento da sociedade. |
| Na atualidade | |
| Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social | Existe alguma relação entre seu caderno e as mudanças climáticas globais? <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar as atitudes individuais com as grandes questões ambientais globais. • Detectar problemas e buscar formas de mitigação. |
| Na relação com ética e cidadania | |
| Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania. | Você come pipoca de micro-ondas? O fato de ser um produto transgênico te incomoda? <ul style="list-style-type: none"> • Analisar criticamente os interesses econômicos e os possíveis riscos ecológicos envolvidos na produção de alimentos geneticamente modificados. |



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 3 – Alguns elementos relacionados à promoção da boa qualidade do ensino de Botânica na Educação Básica.

Relatos de experiências: aproximação entre Universidade e Escola

Os docentes do Departamento de Botânica do IB/USP historicamente têm dedicado atenção à abordagem da botânica na Educação Básica. Isso pode ser evidenciado na execução de diversas atividades de extensão, oferecimento de disciplinas para a Licenciatura e publicações na área (Santos et al., 2012). No Departamento, a área de ensino de Botânica é formada por três docentes (todos eles, autores no presente trabalho), atuando em nível de graduação, pós-graduação, pesquisa e extensão. Reservamos esta última parte de nossa reflexão para apresentar brevemente algumas de nossas iniciativas, que buscam estimular a melhoria na qualidade do ensino de Botânica por meio da aproximação entre Universidade e Escola. Em sintonia com o que discutimos no último tópico, trazemos experiências que visam promover o ensino contextualizado por meio de estratégias diversificadas.

Assim, concluímos o presente esforço de pensar sobre a situação do ensino de Botânica na Educação Básica, esperando que as reflexões e experiências aqui apresentadas ampliem as discussões e fomentem o diálogo, gerando cada vez mais conhecimento e promovendo transformações positivas no ensino de Botânica.

Formação de professores na Educação a Distância

O BotEd, “Grupo de Pesquisa Botânica na Educação”, desenvolve pesquisas especialmente sobre duas temáticas: Percepção/Educação Ambiental e Formação docente. Atualmente, utilizamos as ideias de Shulman et al. sobre PCK e conhecimentos docentes como nosso principal referencial teórico. Elabo-

ramos, aplicamos e avaliamos estratégias e recursos didáticos diversos para o ensino-aprendizado contextualizado de botânica. Participam do grupo a docente coordenadora, estudantes de graduação e pós-graduação e professores da Educação Básica que empreendem a atividade como formação continuada (alguns são também estudantes). Essa convivência nos ajuda a manter uma perspectiva de pesquisa que incorpora de forma integrada tanto os arcabouços teóricos da área de pesquisa em ensino, quanto as situações reais vivenciadas nas escolas. Nossas atividades e produções, bem como a de muitos outros colegas, podem ser acessadas no site Botânica Online,¹ que tem como objetivo ser um “ponto de encontro” real para os interessados em ensino de Botânica. Consideramos a organização e a manutenção desse site uma importante iniciativa de extensão de nosso grupo.

No contexto de atuação do BotEd, participamos, nos últimos anos, de três das mais importantes iniciativas para a formação de professores de Ciências/Biologia na modalidade Educação a Distância envolvendo as universidades públicas do estado de São Paulo. Uma voltada à formação continuada (Curso de Especialização para Docentes de Biologia da RedeFor) e duas voltadas à formação inicial (Licenciatura em Ciências e Matemática – USP/Univesp e Licenciatura em Biologia – Univesp). Apesar das dificuldades da modalidade, a Educação a Distância é uma realidade da qual não podemos (e provavelmente não devemos) escapar, crescente nos dias de hoje e que também apresenta possibilidade pedagógicas interessantes (Ursi, 2017). Nesse sentido, ao atuarmos em diferentes disciplinas dos cursos citados, desenvolvemos inúmeras atividades, tanto para fomentar a aprendizagem dos professores em formação, quanto para que eles as adaptem e utilizem com seus estudantes. Compartilhamos resumidamente duas dessas experiências, que são tratadas com maior detalhamento por Ursi (2017) e Ursi e Barbosa (2014).

Herbário virtual

A disciplina “Práticas para o Ensino de Biologia I” da Licenciatura em Biologia (Univesp) focava-se no ensino de Biodiversidade e um de nossos principais desafios foi buscar alternativas para realizar atividades práticas e contextualizadas à distância. Propusemos a realização de um Herbário Virtual. Os estudantes foram orientados a escolherem dez plantas com relevância em seu cotidiano. Inicialmente, elaboraram uma apresentação em arquivo tipo *power-point* com informações gerais sobre tais plantas, bem como com justificativas para sua escolha. Depois, realizaram todas as etapas da confecção de herbários, já abordadas nas videoaulas da disciplina.² Os tutores acompanharam e orientaram tal processo, seguindo instruções detalhadas fornecidas pela docente. Como entrega final, os licenciandos fotografaram suas exsecatas e elaboraram um novo arquivo com seu Herbário Virtual. A qualidade do material produzido foi ótima e os estudantes mostraram-se bastante engajados e interessados na atividade.

Arte e história para abordar fotossíntese

Duas perspectivas, artística e histórica, foram utilizadas para contextualizar o tema fotossíntese na disciplina “Botânica” do curso da RedeFor. Realizamos inicialmente um fórum de discussão sobre o posicionamento polêmico de que os alunos não têm interesse pela botânica ou pela arte e, portanto, a contextualização baseada nesse enfoque não seria eficiente. A maioria dos cursistas se mostrou bastante contrária a tal ideia, discutindo diversas maneiras de unir essas duas temáticas. Apresentamos então a canção “Luz do Sol” (Caetano Veloso), sugerindo que os cursistas estabelecessem relações com a fotossíntese. Passamos a explorar o texto “Infinita beleza da fotossíntese” (Marcos Buckeridge),³ que aborda o processo de uma forma leve, relacionando-o a alguns trechos da canção. Os cursistas também estudaram o que chamamos de “Pinceladas históricas” sobre eventos relacionados à elucidação do processo de fotossíntese. Os participantes enfatizaram que a contextualização histórica raramente é associada ao tema e avaliaram a experiência de forma muito positiva. Finalmente, desenvolvemos e utilizamos uma animação interativa para o estudo dos processos propriamente ditos envolvidos na fotossíntese.

Educação em Biodiversidade no Jalapão, TO

O trabalho educativo e a pesquisa na região do Jalapão são desenvolvidos por um dos docentes da equipe e seus orientandos. Tem, como ponto de partida, a Educação em Biodiversidade, no contexto de Barker e Elliot (2000), adicionado dos contornos com que pretendemos implantá-la no país. Trabalhamos na perspectiva da coprodução do conhecimento; nela, as pessoas com as quais trabalhamos são, de fato, coparticipantes dos projetos. Essa perspectiva tem sido preconizada por plataformas internacionais de conservação e de sustentabilidade (como a Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services – IPBES e a Future Earth) como um dos principais caminhos para que as populações locais efetivamente tornem-se parceiras e corresponsáveis nas ações de conservação e uso sustentável da biodiversidade.

Trabalhamos com duas comunidades quilombolas, Mumbuca e Prata, que vivem da extração e do artesanato produzido pelo uso de planta abundante nos campos úmidos locais, o capim-dourado (*Syngonanthus nitens*). Nossa expectativa é pesquisar os conhecimentos locais, as práticas de extrativismo e, sobretudo, conhecer o olhar e as concepções que as pessoas locais têm sobre o Cerrado e sua diversidade. Nosso objetivo, também, é o empoderamento dos coparticipantes, para que percebam que são responsáveis pelos próprios destinos e pelos destinos do local em que vivem, incluindo, aí, a biodiversidade. Dentre as várias iniciativas já desenvolvidas nas duas comunidades, relataremos três, todas numa perspectiva dialógica e promotoras do ensino-aprendizado contextualizado. Esperamos que, a partir delas, outras pessoas inspirem-se a juntar-se a nós.

O diálogo com as crianças

Nosso objetivo foi pesquisar o olhar das crianças sobre o Cerrado. Queríamos conhecer os elementos que lhes traziam maior significado e quais eram ambientalmente percebidos com maior distinção. Nossa hipótese inicial era que, à semelhança do que ocorre com crianças de áreas urbanas, o universo zoológico seria mais percebido pelas crianças do Jalapão. Por meio de desenhos e suas narrativas, rodas de conversa e observação participativa, verificamos, porém, que o universo das plantas trazia, àquelas crianças, maior significado. As plantas são suas parceiras de brincadeiras e de descanso, proveem alimento e lazer. Constatamos um amplo conjunto de significados e de representações, associados ao mundo vegetal e ao seu conhecimento.

Diálogo de saberes

Nossa intenção era aproximar os conhecimentos científicos e os conhecimentos locais, empíricos, sobre as plantas utilizadas no artesanato com capim-dourado e buriti e, a partir disso, promover um diálogo de saberes (Tengö et al. 2014). Constatamos que muitas perguntas levantadas pela população local constituíam questões sobre as quais a botânica científica também se debruçava e que, em certa medida, havia aproximações significativas entre as diferentes fontes de conhecimento, o local e o científico. Por que o capim-dourado do Jalapão é mais dourado do que o dos outros locais? Por que usar a fibra extraída da folha do buriti-fêmea e não a do buriti-macho para o artesanato? Essas e outras questões foram levantadas, investigadas e, em certa medida, respondidas por todos os participantes: membros da comunidade científica e da comunidade de artesãs e artesões locais. Da perspectiva acadêmica, fomos enriquecidos com os conhecimentos locais e sua vivência cotidiana das plantas do Cerrado. Da perspectiva local, tivemos a oportunidade de mostrar aos nossos parceiros de pesquisa o universo do conhecimento científico: como ele é gerado e por quais instrumentos se chega a ele (Viana et al., 2014; 2018).

Diálogo com as professoras

A Secretaria de Educação do Tocantins determinou, nas escolas de comunidades quilombolas do estado, a criação de um componente curricular denominado “Saberes e Fazeres Quilombolas”. Nesse contexto, pesquisadores acadêmicos e locais têm desenvolvido os conteúdos desse componente, a partir do resgate e das dinâmicas associadas aos saberes e fazeres locais. A perspectiva também é de pesquisa participativa e de coprodução do conhecimento. Verifica-se que os saberes e fazeres da comunidade da Mumbuca encontram-se fortemente atrelados ao ambiente e à biodiversidade local, em especial, às plantas, que se revelam protagonistas e elementos constitutivos da cultura e dos conhecimentos locais. Nesse contexto, a elaboração do componente curricular mostra-se como um processo de (re)construção da própria identidade, ligada ao ambiente e às plantas, como algo a ser ensinado e aprendido.

Trilha das Mudanças Climáticas Globais

Relatamos uma iniciativa em rede do “Projeto Ecossistemas Costeiros do IB/CienTec/USP”, que é o responsável pelo desenvolvimento de protocolos de ensino que são aplicados por Unidades de Conservação (UC) e escolas públicas do seu entorno (Berchez et al. 2005; 2016). Os protocolos dão diretrizes para uma ação educativa de caráter transdisciplinar (Max-Neef, 2005), unida aos conceitos de educação baseada em fenômenos e de ensino *outdoor*, onde o meio ambiente é utilizado como sala de aula e traz contextualização ao ensino.

O modelo “Trilha das Mudanças Climáticas Globais” permite discutir, dentro desse tema, todas as disciplinas de forma integrada por uma base ética. Objetiva-se a reflexão sobre a relação do processo de fotossíntese, fluxo de energia e ciclo do carbono com a formação dos combustíveis fósseis e sua posterior utilização para obtenção de energia. Em diferentes etapas, ao longo de um ano, prevê a formação dos professores de cada escola pública, de forma integrada para aplicação do tema e a formação prévia dos alunos por meio de cada um de seus professores, culminando na aplicação desses conhecimentos durante as visitas às UC.

A proposta de divisão de responsabilidades coloca a função do Projeto Ecossistemas Costeiros como: 1 criação e avaliação de protocolos; 2 formação e certificação de monitores; 3 intervenção nas escolas para formação dos professores. Propõe-se que cada UC parceira adote ao menos uma escola do entorno e viabilize ao menos a visita de uma classe, uma vez por ano, para realizar as atividades. Das escolas, espera-se que, com a ajuda dos monitores formados, realizem as atividades de estudo anteriores e posteriores à visita com seus alunos.

Na formação de monitores, pessoas ligadas às UC, alunos da USP e outros participantes recebem treinamento específico, ministrado pelo Projeto Ecossistemas Costeiros/USP. Tais integrantes são certificados de forma progressiva como estagiários de monitoria (em treinamento), monitores básicos (que recebem os alunos nas UC) ou monitores avançados (que participam do treinamento de professores e alunos, bem como da coordenação). Todos recebem carteira de identificação com foto para uso durante as atividades.

A intervenção nas escolas é feita por monitores avançados, apoiados por professores universitários, correspondendo, no início do ano, à apresentação da proposta para a coordenação pedagógica, seguida por *workshop* de formação de professores e curso de extensão com carga horária de 30 horas.

Na aplicação de protocolo durante a visita às UC, é realizada atividade guiada em trilhas curtas, em grupo de cinco pessoas, sendo o conteúdo interdisciplinar apresentado ao longo de estações com abordagens específicas, onde a atividade principal é uma gincana das mudanças climáticas globais, atividade lúdica e desafiadora, com participação ativa dos alunos e interferência dos monitores apenas pontualmente, a partir de réplicas.

Como atividade final, cada grupo de alunos que atuou em conjunto du-

rante a visita à UC pode concorrer ao prêmio “Melhor Vídeo Sobre Mudanças Climáticas Globais”, dentro de um subtema variável a cada ano, por meio do qual os estudantes se expressam e propagam sua opinião sobre o tema, dentro dos conceitos relacionados a educomunicação.

Notas

1 Disponível em: <www.botaniconline.com.br>.

2 Disponível em: <<https://www.youtube.com/playlist?list=PLxI8Can9yAHf3Phl7g71VWAHc9rOVwRkN>>.

3 Disponível em: <<http://www.botanicaonline.com.br/site/14/pg7.asp>>.

Referências

BALAS, B.; MOMSEN, J. L. Attention “Blinks” Differently for Plants and Animals. *CBE — Life Sciences Education*, v.13, p.437-43, 2014.

BARBOSA, P. P.; MACEDO, M.; URSI, S. Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no ensino contextualizado de “Fotossíntese”: uma proposta para o Ensino Médio. *Revista da SBEnBio*, v.9, p.2244-55, 2016.

BARKER, S.; ELLIOT, P. Planning a skills-based resource for Biodiversity Education. *Journal of Biological Education*, v.34, n.3, p.123-7, 2000.

BERCHEZ, F. A. S.; CARVALHAL, F.; ROBIM, M. J. Underwater Interpretative Trail - guidance to improve education and decrease ecological damage. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, v.4, n.2, p.128-39, 2005.

BERCHEZ, F. A. S. et al. Marine and coastal environmental education in the context of global climate changes - synthesis and subsidies for ReBentos (Coastal Benthic Habitats Monitoring Network). *Brazilian Journal of Oceanography*, v.64, p.137-56, 2016.

BIZOTTO, F. M.; GHILARDI-LOPES, N. P.; MORPHY, C. D. S. A vida desconhecida das plantas: concepções de alunos do Ensino Superior sobre evolução e diversidade das plantas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.15, n.3, p.394-411, 2016.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. *Como as pessoas aprendem. Cérebro, mente, experiência e escola*. São Paulo: Editora Senac, 2007.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília. MEC/SEMTEC, 1999.

_____. Ministério da Educação e Cultura. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 2006.

_____. Ministério da Educação e Cultura. *Base Nacional Comum Curricular*. Secretaria da Educação Básica. Brasília: MEC/Consed/Undime, 2017.

CECCANTINI, G. T. Os tecidos vegetais têm três dimensões. *Revista Brasileira de Botânica*, v.29, n.2, p.335-7, 2006.

CHENOWETH, R. E.; GOBSTER, P. H. The nature and ecology of aesthetic experiences in the landscape. *Landscape Journal*, v.9, p.1-18, 1990.

- DANDALO, R. M.; LEME, J. S.; URSI, S. Biotecnologia Vegetal no Ensino Médio: uma proposta para estimular reflexões e tomada de decisão consciente. *Revista da SBenBio*, v.7, p.4298-307, 2014.
- FRANCO, C. O.; URSI, S. As plantas e sua exuberante diversidade: trabalhando com registros fotográficos na área verde do CEU EMEF Atlântica. *Revista da SBenBio*, v.7, p.1220-9, 2014.
- HERSHEY, D. R. A Historical Perspective on Problems in Botany Teaching. *The American Biology Teacher*, v.58, n.6, p.340-7, 1996.
- _____. Plant blindness: “we have met the enemy and he is us”. *Plant Science Bulletin*, v.48, n.3, p.78-85, 2002.
- HURD, P. D. Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. *Science Education*, v.82, n.3, p.407-16, 1998.
- KINOSHITA, L. S. et al. *A Botânica no Ensino Básico: relatos de uma experiência transformadora*. São Carlos: RiMa, 2006.
- KRASILCHIK, M. *Prática de Ensino de Biologia*. 6.ed. São Paulo: Edusp, 2008.
- MACEDO, M.; URSI, S. Botânica na Escola: uma proposta para o ensino de histologia vegetal. *Revista da SBenBio*, v.9, p.2723-33, 2016.
- MACEDO, M. et al. Concepções de professores de Biologia do Ensino Médio sobre o ensino-aprendizagem de Botânica. In: ANAIS DO IV EIBIEC. 2012, p.387-401.
- MAX-NEEF, M. A. Foundations of transdisciplinarity. *Ecological Economics*, v.53, p.5-16, 2005.
- MENEZES, E. T.; SANTOS, T. H. Verbete contextualização. *Dicionário Interativo da Educação Brasileira* - Educabrazil. São Paulo: Midiamix, 2001. Disponível em: <<http://www.educabrazil.com.br/contextualizacao/>>. Acesso em: 6 set. 2018.
- NURSE, P. The Importance of Biology Education. *Journal of Biological Education*, v.50, n.1, p.7-9, 2016.
- SALATINO, A.; BUCKERIDGE, M. “Mas de que te serve saber botânica?”. *Estudos Avançados*, v.30, n.87, p.177-96, 2016.
- SANTOS, D. Y. A. C. et al. *A botânica no cotidiano*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012.
- SANTOS, F. S. A Botânica no Ensino Médio: será que é preciso apenas memorizar nomes de plantas? In: SILVA, C. C. (Org.) *Estudos de História e Filosofia das Ciências*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p.223-243.
- SENICIATO, T.; CAVASSAN, O. Ensino de ecologia e a experiência estética no ambiente natural: considerações preliminares. *Ciência & Educação*, v.15, n.2, p.393-412, 2009.
- SHULMAN, L. S. Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, v.15, n.4, p.4-14, 1986.
- SILVA, J. N.; GHILARDI-LOPES, N. P. Botânica no Ensino Fundamental: diagnósticos de dificuldades no ensino e da percepção e representação da biodiversidade vegetal por estudantes de escolas da região metropolitana de São Paulo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.13, n.2, p.115-36. 2014.

SILVA, J. R. S. *Concepções dos professores de botânica sobre ensino e formação de professores*. São Paulo, 2013. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

SILVA, L. M.; CAVALLE, V. J.; AQUINI, Y. O professor, o aluno e o conteúdo no ensino da Botânica. *Revista do Centro de Educação*, v.31, n.1, p.67-80, 2006.

TENGÖ, M. et al. Connecting Diverse Knowledge Systems for Enhanced Ecosystem Governance: The Multiple Evidence Base Approach. *AMBIO*, v.43, n.5, p.579-91, 2014.

TOWATA, N.; URSI, S.; SANTOS, D. Y. A. C. Análise da percepção de licenciandos sobre o Ensino de Botânica na Educação Básica. *Revista da SBenBio*, v.3, p.1603-12, 2010.

UNO, G. E. Botanical literacy: what and how should students learn about plants? *American Journal of Botany*, v.96, n.10, p.1753-9, 2009.

URSI, S. Possibilidades e desafios da formação inicial de professores na Educação a Distância: relato sobre uma disciplina de Práticas para o Ensino de Biologia. In: ANAIS DO III EREBIO - REGIONAL 1, 2017, p.52-57.

URSI, S.; BARBOSA, P. P. Fotossíntese: abordagem em um curso de formação docente continuada oferecido na modalidade Educação a Distância. *Revista da SBenBio*, v.7, p.6198-208, 2014.

VIANA, R. V. R.; SANO P. T.; SCATENA V. L. Pesquisa de Campo como possibilidade de concretiza de diálogo: experiência em duas comunidades artesãs do Jalapão. *Revista Desenvolvimento Social*, n.13, p.57-67, 2014.

VIANA, R. V. R. et al. Engaging plant anatomy and local knowledge on the buriti palm (*Mauritia flexuosa* L.f.: Arecaceae): the microscopic world meets the golden grass artisan's perspective. *Cultural Studies of Science Education*, v.13, n.1, p.253-5, 2018.

WANDERSEE, J. H.; SCHUSSLER, E. E. Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher*, v.61, p.84-6, 1999.

_____. Toward a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin*, v.47, p.2-9, 2002.

WHITE, A. V. T. *Guidelines for fields studies in Environmental Perception*. Paris: Unesco/MAB, 1977.

RESUMO – O ensino de Botânica está inserido no contexto mais amplo da Educação Biológica. Contudo, apresenta peculiaridades que justificam uma análise mais cuidadosa e específica para suas questões. Realizamos reflexões sobre os objetivos, os desafios e as possibilidades para o enfoque dessa temática tão central na Educação Básica. Discutimos a importância da contextualização para promover o ensino de Botânica de boa qualidade, principalmente quando aliada à utilização de uma variedade de estratégias didáticas dinâmicas e que propiciem o interesse e protagonismo do estudante. Finalmente, enfatizamos a relevância da aproximação entre Universidade e Escola, apresentando experiências realizadas nesta perspectiva.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Botânica, Contextualização, Formação de professores, Educação em Biodiversidade, Trilha das Mudanças Climáticas Globais.

ABSTRACT – The teaching of Botany is inserted in the broader context of Biological Education. However, it presents some peculiarities that justify a careful and specific analysis of its issues. We reflect on the objectives, challenges and possibilities of focusing on this central theme in Basic Education. We discuss the importance of contextualization to promote quality teaching in Botany, especially when allied with the use of a variety of dynamic didactic strategies conducive to student interest and proaction. Finally, we emphasize the relevance of bringing together University and School, reporting some experiences related to this perspective.

KEYWORDS: Botany teaching, Contextualization, Teacher education, Biodiversity education, Trail of global climate changes.

Suzana Ursi é docente do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Coordena o BotEd – Grupo de Pesquisa Botânica na Educação. @ – suzanaursi@usp.br

Percia Paiva Barbosa é doutoranda do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Participa do BotEd – Grupo de Pesquisa Botânica na Educação. @ – percia@usp.br

Paulo Takeo Sano é docente do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Coordena o grupo de Ensino em Biodiversidade (Laboratório de Taxonomia Vegetal). @ – ptsano@usp.br

Flávio Augusto de Souza Berchez é docente do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Coordena o Projeto Ecossistemas Costeiros (Laboratório de Algas Marinhas). @ – fberchez@ib.usp.br

Recebido em 16.9.2018 e aceito em 5.10.2018.

I, II, III e IV Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação

DANIELA LOPES SCARPA ^I

e NATÁLIA FERREIRA CAMPOS ^{II}

O consenso construtivista e a Alfabetização Científica

AS MUDANÇAS que ocorreram na educação ao longo do tempo são bem relatadas na literatura (por exemplo, em Krasilchik, 2000; Cachapuz et al., 2005) e revelam alterações nas concepções sobre os processos de ensino e de aprendizagem. Se pudéssemos resumir em um único aspecto as principais mudanças que ocorreram na educação, especialmente no século XX, o papel de professor e estudantes no processo de ensino e de aprendizagem seria o foco. De uma concepção na qual o professor era tido como detentor do conhecimento que poderia ser transmitido unidirecionalmente para um aluno que o recebia de maneira passiva e como uma tábula rasa, hoje acredita-se que os estudantes estão no centro do processo de ensino e de aprendizagem (ou, pelo menos, deveriam estar), agindo ativamente na construção do conhecimento, a partir de conhecimentos que já possuem sobre os fenômenos, por meio de oportunidades oferecidas pelos professores.

John Dewey (1959, p.104) afirmava, já em 1916, que “provavelmente, a causa mais frequente pela qual a escola não consegue garantir que os alunos pensem verdadeiramente é que não se provê uma situação experimentada, de tal natureza que obrigue a pensar, exatamente como o fazem as situações extra-escolares”, defendendo a importância da experiência vivida pelos estudantes na resolução de problemas que fazem sentido e permitem mobilizar os conceitos envolvidos nas mais diversas áreas de conhecimento.

As ideias construtivistas, que tomaram forma no campo da educação nos meados dos anos 1960-1970, permitiram essa mudança de foco no papel de professor e estudantes. Apesar de construtivismo ser um conceito amplo e que tem se esvaziado no nosso tempo, por conta de um uso generalizado que não necessariamente implica reflexos nas práticas educacionais, pode-se defender um *consenso construtivista*, que reúne três aspectos principais: a valorização das concepções prévias dos estudantes, a importância das interações entre indivíduo e objeto de conhecimento e a necessidade das interações sociais na construção do conhecimento (Novak, 1988; Gil-Pérez et al., 1999; Carvalho, 2013).

Dois desses aspectos são tributários da obra de Jean Piaget (biólogo e psicólogo suíço, 1896-1980). O primeiro deles diz respeito à valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes ao se ensinar um tópico ou conteúdo. Contrário à

noção de *tábula rasa*, em que o indivíduo não sabe nada sobre o assunto e todo o aprendizado provém da experiência externa, de fora para dentro, o consenso construtivista prevê que as concepções ou conhecimentos prévios dos estudantes sejam trazidos para a sala de aula como forma de embasar a construção de novos conhecimentos. O segundo ponto se refere à ideia de que o conhecimento não está fora do sujeito, se impondo a ele, nem está preformado no seu interior, sendo inato a ele, mas a sua construção é resultado da interação entre o externo e o interno, da interação entre o sujeito e os objetos e fenômenos. É nas ações de interação que as estruturas cognitivas e as representações sobre o mundo são construídas, e essas, por sua vez, permitem ao indivíduo se adaptar e responder ao meio, gerando mais e diferentes interações, e assim por diante (Piaget, 1973).

Além dessas interações, a dinâmica educativa deve considerar o caráter cultural, histórico e social do processo de construção de conhecimento, incorporando em sua dimensão as interações sociais como mediadoras desse processo e o significativo papel da linguagem na elaboração de raciocínios sobre o mundo. Com grande influência de Lev Vygotsky (psicólogo russo, 1868-1934), que afirmava que “todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social e, depois, no nível individual; primeiro entre pessoas (interpsicológico) e, depois, no interior da criança (intrapsicológico)” (Vygotsky, 1998, p.75), o papel das interações na sala de aula por meio da linguagem ganha importância para se propiciar o aprendizado.

As aulas expositivas, demasiadamente centradas no professor, não contribuem para que os estudantes sejam os atores do seu aprendizado, na medida em que não consideram as concepções prévias, não possibilitam as interações entre sujeito e objeto de conhecimento, nem a interação entre os pares. Para que a mudança de foco do papel de professor e alunos realmente aconteça em sala de aula, é necessário que o professor reflita sobre sua prática e desenvolva estratégias didáticas que permitam esse deslocamento, essa mudança de função.

Do ponto de vista da educação científica, mudanças significativas também ocorreram com relação ao papel e aos objetivos do ensino de Ciências ao longo do tempo. Se nas décadas de 1950-1960 o componente curricular de ciências estava comprometido a formar uma elite que se interessasse em seguir carreira científica para garantir a hegemonia norte-americana na conquista do espaço ou para impulsionar o processo de industrialização brasileiro (Krasilchik, 2000), hoje testemunhamos a contribuição do ensino de disciplinas científicas na formação integral do estudantes, ou seja, em uma formação que permita a construção de ferramentas cognitivas para que o indivíduo possa se posicionar e tomar decisões bem informadas em um mundo repleto de tecnologia e ciência (Scarpa; Sasseron; Silva, 2017).

Assim, de um ensino que privilegiava os conteúdos conceituais e teóricos da ciência (*aprender ciências*) e em que as atividades práticas ou experimentais serviam tão somente para motivar os estudantes ou comprovar aquilo que foi

ensinado em uma aula expositiva, os objetivos do ensino de Ciências passaram a contemplar conhecimentos sobre como os conceitos e teorias são construídos, possibilitando o desenvolvimento de compreensões sobre as características da investigação científica, o papel e o *status* do conhecimento gerado nas investigações, as dificuldades enfrentadas pelos cientistas, a validade das conclusões científicas e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (*aprender sobre ciências*), além de proporcionar aos estudantes oportunidades de se envolverem em práticas científicas e resoluções de problemas (*aprender a fazer ciências*) (Hodson, 2014).

Essas diferentes dimensões dos objetivos do ensino de Ciências foram sistematizadas nos três eixos estruturantes do que se convencionou chamar de Alfabetização Científica (Sasseron; Carvalho, 2011, p.75-76):

- *Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais*: construção, pelos estudantes, de conhecimentos científicos necessários para que seja possível a eles aplicá-los em situações diversas e de modo apropriado em seu dia a dia.

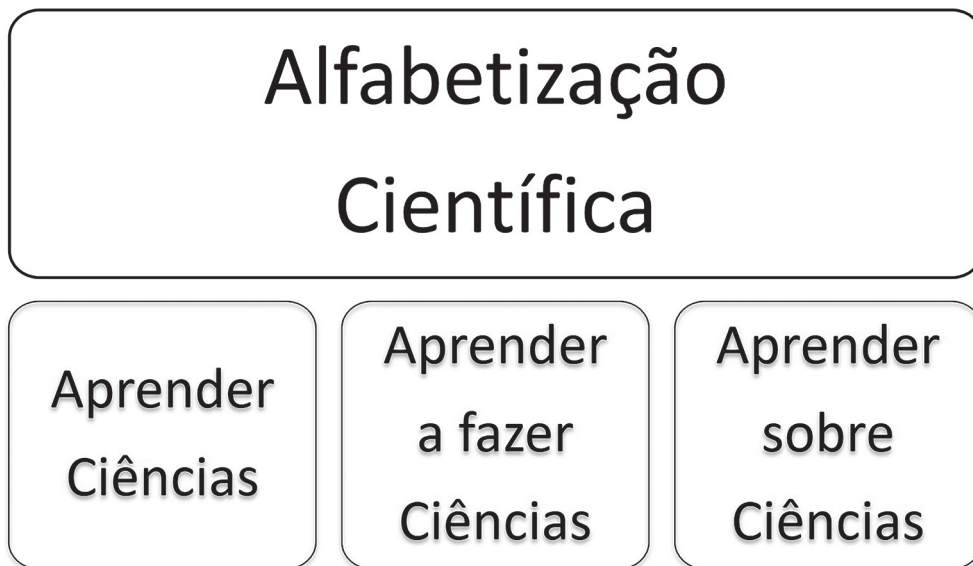
- *Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática*: ideia de ciência como um corpo de conhecimentos em constantes transformações por meio de processo de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes.

- *Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente*: identificação do entrelaçamento entre essas esferas. Necessidade de se compreender as aplicações dos saberes construídos pelas ciências considerando as ações que podem ser desencadeadas pela utilização dos mesmos.

Um indivíduo alfabetizado cientificamente deve, portanto, compreender o que a ciência é, o que ela não é, como as investigações científicas são realizadas para produzir conhecimento, como o raciocínio e as explicações científicas são construídos e como a ciência contribui com a cultura e é influenciada por ela. Esses aprendizados seriam potencializados por meio de oportunidades de os estudantes vivenciarem investigações científicas (NRC, 1996).

O importante é que, ao longo da escolarização, esses três eixos sejam tratados de maneira equilibrada (como representado na Figura 1), de forma que os estudantes tenham oportunidades diferenciadas de aprenderem não somente conceitos, princípios, leis e teorias científicas, mas possam vivenciar, refletir sobre e compreender os procedimentos e raciocínios pelos quais eles foram elaborados, que isso pode ter se modificado ao longo do tempo e que pode ter limitações e influências na sociedade, além de sofrer influências dela.

Ao terem a oportunidade de desenvolver aprendizados sobre os três eixos da Alfabetização Científica, os estudantes podem encontrar mais motivações para os temas relacionados à ciência e elaborar raciocínios baseados em evidências para sustentar suas tomadas de decisões nos assuntos em que estão imersos no seu cotidiano.



Fonte: Elaborada pelas autoras.

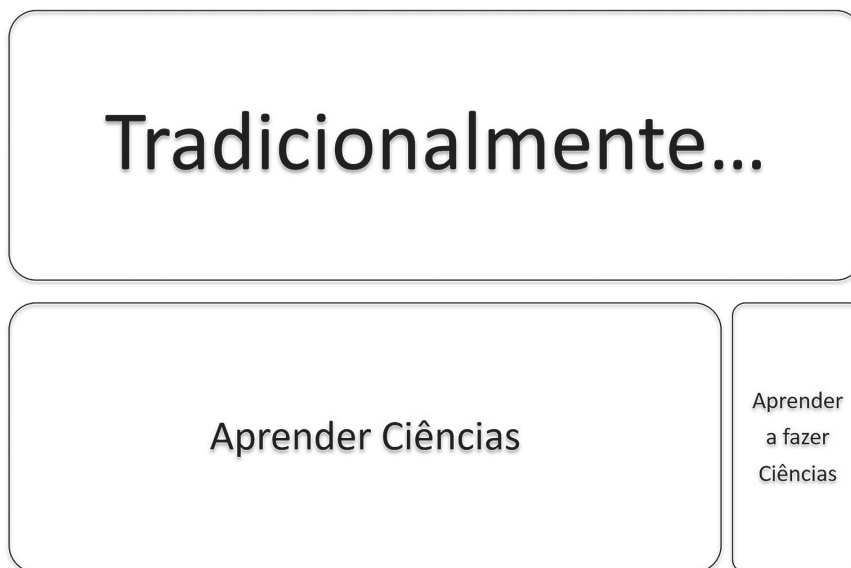
Figura 1 – Representação das relações entre os três eixos da Alfabetização Científica na Educação Básica.

Ao terem a oportunidade de desenvolver aprendizados sobre os três eixos da Alfabetização Científica, os estudantes podem encontrar mais motivações para os temas relacionados à ciência e elaborar raciocínios baseados em evidências para sustentar suas tomadas de decisões nos assuntos em que estão imersos no seu cotidiano.

O que acontece, no entanto, majoritariamente, tanto nos materiais didáticos disponíveis aos professores como nas salas de aulas de Ciências da Educação básica, é uma ênfase na descrição e definição de conceitos e teorias presentes na ciência, ou seja, os cursos de ciências apresentam seu enfoque no primeiro eixo da Alfabetização Científica de maneira desarticulada dos outros eixos que, quando presentes, muitas vezes têm a função de ilustrar e/ou corroborar aquilo que foi exposto pelo professor. Essa relação desigual está representada na Figura 2.

Como mudar esse cenário? Como criar oportunidades para que os estudantes desenvolvam aprendizados sobre os três eixos da Alfabetização Científica e possam compreender o papel da ciência na sociedade e construir conhecimentos e posicionamentos articulados que possam servir para outras esferas de suas vidas?

Os aspectos relacionados ao consenso construtivista ajudam a pensar em formas pedagógicas de se atingir a Alfabetização Científica em sala de aula, uma vez que a atividade científica também está pautada pelos conhecimentos produzidos historicamente. Assim como os conhecimentos prévios são importantes para que os estudantes transformem as suas estruturas cognitivas e construam novos conhecimentos, os novos conhecimentos na ciência são produzidos com



Fonte: Elaborada pelas autoras.

Figura 2 – Tradicionalmente, o aprendizado de conteúdos conceituais é favorecido nas salas de aulas de Ciências da Educação Básica e, quando atividades práticas e experimentais estão presentes, servem para ilustrar ou corroborar os conteúdos vistos nas aulas teóricas.

base na articulação, avaliação, reformulação e até abandono dos conhecimentos disponíveis em um determinado momento histórico. Além disso, as práticas científicas envolvem a interação do pesquisador com os objetos de conhecimento, visto que os cientistas agem sobre os fenômenos que estão investigando, isolando algumas de suas partes, provocando reações, comparando situações etc.; ao realizar essas interações, é possível tirar conclusões sobre o todo, articular variáveis, compreender o fenômeno ou parte dele diante das ferramentas (instrumentais e/ou teóricas) disponíveis, assim como ocorre no processo de aprendizagem. Por outro lado, a atividade científica é social por natureza, já que são as interações entre pares que permitem que os enunciados sejam avaliados, legitimados, refutados ou transformados em um processo complexo de argumentação e persuasão, no qual evidências, explicações e formas de representações dos fenômenos investigados são utilizadas para convencimento de uma comunidade, o que pode levar ao estabelecimento de consensos ou dissensos.

Como forma de aproximar os princípios construtivistas com os da Alfabetização Científica na prática da sala de aula, são necessárias estratégias didáticas que promovam o engajamento dos estudantes em práticas e processos investigativos de maneira que haja a compreensão de como o trabalho científico é desenvolvido. Nessa perspectiva, o *ensino por investigação* tem sido a abordagem didática mais conhecida e estudada (Kang; Keinonem, 2018) e que tem o potencial de articular os três eixos da Alfabetização Científica de forma construtivista.

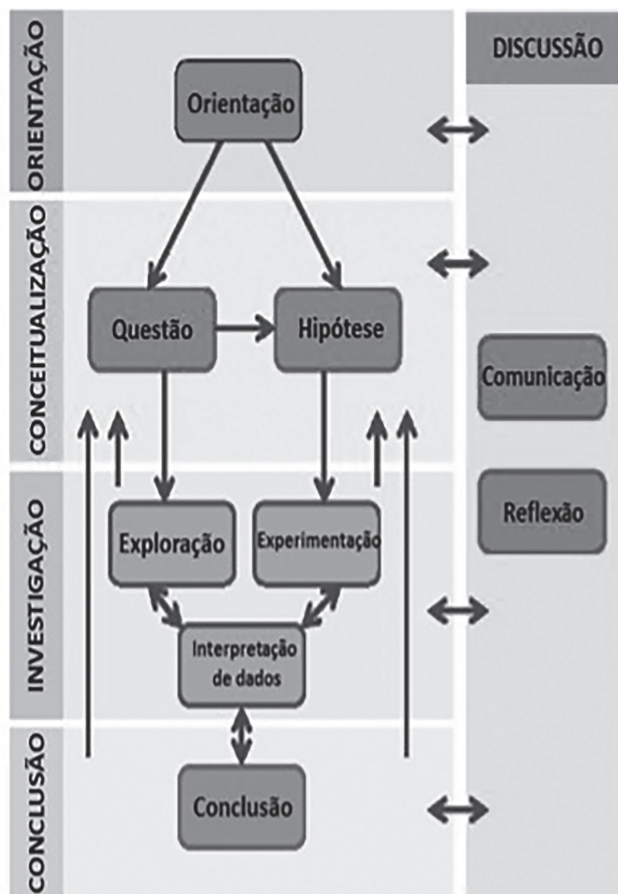
O Ensino de Ciências por Investigação

O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) está pautado pela ideia do uso de estratégias didáticas que buscam envolver ativamente os alunos em sua aprendizagem, por meio da geração de questões e problemas nos quais a investigação é condição para resolvê-los, com coleta, análise e interpretação de dados que levem a formulação e comunicação de conclusões baseadas em evidências e reflexão sobre o processo (Melville et al., 2008). Nesse sentido, o ensino por investigação é mais do que uma estratégia didática ou uma metodologia de ensino, é uma perspectiva de ensino ou uma *abordagem didática* (Sasseron, 2015) em que as estratégias utilizadas servem ao propósito de possibilitar a realização de uma investigação pelos estudantes por meio da mediação do professor.

Uma forma de operacionalizar o EnCI em sala de aula é por meio do *ciclo investigativo*, em que fases de uma investigação são identificadas e conectadas com o propósito de auxiliar o professor no planejamento e aplicação de atividades ou sequências didáticas investigativas. A partir de uma revisão sistemática de literatura com o objetivo de sumarizar os aspectos centrais do EnCI, Pedaste et al. (2015) propuseram uma síntese do ciclo investigativo, representado na Figura 3.

A fase de *orientação* envolve o processo de estimular a curiosidade dos estudantes sobre um assunto, levantando e/ou elaborando problemas que possam ser investigados em sala de aula. Esses problemas podem ser atacados por meio de questões de investigação, orientadas em conceitos, teorias ou hipóteses (fase de *conceitualização*). Por exemplo, o problema da crise hídrica da cidade de São Paulo de 2014 pode ser investigado por meio de questões relacionadas ao papel das mudanças climáticas na diminuição da quantidade de chuva na cidade no período ou por meio de questões relacionadas a urbanização e gestão pública. É a questão que vai dar sentido a toda a investigação dos estudantes. Por um lado, engajar os estudantes na resolução de problemas contribui para que os estudantes compreendam que a ciência funciona criando e resolvendo problemas. Por outro, essas fases podem contribuir para a valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes e para o desenvolvimento de uma postura investigativa perante o mundo, em que eles podem articular a sua capacidade de observação e descrição da realidade com marcos teóricos disponíveis e com a sua curiosidade para problematizar o mundo.

Para responder à questão de investigação, a fase de *investigação* propõe que dados e informações sejam coletados por meio das mais diversas estratégias. A *experimentação* é uma metodologia específica, mais relacionada com o teste de hipóteses, enquanto a *exploração* permite o uso de diversas estratégias para coleta, organização e sistematização dos dados e informações relevantes que poderão se constituir como evidências para a construção de explicações que respondam à questão. A utilização de diversas estratégias didáticas na perspectiva do EnCI pode contribuir para o desenvolvimento de visões mais adequadas sobre as diversas formas de produção de conhecimento científico, além de contemplar diversos perfis de alunos e estilos de ensinar (Scarpa; Silva, 2013).

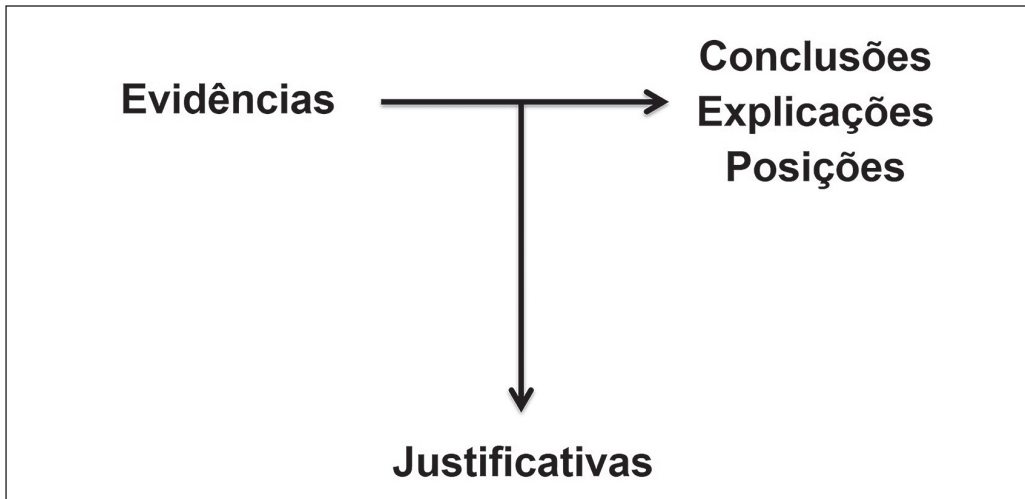


Fonte: Traduzido de Pedaste et al. (2015, p.56).

Figura 3 – Representação do ciclo investigativo proposto por Pedaste et al. (2015).

Na *interpretação dos dados*, os conceitos são mobilizados para explicar os dados e novos conhecimentos são construídos. Para isso, aspectos da linguagem matemática e da linguagem científica são demandados, como na organização de tabelas, elaboração de gráficos, identificação de padrões. Todo esse processo pode oferecer para os estudantes a dimensão do trabalho criativo e rigoroso envolvido nas ciências, como também possibilitar a busca ativa por procedimentos de coleta, análise e sistematização de dados na tentativa de construir compreensões sobre os fenômenos estudados.

Na fase de *conclusão* é esperado que os estudantes construam explicações, afirmações ou posicionamentos que respondam à questão de investigação. Nela também pode ocorrer a comparação com as hipóteses formuladas na fase de conceitualização. Apesar de a argumentação estar presente em todo o ciclo investigativo, é na fase de conclusão que os argumentos finais, que articulam as evidências, os conhecimentos prévios e científicos e a explicação, são construídos ou sistematizados (Figura 4).



Fonte: Elaborada pelas autoras.

Figura 4 – Representação de um argumento na perspectiva da justificção de afirmativas de conhecimento (Jiménez-Aleixandre; Erduran, 2008). As conclusões/explicações/posicionamentos são construídas com base em evidências, que advêm da seleção de dados relevantes para a sua construção. Essa relação é embasada em conhecimentos que justificam o porquê dessas evidências sustentarem as conclusões.

Se, por um lado, a construção e avaliação de explicações com base em evidências é uma atividade central dos cientistas na produção de conhecimento; por outro, o raciocínio argumentativo está presente em todas as esferas da sociedade, já que permite “a formulação de boas razões para as afirmações proferidas, assim como a avaliação das razões fornecidas por outros sobre suas ideias e ações” (Scarpa, 2015, p.18). Portanto, a vivência pelos estudantes em situações em que tenham a oportunidade de desenvolver esse tipo de raciocínio é fundamental na educação científica de forma a possibilitar a compreensão das formas como a ciência funciona (contemplando especialmente o segundo eixo da Alfabetização Científica), ao mesmo tempo que contribui com a formação crítica dos estudantes, empoderando-os com ferramentas cognitivas para tomar decisões embasadas ou avaliar afirmações no seu cotidiano.

Finalmente, a fase de *discussão* contempla a apresentação e *comunicação* dos resultados obtidos em uma das fases ou em todo o processo investigativo. O trabalho em pequenos grupos e a sistematização com a turma toda permitem que as interações entre pares e entre professores e estudantes aconteçam, favorecendo a organização, a discussão e a avaliação das ideias que marcam o processo de aprendizagem.

Ressalta-se que engajar os estudantes em práticas científicas, como proposto no EnCI, não é suficiente para que eles desenvolvam conhecimentos sobre as ciências (segundo e terceiro eixos da Alfabetização Científica), ou seja, fazer não é suficiente para aprender sobre (Osborne, 2016). É necessário também

refletir sobre essas práticas, ter oportunidades para compreender o que conta como evidência, o papel dessas evidências na construção de explicações, como definir os critérios para considerar certas explicações melhores do que outras, quais as limitações das explicações, enfim, para compreender como os cientistas agem para conferir confiabilidade e credibilidade aos conhecimentos produzidos (Osborne, 2016). A fase de *reflexão* do ciclo investigativo prevê justamente esse aspecto do empreendimento científico, ao recomendar que haja oportunidades para a avaliação, crítica e legitimação dos procedimentos, ações e conhecimentos construídos pelos estudantes ao longo de toda a investigação, constituindo um momento essencial de regulação da aprendizagem, além de prever também que os estudantes possam imaginar novas questões e novas situações em que aquele conhecimento poderia ser aplicado, originando novos ciclos de investigação.

Um exemplo no ensino de Biologia

A Biologia pode ser uma das disciplinas escolares mais interessantes ou mais enfadonhas para os estudantes, dependendo do modo como ela for abordada. A motivação dos estudantes com os temas de ensino é um aspecto fundamental para a promoção da aprendizagem. Explorar os temas fazendo conexões com o cotidiano dos estudantes ou com os debates presentes na mídia é uma forma de gerar interesse levando ao envolvimento afetivo necessário ao engajamento nas atividades. Nesse sentido, a vida cotidiana oferece uma gama de oportunidades que podem ser exploradas do ponto de vista dos conceitos biológicos.

O comportamento e o desenvolvimento humano, os processos de saúde e doença, assim como a relação das pessoas com o ambiente despertam interesse na compreensão sobre os organismos vivos e suas inter-relações. Vacinar ou não os filhos? Reduzir ou não o controle do uso de agrotóxicos? Consumir ou não alimentos transgênicos? Desastres ambientais, terapias gênicas, exames laboratoriais, teste de paternidade e toda a gama de novas tecnologias associadas ao DNA, combate a epidemias, questões de gênero e sexualidade e vegetarianismo são temas de interesse da população e que demandam algum conhecimento no âmbito das ciências biológicas para a sua compreensão e o seu julgamento de maneira informada.

Questões como essas trazidas para a escola são particularmente interessantes para o desenvolvimento do terceiro eixo estruturante da Alfabetização Científica, em que são estabelecidas relações entre conceitos, modelos e ideias científicas relevantes às tomadas de decisões necessárias na vida em sociedade. Para que essas decisões aconteçam com algum embasamento ou mesmo para avaliar afirmações que circulam publicamente, é fundamental compreender como se constroem evidências ou se produzem generalizações confiáveis na ciência, ou seja, como os conhecimentos científicos são produzidos, avaliados e legitimados (Gott; Duggan, 2007).

Levar o ensino de Ciências por investigação para a sala de aula não é tarefa simples. O professor precisa articular os conhecimentos pedagógicos e biológicos

em situações de aprendizagem que sejam adequadas e relevantes para um determinado grupo de estudantes inserido em um contexto específico, o que pode ser desafiador mesmo para professores experientes (Crawford; Capps, 2018). Portanto, para superar a visão comum de um ensino de Biologia memorístico e sobrecarregado de conceitos descontextualizados (Munford; Lima, 2007) é necessário que os processos de formação propiciem aos (futuros) professores compreender e se apropriar das formas de fazer ciência, assim como de abordagens pedagógicas diferentes da tradicional aula expositiva e que incluam possibilidades de interações dos estudantes com os objetos de conhecimento e entre os pares.

Nesse sentido, na disciplina de Estágio Supervisionado em Ensino de Biologia, da Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto de Biociências da USP, os licenciandos têm a oportunidade de entrar em contato com os aspectos teóricos sobre o ensino de Ciências por Investigação e, na prática de estágio, vivenciar o exercício da profissão, planejando e executando, com o apoio da equipe docente, uma Sequência Didática Investigativa (SDI). A SDI produzida pelos licenciandos deve estar fundamentada nos princípios do consenso construtivista e nos eixos da Alfabetização Científica, por meio da organização das atividades em um ciclo investigativo. Além disso, a SDI deve estar direcionada para uma turma de estudantes conhecida a partir da fase de observação da escola-campo de estágio e das conversas com os professores responsáveis.

Nesse contexto, os licenciandos podem refletir sobre e lidar com os desafios e as possibilidades do uso da abordagem do ensino de Ciências por Investigação. Descrevemos a seguir, de forma simplificada, uma das SDI produzidas no âmbito da disciplina.¹

Tema: transgênicos.

Série: 2º ano do Ensino Médio.

Número de aulas previsto: 5 aulas.

Objetivos: construir o conceito de organismo transgênico a partir da interpretação de textos e imagens.

Pergunta da SDI: O que são transgênicos?

Fase de orientação: Para engajar os estudantes no tema e, ao mesmo tempo, explorar os conhecimentos prévios que possuíam, foram disponibilizados alguns produtos de supermercado para que os estudantes, em pequenos grupos, classificassem os produtos em transgênicos e não transgênicos, explicitando os critérios utilizados para a classificação. Os produtos foram: pepinos; pacote de arroz; óleo de soja; amido de milho; biscoito; pó de café; salgadinho; ração de gato e mistura pronta para bolo.

Fase de conceitualização: Nessa discussão inicial em pequenos grupos, e depois com toda a turma e professores, os estudantes puderam expor suas ideias e ouvir os colegas sobre o que seria um alimento transgênico. Essas ideias iniciais serviriam de subsídio para a interpretação dos textos e imagens que seriam disponibilizados a seguir para os estudantes responderem o que são transgênicos.

Fase de investigação: Os estudantes, em grupos, receberam um conjunto de fichas com textos e imagens. Todos os grupos receberam um conjunto de fichas com informações sobre Biologia molecular, que continham representações da fita de DNA e dos genes, do processo de transcrição e tradução do DNA na produção de proteínas. Cada grupo recebeu um segundo conjunto de fichas com informações sobre um organismo transgênico específico: algodão Bt mais resistente ao ataque de alguns insetos; arroz dourado produtor de betacaroteno; milho com o gene da produção de hormônio de crescimento humano hGH; soja modificada para maior resistência a estresse hídrico e tomate roxo por produção de antocianina (Figura 5).

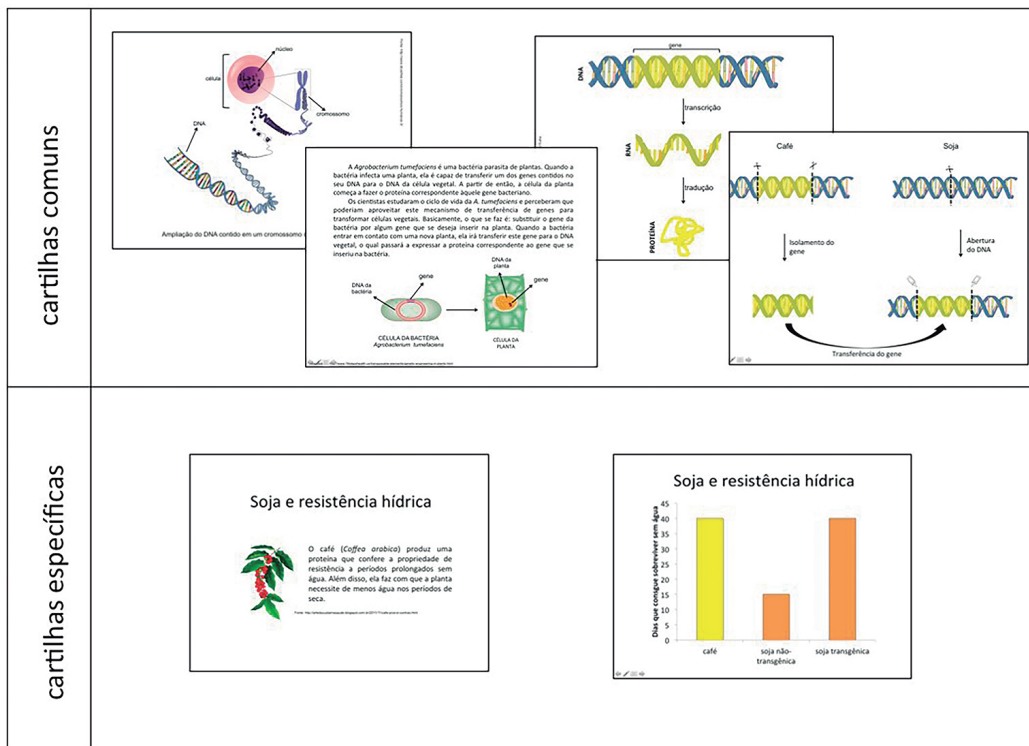
A partir da leitura e análise das fichas, e dos livros didáticos disponíveis para consulta, era esperado que os estudantes respondessem a dois blocos de perguntas, entregues a eles em momentos subsequentes:

- 1.a. Onde o DNA está localizado na célula?
- 1.b. O que é um gene?
- 1.c. Como é possível combinar o DNA de dois organismos diferentes?
- 2.a. Com qual finalidade foi feito o seu transgênico?
- 2.b. De qual organismo foi retirado o gene? Em qual organismo ele foi inserido?
- 2.c. Como foi feito o seu transgênico? Para responder, relacione o maior número de informações que puder (textos, imagens, gráficos e tabelas).

As respostas foram entregues, lidas e devolvidas com comentários, algumas vezes questionamentos, que ajudassem os alunos a reelaborarem as respostas incompletas ou incorretas.

Fase de comunicação e conclusão: Com a turma de estudantes em roda, cada grupo apresentou as informações sobre seu transgênico e foi registrada uma síntese com a sistematização das informações: organismo que doou o gene, organismo que recebeu o gene, como o transgênico foi produzido e com qual finalidade foi produzido. A partir dessa sistematização, questionou-se o que era comum entre os transgênicos. Esperava-se que os estudantes notassem que o processo de produção era o mesmo em todos os casos, ou seja, havia a transferência de um gene de um organismo para outro, por meio da *Agrobacterium tumefaciens*.

Fase de conclusão e reflexão: Retomou-se as concepções iniciais que os estudantes apresentaram sobre transgênico na primeira atividade solicitando que eles as reavaliassem. Era esperado que, nesse momento, os estudantes pudessem responder à pergunta inicial “o que são transgênicos”. Solicitou-se que retomassem a classificação dos produtos realizadas na primeira aula para repensarem a classificação e observarem as embalagens, buscando responder como poderíamos identificar os transgênicos. Os estudantes puderam concluir que não é possível saber se um produto é transgênico apenas pela sua aparência, além



Fonte: Elaborada pelos licenciandos Bunni Costa, Carolina Mendonça e Isabela Castro em 2016.

Figura 5 – Exemplo de fichas distribuídas aos grupos de estudantes. As fichas comuns eram semelhantes entre todos. As fichas específicas variavam entre os grupos.

de observarem no rótulo do amido de milho que contém *A. tumefaciens*. Na discussão final com a turma toda apareceram novos questionamentos dos estudantes sobre questões éticas e de transgenia em animais, que foram respondidos brevemente. Os estudantes deveriam registrar a resposta final à questão principal e avaliar seu percurso de aprendizagem ao longo da sequência didática.

Para analisar essa sequência, é necessário considerar o contexto de sua produção. Essa é a primeira experiência de regência dos licenciandos, em que têm a oportunidade de planejar e executar um conjunto de aulas sobre determinado tema. A partir das primeiras observações do estágio e das conversas com os professores, os licenciandos precisariam planejar atividades que articulassem objetivos e estratégias de aprendizagem sobre um tema acordado com o professor da turma, de acordo com o ensino de ciências por investigação. As atividades deveriam ser adequadas aos conhecimentos e habilidades dos aprendizes e deveriam considerar as limitações do tempo disponibilizado pela escola para a regência e dos recursos materiais. Assim, as sequências produzidas são resultantes da superação desses desafios característicos dessa fase inicial do exercício da profissão e do contexto de estágio.

A sequência didática apresentada pode ser caracterizada como uma investigação estruturada (Banchi; Bell, 2008), na qual a pergunta e os dados necessário para respondê-la foram fornecidos aos estudantes, que por sua vez foram responsáveis por realizar a análise e interpretação dos dados para tecer uma conclusão. A questão de investigação proposta é uma questão conceitual, que poderia ser respondida de forma direta a partir de uma definição existente; no entanto, as atividades foram organizadas de modo a conduzir o raciocínio dos estudantes, possibilitando que eles construíssem o conceito de transgênico com base em seus conhecimentos prévios, nas informações disponibilizadas nas fichas, textos e mercadorias, assim como a partir das interações discursivas que ocorreram em sala de aula, respeitando, portanto, os princípios do consenso construtivista.

Nota-se, na primeira atividade, uma preocupação em conectar o tema com aspectos do cotidiano dos estudantes como estratégia para engajá-los na SDI, visto que os produtos transgênicos têm sido comercializados em torno de um constante debate sobre sua segurança alimentar e, mais recentemente, sobre a questão ética de transparência, com a tramitação do PLC 34/2015 (BRASIL, 2015) que propõe eliminar a indicação da presença de componentes transgênicos quando esses estiverem presentes em porcentagem inferior a 1% da composição total do produto alimentício.

Na análise das informações das fichas, os estudantes puderam ter contato com formas de representação típicas da ciência, como imagens de microscopia eletrônica, gráficos de barras, tabelas e esquemas. Eles procederam à interpretação e seleção de informações que conduzissem às explicações solicitadas na atividade. No caso dessa SDI, percebe-se que não há um paralelo explícito entre a análise dos dados em relação ao que acontece na ciência, mesmo assim, os estudantes organizam e classificam informações, desenvolvendo habilidades de análise da linguagem científica, o que os aproxima do segundo eixo da Alfabetização Científica, referente às práticas das ciências.

Ao final da atividade, os estudantes são levados a comunicar os resultados de seu trabalho de análise das fichas para a turma, em um processo de reflexão coletiva que atua como regulador da aprendizagem pelos próprios estudantes, assim como pelo professor que tem a oportunidade de avaliar, trazer novas informações e reflexões, contextualizando as práticas realizadas em relação à área de conhecimento. É nesse momento também que, ao comparar os resultados de cada grupo, os estudantes podem enxergar padrões nos diferentes tipos de transgênicos para construir uma generalização que responde à questão de investigação. Assim, o próprio cenário de comunicação entre os grupos faz parte do processo investigativo.

Por fim, a atividade desperta nos estudantes novos questionamentos sobre as questões éticas e a clonagem de animais, que poderiam gerar novos ciclos investigativos que contemplassem outros aspectos da Alfabetização Científica, como aqueles mais ligados às relações entre ciência, sociedade, tecnologia e ambiente.

A sequência apresentada, como uma primeira experiência dos licenciandos, traz subsídios interessantes sobre as possibilidades de se trabalhar temas de Biologia por meio do ensino por investigação. A partir da atividade de planejamento, replanejamento e aplicação, os licenciandos puderam refletir e reformular, não só a sequência, incorporando novos elementos, mas repensar a sua prática docente de maneira mais ampla, incorporando novas formas de ensinar. As fases do ciclo investigativo orientaram a produção da SDI, ressaltando momentos importantes para a aprendizagem como o engajamento inicial, a análise de dados e a reflexão sobre o processo, auxiliando os professores a pensarem em formas de situarem os estudantes como parte ativa e central no processo de aprendizagem.

Comentários finais

Apesar de toda a potencialidade que o ensino por investigação apresenta para que o professor organize suas aulas de Biologia na perspectiva da Alfabetização Científica, Hodson (2014) nos alerta que o ensino por investigação em geral é mal concebido. Há um mito recorrente de que o ensino por investigação na escola é o mesmo do que realizar investigações científicas na ciência, mimetizando a atividade dos cientistas. O ensino por investigação é mais amplo do que o fazer ciência, envolvendo o uso de diversas estratégias didáticas para coletar dados e informações que permitam alguma analogia ou construção de conceitos científicos. Além disso, os tempos, os espaços, as motivações para a realização da investigação e seus objetivos são muito diferentes: enquanto na ciência pretende-se construir conhecimentos novos sobre o mundo, na escola, espera-se que os estudantes construam conhecimentos e habilidades novos para si mesmos. Algumas características das práticas científicas são inspiradoras para a elaboração de perspectivas pedagógicas que possibilitem o desenvolvimento do raciocínio argumentativo, do pensamento crítico e de uma postura investigativa sobre o mundo.

Assim, o objetivo do ensino por investigação na educação científica não é formar cientistas ou reproduzir a ciência na escola, mas propiciar aos estudantes um ambiente de aprendizagem em que possam questionar, agir e refletir sobre os fenômenos, construindo conhecimentos e habilidades e desenvolvendo autonomia de pensamento. Tudo isso de forma ativa, interativa e colaborativa.

Nota

1 Essa sequência didática foi produzida no primeiro semestre de 2016 pelos licenciandos Bunni Costa, Carolina Mendonça e Isabela Castro.

Referências

BANCHI, H.; BELL, R. The many levels of inquiry. *Science and Children*, v.46, n.2, p.26-9, 2008.

BRASIL. Projeto de Lei da Câmara n.34, de 2015. Câmara dos Deputados. Altera a lei de Biossegurança. *Diário do Senado Federal*, Brasília, DF, 5 mai. 2015 Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/120996>> Acesso em: 7 ago. 2018

CACHAPUZ, A. et al. (Org.) *A necessária renovação do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências didáticas investigativas. In: _____. (Org.) *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap.1, p.1-20.

CRAWFORD, B. A.; CAPPS, D. K. Teacher cognition of engaging children in scientific practices. In: DORI, J.; MEVARECH, Z.; BAKER, D. (Ed.) *Cognition, metacognition, and culture in STEM Education*. New York: Springer, 2018. cap.2, p.9-32.

DEWEY, J. *Democracia e educação: introdução à filosofia da educação*. 3.ed. São Paulo: Nacional, 1959.

GIL-PÉREZ, D. et al. ¿Puede hablarse de consenso Constructivista en la educación Científica? *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.3, p.503-12, 1999.

GOTT, R.; DUGGAN, S. A framework for practical work in science and scientific literacy through argumentation. *Research in Science & Technological Education*, v.25, n.3, p.271-291, 2007.

HODSON, D. Learning science, learning about science, doing science: different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, v.36, n.15, p.2534-53, 2014.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: an overview. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.) *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. Dordrecht: Springer, 2008. p.3-27.

KANG, J.; KEINONEN, T. The Effect of Student-Centered Approaches on Students' Interest and Achievement in Science: Relevant Topic-Based, Open and Guided Inquiry-Based, and Discussion-Based Approaches. *Research in Science Education*, v.48, n.4, 2018.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino de ciências. *São Paulo em Perspectiva*, v.14, n.1, 2000.

MELVILLE, W.; FAZIO, X.; BARTLEY, A.; JONES, D. Experience and reflection: preservice science teachers' capacity for teaching inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, v.19, n.5, p.477-94, 2008.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de C. E. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v.9, n.1, p.89-111, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL [NCR]. *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press, 1996.

NOVAK, J. D. Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las ciencias*, v.6, n.3, p.213-23, 1988.

OSBORNE, J. Defining a knowledge base for reasoning in science: the role of procedural and epistemic knowledge. In: DUSCHL, R. A.; BISMARCK, A. S. (Ed.) *Recon-*

ceptualizing STEM Education: the central role of practice. New York: Routledge, 2016. p.215-31.

PEDASTE, M. et al. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, v.14, p.47-61, 2015.

PIAGET, J. *Psicologia e epistemologia: por uma teoria do conhecimento*. Rio de Janeiro: Forense, 1973.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v.17, n.espec, 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.16, n.1, p.59-77, 2011.

SCARPA, D. L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v.17, n.espec, 2015.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. e. O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. *Tópicos Educacionais*, v.3, n.1, p.7-27, 2017.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P. de. (Org.) *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap.8, p.129-52.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

RESUMO – A Biologia pode ser uma das disciplinas escolares mais interessantes ou mais enfadonhas para os estudantes, dependendo do modo como ela for abordada. Articulado aspectos do consenso construtivista com os eixos da Alfabetização Científica, este artigo pretende mostrar as potencialidades do ensino por investigação para o ensino de Biologia, de forma a torná-lo mais significativo aos estudantes. Sequências didáticas baseadas no ensino por investigação podem ampliar os objetivos do ensino de Biologia na perspectiva da Alfabetização Científica, permitindo situar os estudantes no centro do processo de ensino e aprendizagem de modo que desenvolvam compreensões sobre conceitos e teorias, sobre o processo de produção de conhecimento e sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Ciências por investigação, Alfabetização científica, Consenso construtivista, Ensino de Biologia.

ABSTRACT – Biology may be one of the most interesting or boring school subjects for students depending on how it is approached. Articulating aspects of the constructivist consensus with the dimensions of Scientific Literacy, this article intends to show the potential of inquiry-based science learning in Biology teaching to make it more meaningful to students. The didactic sequences of inquiry-based learning can broaden the goals of Biology teaching from the perspective of Scientific Literacy, allowing students to be placed at the center of the teaching and learning process to develop their understanding of concepts and theories, of the process of knowledge production and of the relationship between science, technology, society and the environment.

KEYWORDS: Inquiry-based science teaching, Scientific literacy, Constructivist consensus, Biology teaching.

Daniela Lopes Scarpa é professora do Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da USP. Possui licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências da USP, mestrado e doutorado em Educação/Ensino de Ciências pela Faculdade de Educação da USP. @ – dlscarpa@usp.br

Natália Ferreira Campos é doutoranda em Ensino de Biologia pelo Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências-USP. Mestre em Ensino de Ciências na modalidade Biologia pela Universidade de São Paulo, bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências da USP.
@ – natafcampos@gmail.com

Recebido em 13.8.2018 e aceito em 2.9.2018.

¹ Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

^{II} Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, Brasil.

Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores

ANNA MARIA PESSOA DE CARVALHO^I
e LÚCIA HELENA SASSERON^{II}

Introdução

A ESCRITA deste texto surge do convite para dissertarmos sobre “Ensino de Física e a formação de professores”. No entanto, décadas de pesquisa em ensino de Física levam-nos a considerar pouco profícua, nos dias atuais, a possibilidade de escrevermos sobre o ensino de Física e a formação de professores para esse ensino sem a “aprendizagem”. O substantivo “aprendizagem” não é só uma palavra a mais no título, pois expressa nosso posicionamento educacional de consideração do aluno como parte essencial do processo e das interações que se estabelecem em situações didáticas. Quando tratamos do “ensino de Física e formação de professores”, pensamos nos conteúdos programáticos que o professor vai ensinar e *o que* ele precisa saber desses conteúdos para bem ensinar; já quando nos propomos ao “ensino e aprendizagem de Física e formação de professores”, é necessário ir além, explorando instâncias das relações que os alunos estabelecem com o conhecimento. Nessa perspectiva, inegavelmente o professor precisa saber o conteúdo que vai ensinar, mas precisa saber também *como* vai ensinar para os alunos aprenderem.

E junto com essa mudança de referencial – de o que se ensina para o que os alunos aprendem – veio também uma mudança no conceito de aprendizagem. Dizíamos que os alunos aprendiam quando eles sabiam repetir na prova de avaliação o que o professor tinha falado em classe, o que eles tinham decorado do livro texto e, também, quando o aluno acertava os problemas muito parecidos com a lista de exercício já resolvidos em aulas. Um aluno que estudasse na véspera da prova era um bom aluno. Mas esse padrão de ensino, no qual o professor é o agente que pensa e o aluno é o agente passivo, que segue o raciocínio do professor, mudou. Passou-se a exigir que o professor levasse o aluno a construir ele próprio a estrutura do pensamento. Era importante ter um aluno intelectualmente ativo. E isso não é fácil. A profissão de professor ficou muito mais difícil.

Essa mudança implica considerar a necessidade de o professor conhecer não apenas os conteúdos da Física, mas também conhecer conteúdos de Didática e Pedagogia, de modo a poder planejar e implementar propostas para o

ensino de conhecimentos científicos, além de avaliar se houve a aprendizagem desses e a relação das ações de ensino com a aprendizagem na expectativa de aprimorar sua prática.

Física como tópico de ensino, aprendizagem e avaliação nos dias atuais

Nos últimos anos, a pesquisa em ensino de Ciências em todo o mundo tem se preocupado em apontar o papel da linguagem no ensino e na aprendizagem, destacando a importância de que interações discursivas entre professor e alunos podem ser um caminho por meio do qual os conhecimentos científicos são debatidos e compreendidos em sala de aula. Essa concepção encontra amparo não apenas nas pesquisas em sala de aula (por exemplo, Lemke, 1997; Sutton, 1997; Mortimer; Scott, 2002; Carlsen, 2006), mas também se fundamenta em perspectivas sociológicas e filosóficas das ciências que entendem a produção científica como uma atividade social (Longino, 1990; Knorr-Cetina, 1999).

Reformas curriculares recentes têm destacado a importância de que práticas científicas de investigação e de argumentação sejam vivenciadas pelos estudantes nas situações de ensino e aprendizagem de ciências (NGSS, 2012; MEC, 2017). Consonante a isso, avaliações externas e em larga escala em todo o mundo (PISA e TIMSS, por exemplo) e também no Brasil (SAEB e Prova Brasil, entre outros) têm buscado, cada vez mais, encontrar estratégias para que as práticas científicas sejam avaliadas, reconhecendo que ensinar e aprender ciências vai para além da memorização de fatos e conceitos.

Esse fato revela a intenção exposta em currículos e avaliações de que sejam oferecidas oportunidades aos estudantes para contato com elementos conceituais, sociais e epistêmicos das ciências como objetivos do ensino e da aprendizagem dessas disciplinas (Duschl, 2008). Esse olhar ampliado sobre o que os estudantes merecem aprender sobre ciências nas situações formais de ensino revela a preocupação de que a Física apresentada em sala de aula contribua para atuação e participação efetivas dos indivíduos em uma sociedade científica e tecnológica, pródiga em informações, mas ainda carente em maneiras de construir conhecimentos sobre elas. E defendemos que esse fato corrobora nossa concepção de que o ensino de Física pode contribuir para essa formação na medida em que essa disciplina seja apresentada como um campo de conhecimento e, por isso, como uma maneira social de construir conhecimento sobre o mundo natural.

O papel das práticas nas ciências

Fundamentamos nossa argumentação na percepção da atividade científica como prática social (Longino, 1990; Knorr-Cetina, 1999). Um trabalho relevante que destaca essa percepção é o estudo realizado por Latour e Woolgar (1986). Baseando-se em uma metodologia de estudos antropológicos e etnográficos, Latour instalou-se por cerca de um ano em um laboratório de neuroendocrinologia. Nesse período, conviveu cotidianamente com pessoas que realizavam atividades que, cada uma a seu modo, eram-lhe familiares ou estranhas.

No livro, Latour e Woolgar (1986) expressam a construção de fatos científicos por meio da ideia de inscrição literária. Essas podem ir se alterando ao longo do trabalho, o que não significa que uma inscrição seja substituída por outra; embora isso possa ocorrer, em muitos casos elas se ampliam e são aprimoradas, tornando-se cada vez mais específicas e especializadas para uma situação em estudo. Conforme descrevem os autores, o objetivo final dos estudos realizados no laboratório é a publicação de artigos. O estudo de Latour e Woolgar (1986) permite colocar em análise práticas realizadas na construção de conhecimento científico. Ainda que todo agrupamento possa trazer certo reducionismo, parece-nos possível sintetizar as ações descritas por Latour e Woolgar e que resultaram em fatos construídos pelo grupo do laboratório em estudo. As práticas concentram-se em quatro principais tipos que demonstram: a *obtenção de inscrições* na constituição e teste de hipóteses, testes com controle de variáveis, testes com mudança ou manutenção de procedimentos; o *trabalho com as inscrições* pela organização, classificação e seriação de inscrições produzidas ou advindas de contato com outros grupos (seja por meio de revisão literária, seja por participação em debates de outros grupos); a *construção de explicações*, transformando inscrições em evidências, estabelecendo de justificativas ou contraponto para uma alegação; e o *processo de escrita*, que ocorre pela comparação e contraste de inscrições com a revisão da literatura.

Essas práticas revelam interações sociais e, conforme indicam Longino (1990, 2002) e Knorr-Cetina (1999), a crítica analítica a novas proposições deflagra a inserção de processos cognitivos na constituição de um conhecimento durante e após as atividades que permitiram construir tais suposições. Longino (2002, p.129) chega a afirmar que “interações discursivas críticas são processos sociais de produção de conhecimento” (tradução nossa).

Após um extenso estudo sobre a construção e disseminação de conhecimentos científicos, Longino (2002) propõem “normas sociais do conhecimento social”, como sendo elementos que ajudam a conferir objetividade às novas proposições. Para ela, essas normas baseiam-se na existência de: *fóruns* que representam espaços reconhecidos pela comunidade científica para apresentação de resultados de pesquisas e para crítica e revisão dessas propostas; *receptividade à crítica* e a possibilidade por ela conferida de reflexão sobre o tema em debate podendo implicar mudanças nos conhecimentos; *padrões públicos de análise* que evidenciam a existência de um conjunto de conhecimentos estabelecidos que se transformam em critérios para a análise de novas proposições; e constituição de *igualdade moderada de autoridade intelectual* entre os participantes de uma comunidade, convencionando que são os níveis de conhecimento de alguém o que impacta em sua possibilidade de participação e não a posição ou o *status* social adquiridos por um membro da comunidade.

Mediante essas ideias, refletir sobre o ensino e a aprendizagem da Física indica considerar se a realização de práticas científicas é oportunizada aos estudantes e como elas são implementadas na sala de aula. Um elemento central que

aflores a importância da investigação e da argumentação no ensino das Ciências, uma vez que essas são práticas essenciais desse campo de conhecimento.

O ensino e a aprendizagem da Física por meio de práticas investigativas e argumentativas

O ensino por investigação tem sido utilizado como estratégia de ensino de Ciências há mais de meio século. Em seu estudo, Abd-el-Khalick et al. (2014) relatam a diversidade de modos de ação associada ao ensino por investigação. Esses modos de ação relacionam-se a trabalhos práticos, caso, por exemplo, de atividade *hands on* e o uso de objetos e técnicas para coleta e organização de dados e informações, a trabalhos intelectuais como o estabelecimento e o teste de hipóteses para a resolução de um problema e a análise de situações, a definição de explicações e a busca pelos limites e condições dessas.

Defendemos o ensino por investigação como a resolução prática ou intelectual de problemas em que é necessário o envolvimento com ações que permitam analisar variáveis, coletar dados, identificar influências, formular explicações e estabelecer limites e condições para os quais elas sejam válidas. Todas essas ações não estão previamente definidas aos estudantes, sendo importante que as construções sejam realizadas por eles.

Nessa perspectiva, o trabalho com a investigação em sala de aula pode permitir relacionar e integrar práticas como as destacadas dos trabalhos de Latour e Woolgar (1986) e Longino (2002) que seriam representadas por ações para coleta, organização e análise de informações com o objetivo de construir explicações e por ações de avaliação dos processos que vão sendo realizados, como um monitoramento das estratégias utilizadas para eventual replanejamento de ações. Essas práticas seriam sempre acompanhadas de discussões em que a argumentação pelas ideias em construção tem função dupla de apresentar as ideias e de contribuir para fundamentação, análise e legitimação delas.

Entretanto, antes de entrarmos no mérito de um ensino que leve os alunos a investigar e a argumentar, é importante novamente destacar que existe uma distância muito grande entre os físicos, e os objetivos que têm com a construção de novos conhecimentos, e os alunos que aprendem conhecimentos e elementos da Física na escola básica. De modo geral, na sala de aula, os alunos ainda pouco conhecem sobre Física, não têm todo o conhecimento prévio de um cientista, nem ainda o desenvolvimento intelectual desses. Portanto, precisamos ter cuidado para não pensarmos em nossos alunos como cientistas-mirins, tampouco objetivarmos tão somente a formação de cientistas para o futuro. Mas podemos e precisamos estudar os principais aspectos que circundam as práticas científicas de modo que seja possível encontrar modos de apresentar os conceitos e as noções das ciências com referências aos modos de construir e validar conhecimentos nessas áreas.

Esse é um ponto essencial para a formação de professores de Ciências e de Física. *Como planejar problemas importantes e interessantes para os alunos? Como*

planejar aulas de tal forma que os alunos possam discutir com seus colegas e que nos relatos finais dos grupos o professor possa organizar uma síntese com a linguagem científica e a conceituação correta?

Quando centramos nosso ensino em problemas investigativos sobre os fenômenos (para que haja argumentação dos alunos), Lawson (2002) nos mostra que estamos também dando oportunidade para que os alunos se desenvolvam no raciocínio hipotético-dedutivo. Assim, ao construírem os conceitos, eles também aprendem a raciocinar cientificamente. Outro ponto importante que retiramos dos trabalhos de Lawson (2002) é que “o professor precisar salienta, após as discussões, durante a sistematização destas, as hipóteses sobre as quais foram obtidos os dados e a estrutura da argumentação que levou tais dados às conclusões”.

Essa nova atitude dos professores é importante para superarmos o problema apontado por Lemke (1997, p.105):

[...] ao ensinar ciência, ou qualquer matéria, não queremos que os alunos simplesmente repitam as palavras como papagaios. Queremos que sejam capazes de construir significados essenciais com suas próprias palavras... mas devem expressar os mesmos significados essenciais se não de ser cientificamente aceitáveis.

A pesquisa em ensino de Ciências tem estudado a argumentação estabelecida em sala de aula em múltiplas perspectivas que trazem aspectos associados à formação de professores para o desenvolvimento da argumentação (Ferraz; Sasseron, 2017; Ibraim; Justi, 2016; McNeill et al., 2016; Erduran; Simon; Osborne, 2004), o envolvimento dos estudantes e dos professores com a argumentação em sala de aula (Scarpa; Trivelato, 2012; McNeill; Pimentel, 2010; Capecchi; Carvalho, 2006; Capecchi et al., 2000; Jiménez-Aleixandre; Bugallo-Rodriguez; Duschl, 2000) e também elementos teóricos que necessitam ser considerados para o planejamento e implementação de estratégias argumentativas em aulas de Ciências (Sasseron; Carvalho, 2014; Jiménez-Aleixandre, 2010; Erduran; Jiménez-Aleixandre, 2008; Kelly, 2008). Todos esses estudos buscam desvelar aspectos para compreender se e como ocorre o desenvolvimento da linguagem científica e da argumentação em ambiente escolar.

Todas essas pesquisas exercem influência no planejamento de ensino que tem por objetivo levar os alunos a argumentar e a construir conhecimentos sobre fenômenos natureza na perspectiva das ciências.

Em nossas pesquisas e na discussão que aqui trazemos, os trabalhos já citados representam algumas diretrizes importantes. A primeira é que a linguagem científica é argumentativa; em outras palavras, não se faz Física sem argumentar sobre os fenômenos, sobre as interpretações dos “fatos científicos”, pois é necessário apresentar um ponto de vista com justificativas para transformar fatos e dados em evidências. Isso é bastante importante para o ensino de Física, pois temos como consequência o entendimento de que as observações e os

experimentos não são a rocha sobre a qual as ciências estão construídas: essa rocha é a atividade racional de geração de interpretações de argumentos com base nos dados obtidos. Essa inferência faz que o ensino sofra modificações fundamentais, pois no ensino tradicional os fatos são mostrados e as conclusões são explicitadas, e muito raramente encontramos um professor que mostre (ou pergunte) sobre o porquê da relação entre os fatos e as conclusões. A segunda é que a argumentação científica obedece a uma estrutura muito particular de pensamento e que pode ser vista como um pensamento basicamente hipotético-dedutivo (se/então/portanto). Nesse caso, podemos dizer que os professores precisam auxiliar seus alunos a construir justificativas e explicações para os fenômenos estudados. A terceira diretriz é que as justificativas e/ou as explicações estão relacionadas aos campos de conteúdos que estão sendo pesquisados, isto é, dependem do contexto. Assim, quanto mais o contexto for do domínio do estudante, mas facilmente ele poderá fazer relações causais.

Mas como estamos no âmbito da Física, além da linguagem argumentativa, é importante considerar a linguagem matemática como um modo de comunicação essencial na construção de ideias e para a disseminação de conhecimentos. Os trabalhos de Latour e Woolgar (1986), Lemke (1998) e Kress et al. (2001) expuseram que a habilidade para um uso competente de gráficos e outras formas de representação apresentadas pelos cientistas só é adquirida a partir de trabalho extenso de convivência com processos de inscrição. Esse é um sério problema para o ensino de Física, quem sabe o mais sério, pois, enquanto para cientistas um gráfico e as fórmulas são, praticamente, o próprio fenômeno em estudo (Roth, 2002), para os estudantes trata-se de linguagens a serem decodificadas tornando-se apenas mais um formalismo a ser decorado, desprovido de sentido. Assim, os alunos precisam ser apresentados a situações em que possam aprender a transitar entre essas diferentes linguagens, interpretando os significados nelas envolvidos (Carmo; Carvalho, 2012; Capecchi; Carvalho, 2006).

A aprendizagem dos alunos e as práticas profissionais dos professores – reflexões sobre os cursos de formação

Como temos mencionado ao longo do texto, a transformação da ideia do ensino associada à importância da aprendizagem implica considerar a alteração do papel do professor em sala de aula. E uma consequência imediata disso é uma mudança significativa nas formações inicial e continuada de professores.

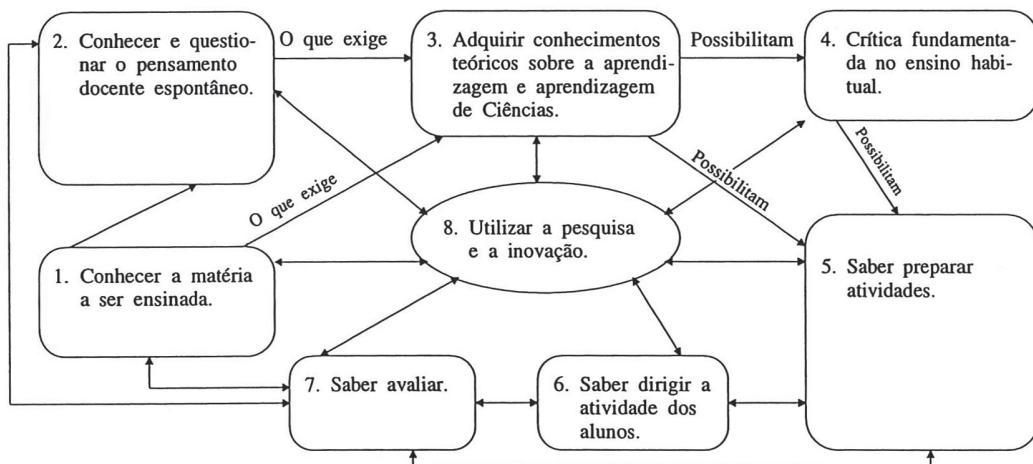
Para ensinar os alunos a argumentar, o professor precisa fazer o aluno falar. Sabemos que as participações dos alunos nas aulas não acontecem espontaneamente, muito menos intervenções em que os alunos mostrem com suas próprias palavras o seu raciocínio argumentativo. Normalmente essas participações são repetições das palavras, das ideias e do raciocínio do próprio professor. Perguntas, quando existem, refletem menos as dúvidas sobre o tema em discussão e mais o não entendimento da linguagem do professor. E essa participação intelectualmente pobre dos alunos em sala de aula não é um problema somente

brasileiro. Grandy e Duschl (2007) também relatam que durante os primeiros anos escolares os alunos trazem muitas questões, mas essas não são questões científicas, e em vez de aprenderem a propor questões científicas, simplesmente deixam de perguntar.

Para fazer os alunos falarem é preciso uma interação construtiva entre o professor e o aluno, e para isso é necessário que o professor pergunte, e perguntas relacionadas com o conteúdo, muito além de “você está entendendo?” ou “alguém tem alguma dúvida?”. Para que apareçam argumentações dos alunos em sala de aula, a prática do professor deve considerar já em seu planejamento a possibilidade de interações dos alunos com o conhecimento, criando ambientes não coercitivos nos quais os alunos possam apresentar sem medo seus argumentos, estejam esses corretos ou não.

Carvalho e Gil-Pérez (2011) apresentaram como deveria ser uma nova formação de professores que tem a proposta de aprendizagem como construção de conhecimento com as características de uma pesquisa científica. Os autores elaboraram um quadro (Quadro 1) à luz das pesquisas em ensino de Ciências, em que colocaram oito pontos que os professores precisam “saber” e “saber fazer” em suas aulas, quando visam a uma formação de seus estudantes aos moldes das ideias até aqui discutidas.

Quadro 1 – Oito pontos que os professores precisam “saber” e “saber fazer”



Fonte: Carvalho e Gil-Perez (2011, p.18).

O primeiro ponto, como não poderia deixar de ser, é “conhecer a matéria a ser ensinada”. Considerando as discussões que trazemos, isso significa conhecer os conceitos, as leis, as teorias e os modelos científicos que serão abordados com os estudantes, mas também reconhecer que os modos de construção de conhecimento nas ciências, representados pelas dimensões sociais e epistêmicas desse processo, também são conteúdos a serem explorados com os estudantes. Isso implica, ao mesmo tempo, reconhecer os movimentos históricos e as influências do período e da sociedade nos estudos que resultaram em conhecimentos

ainda estudados nos dias atuais; em mesma medida, implica reconhecer as influências mútuas entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, considerando como cada uma pode representar avanços e problemas para as demais esferas.

O segundo ponto destacado no Quadro 1, “conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo”, parece simples, mas pode ser complexo e é necessário. O senso comum diz que ensinar é fácil, bastando conhecer a matéria, ter experiência e encontrar a receita adequada. É importante na formação de novos professores questionar, por exemplo, o caráter natural do fracasso dos alunos em Física, o determinismo biológico – alunos bons e alunos fracos, e o sociológico – nada pode ser feito com alunos que vivem em meios culturalmente desfavorecidos. É também importante questionar que os professores têm atitudes diferentes em relação a alunos e alunas quanto ao aprendizado de Física e, principalmente, questionar a suposta objetividade das avaliações e o seu uso quase exclusivo para julgar os alunos. Outro aspecto importante a ser questionado é a própria forma de estruturar e apresentar atividades em aula: é comum encontrarmos professores que reproduzem ações em sala de aula as quais viveriam como estudantes, sem refletir se essas ações são adequadas para o ensino nos dias atuais.

O terceiro saber destacado no Quadro 1 diz respeito a “adquirir conhecimento teórico sobre aprendizagem e aprendizagem de Ciências”. Todo o conhecimento produzido na área de ensino e de aprendizagem, de modo geral, e na área específica de Física precisa ser conhecido pelos professores para que esses possam entender seus alunos e planejar atividades problematizadoras. Esses conhecimentos são a melhor maneira de questionar o senso comum sobre ensino e aprendizagem e de trazer aos professores novas estratégias e abordagens de ensino mais adequadas ao que recomendam as diretrizes curriculares.

Esses conhecimentos dão base para o quarto item que é “crítica fundamentada no ensino habitual”. Na primeira década do século XX tivemos dois grandes pensadores: Einstein, na área da Física, e Dewey, na área de educação. As ideias de Einstein já modificaram o cotidiano de nossas vidas, apesar de ainda não terem chegado à escolarização obrigatória para toda a população. A teoria da Escola Nova de Dewey se contrapunha ao sistema tradicional de educação, propondo o modelo de ensino-aprendizagem focado no aluno como sujeito da mesma. A teoria previa ainda que a aprendizagem devia partir da problematização dos conhecimentos prévios do aluno. As ideias de Dewey ficaram relegadas à Educação Infantil. Faltaram pesquisas em ensino e aprendizagem nos conteúdos específicos que dessem sustentação empírica as ideias de Dewey. A partir da segunda metade do século XX, com trabalhos como os de Viennot (1979) e Driver, Guesne e Tiberghien (1985), mostrando a existência dos conceitos espontâneos e a influência desses na aprendizagem de Física dos estudantes do correspondente ao Ensino Médio atual e também nos universitários. Esse é um fato importante para uma crítica ao ensino tradicional.

O quinto item exposto no Quadro 1 é “Saber preparar atividades”. Isso não é fácil, e é a principal atividade docente. Em consonância com o que temos defendido, é importante que as atividades permitam que os estudantes compreendam conceitos e aspectos das ciências por meio das vivências de práticas investigativas e argumentativas; e elas podem surgir em uma variedade de modos: experiências de laboratório, leitura de textos históricos, pesquisas bibliográficas, elaboração de sínteses e relatórios, programas de vídeo e computacionais etc.

“Saber dirigir as atividades dos alunos” surge como o sexto item do Quadro 1 e se relaciona diretamente com a possibilidade do envolvimento dos estudantes com as atividades. Esse item diz respeito à apresentação adequada das atividades a serem realizadas, a fim de tornar possível aos alunos adquirir uma visão global da tarefa e o interesse por esta, e à realização de sínteses e reformulações que valorizem as contribuições dos alunos e orientem devidamente o desenvolvimento da tarefa. Isso implica que o professor deve exercer atividades de gerenciamento da turma, sabendo, por exemplo, dividir a turma de pequenos grupos para a realização das tarefas, permitindo intercâmbios enriquecedores entre os grupos, mantendo a disciplina da classe sem inibir os alunos, e criando um ambiente intelectualmente positivo. Em uma visão mais detalhada esse é o momento em que o professor vai promover interações discursivas auxiliando os alunos a relacionar dados, evidências e variáveis no estabelecimento das justificativas para na síntese, elaborada por ele ou pelos alunos, os significados científicos (os argumentos) sejam construídos (Sasseron; Carvalho, 2014). Um grande obstáculo para o desenvolvimento de tarefas que proporcionem discussões em sala de aula é a dificuldade do professor em organizá-las, desde a administração da gradativa adaptação dos alunos ao processo de ouvir os colegas, até o direcionamento de suas questões para uma sistematização de ideias, que leve a conclusões.

O Quadro 1 apresenta no item 7 “Saber avaliar”, o que também é muito importante, pois queiramos ou não os alunos e a sociedade dão à avaliação muito valor. Para os alunos as atividades de avaliação devem permitir um *feedback* adequado de sua aprendizagem e para o professor, tendo uma visão da classe, é a avaliação de seu ensino e a partir da avaliação pensar no que fazer para alcançar o resultado desejado. Toda avaliação considera o aluno, mas também o ensino do professor. Além disso, para buscar uma coerência com o ensino planejado devem-se avaliar não só os conteúdos conceituais, mas também as habilidades e atitudes, como forma de identificar o envolvimento dos estudantes com as ciências e seus modos de construir conhecimentos.

Por fim, no item 8, mas permeando cada um dos itens anteriores, surge a importância de “Utilizar a pesquisa e a inovação”, relevando a necessidade de as pesquisas geradas pelas áreas de Ciências e de Educação sejam consideradas pelos professores como forma de aprimorar seu trabalho.

E como preparar os professores para essa prática?

Começamos por dizer o óbvio: como formadores de professores, temos de ser coerentes. Se advogamos por um ensino de Ciências em que haja interações discursivas e em que os estudantes realizem investigações, precisamos buscar realizar o mesmo na formação de professores. Assim, temos de promover interações discursivas com os futuros professores auxiliando-os a relacionar dados, evidências e variáveis encontrados em suas situações de estágios realizados nas escolas da comunidade para o planejamento e a defesa de um ensino que leve os alunos a aprenderem e gostarem de Ciências e de Física. Com esse objetivo, temos promovido estágios de formação inicial como um laboratório em que os futuros professores buscarão identificar e resolver problemas para um profícuo trabalho com o ensino e a aprendizagem de seus estudantes.

Um exemplo do que realizamos nos estágios, com base nas informações do Quadro 1, é permitir aos futuros professores uma visão crítica e contextualizada para a prática do ensino de Ciências e de Física. Assim, em um primeiro momento, os professores em formação são instigados a realizar observações e reflexões sobre a escola induzindo um trabalho com os saberes 3 (Adquirir conhecimento teórico sobre aprendizagem e aprendizagem de Ciências), 4 (Crítica fundamentado ao ensino habitual) e 8 (Utilizar a pesquisa e a inovação). Em um segundo momento, em que os professores em formação devem atuar em aula, implementando uma proposta de ensino e aprendizagem, levamo-los a mobilizarem os saberes 5 (Saber preparar atividades), 6 (Saber dirigir as atividades dos alunos), 7 (Saber avaliar) e 8 (Utilizar a pesquisa e a inovação).

É importante também que na formação dos professores os estágios e as aulas teóricas na Universidade caminhem lado a lado. Para os estágios de observação, textos teóricos e as pesquisas em ensino e aprendizagem de Ciências podem fundamentar os problemas a serem investigados e a análise dos dados obtidos. Assim como trazem elementos para a reflexão dos futuros professores sobre a prática docente, as observações de sala de aula devem trazer informações importantes a serem consideradas para o planejamento de suas atividades de regência. Assim, vão surgindo perguntas que revelam a necessidade de considerar os saberes descritos no Quadro 1: Qual conteúdo escolher? Quais elementos desse conteúdo são fundamentais para a abordagem desse tema com essa turma? O que não é fundamental de se abordar nessa oportunidade? Quais os principais problemas relacionados a esse conteúdo? Qual a influência desse tópico na sociedade? Como transformar a abordagem desse tema em oportunidades de atuação dos alunos com práticas investigativas e argumentativas? Como promover a investigação e a argumentação entre os estudantes para a análise do tema escolhido? Como avaliar se os estudantes progrediram na aprendizagem conceitual e epistêmica a partir das aulas realizadas?

Todas essas perguntas revelam a complexidade da atividade docente. É importante que os professores em formação tenham contato com elas de modo a perceberem que seu trabalho deve ser planejado, não sendo natural ou espontâneo.

Referências

- ABD-EL-KHALICK, F. et al. Inquiry in Science Education: *International perspectives. Science Education*, v.88, n.3, p.397-419, 2004.
- CAPECCHI, M. C. M.; CARVALHO, A. M. P. Atividades de Laboratório como instrumentos para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula, *Pro-Posições*, v.17 n.1(49), p.137-53, 2006.
- CAPECCHI M. C. M.; CARVALHO, A. M. P.; SILVA, D. Argumentação dos alunos e o discurso do professor em uma aula de Física. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v.2, n.2, 2000.
- CARLSEN, W. S., Language and science learning. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed.) *Handbook of research on science education*. New York: Routledge, 2006. p.57-74.
- CARMO, A. B.; CARVALHO A. M. P. Múltiplas linguagens e a Matemática no processo de argumentação em uma aula de Física: análise dos dados de um laboratório aberto. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.17, n.1, p.209-26, 2012.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de Ciências: tendências e inovações*. São Paulo: Cortez, 2011.
- DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHIE, A. (Ed.) *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press, 1985.
- DUSCHL, R. A. Science education in three-part harmony: balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Review of Research in Education*, v.32, n.1, p.268-91, 2008.
- ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.) *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer, 2008.
- ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPPING into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, Hoboken, v.88, n.6, p.915-33, 2004.
- FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v.19, p.1-25, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172017190117>>.
- GRANDY, R.; DUSCHL, R. A reconsidering the character and role of inquiry in School Science: analysis of a conference. *Science & Education*, v.16, p.141-66. 2007.
- IBRAIM, S. S.; JUSTI, R. Teachers' knowledge in argumentation: contributions from an explicit teaching in an initial teacher education programme. *International Journal of Science Education*, London, v.38, n.12, p.1996-2025, 2016.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó, 2010.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R. A. "Doing the lesson" or "doing science": argument in high school genetics. *Science Education*, Hoboken, v.84, n.6, p.757-92, 2000.
- KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. In: DUSCHL, R. A.; GRANDY,

- R. E. (Ed.) *Teaching Scientific Inquiry: recommendations for research and implementation*. Rotterdam, Holand: Taipei Sense Publishers, 2008. p.288-91.
- KNORR-CETINA, K. *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999.
- KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. *Multimodal teaching and learning: the rhetoric of the science classroom*. London; New York: Continuum, 2001.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. *Laboratory Life. the construction of scientific facts*. Princeton: Princeton University Press, 1986.
- LAWSON A. E. What does Galileo's discovery of Jupiter's Moons tell us about the process on scientific discovery? *Science & Education*, v.11, p.1-24, 2002.
- LEMKE, J. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: MARTIN, J.; VEEL, R. (Ed.) *Reading Science*. London: Routledge, 1998.
- LEMKE, J. L. *Aprender a hablar Ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Madrid: Paidós, 1997 [Originalmente publicado sob o título: *Talking science: language, learning and values*, em 1990].
- LONGINO, H. E. *Science as social knowledge: Values and objectivity in science inquiry*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1990.
- _____. *The fate of knowledge*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2002.
- McNEILL, K. L.; GONZÁLEZ-HOWARD, M.; KATSH-SINGER, R.; LOPER, S. Pedagogical content knowledge of argumentation: Using classroom contexts to assess high quality PCK rather than pseudoargumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, v.53, n.2, p.261-90, 2016.
- McNEILL, K. L.; PIMENTEL, D. S. Scientific discourse in three urban classrooms: the role of the teacher in engaging high school students in Argumentation. *Science Education*, Hoboken, v.94, n.2, p.203-29, 2010.
- MEC, Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Secretaria da Educação Básica, 2017.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.7, n.3. p.283-306, 2002.
- NGSS, Next Generation of Science Standards, Washington, DC, 2012.
- ROTH, W.-M. Competent Workplace Mathematics: How Signs Become Transparent. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, v.8, n.3, p.161-89, 2002.
- SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. de. (Org.) *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p.41-62.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. *Ciênc. Educ.*, v.20, n.2, p.393-410, 2014.
- SCARPA, D. L.; TRIVELATO, S. L. F. A linguagem e a alfabetização científicas: caracte-

terísticas linguísticas e argumentativas de artigos científicos. *Genética na Escola*, Ribeirão Preto, v.7, n.2, p.46-57, 2012.

SUTTON, C. New Perspectives on Language in Science. In: FRASER, B.; TOBIN, K. G. (Ed.) *International Handbook of Science Education*. Dordrech: Kluwer Academic Publishes, 1997.

VIENNOT, L., Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. *European Journal of Science Education*, v.1, n.2), p.205-22, 1979.

RESUMO – Neste artigo, apresentamos e discutimos questões necessárias para o planejamento e a implementação de aulas de Física em que o foco está duplamente colocado sobre o ensino e sobre a aprendizagem. Destacamos o papel das práticas investigativas e argumentativas como essenciais para a abordagem da Física em sala de aula. Apresentamos conhecimentos necessários que o professor de Física precisa considerar em sua atividade profissional e destacamos algumas ações que podem ser realizadas em formação inicial.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física, Ensino Médio, Formação de professores, Práticas investigativas e argumentativas.

ABSTRACT – In this paper, we present and discuss issues concerning the planning and implementation of Physics lessons focused on both teaching and learning. We highlight the role of inquiry and argumentative practices as central to approaching Physics in the classroom. We present the essential knowledge that Physics teachers must consider in their professional activity, and highlight some actions that can be performed in their initial training.

KEYWORDS: Physics teaching, Senior High School, Teacher education, Inquisitive and argumentative practices.

Anna Maria Pessoa de Carvalho é professora titular aposentada da Faculdade de Educação da USP. Membro da Academia Paulista de Educação. @ – ampdcarv@usp.br

Lucia Helena Sasseron é professora do Departamento de Metodologia do Ensino da Faculdade de Educação da USP. @ – sasseron@usp.br

Recebido em 7.8.2018 e aceito em 2.9.2018.

^{1 e 11} Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

A formação continuada do professor de Física

JESUÍNA LOPES DE ALMEIDA PACCA^I

e ALBERTO VILLANI^{II}

Dos Projetos de Ensino para a Formação Continuada

ATÉ MEADOS do século passado, a formação do professor das disciplinas científicas não se constituía em um problema considerável nos níveis de Ensino Primário, Ginásio e Secundário – atualmente equivalentes aos Ensinos Fundamental I e II e Médio. Na década de 1950, cerca de 80% das disciplinas do ensino secundário – Ginásio e Colegial – eram lecionadas por professores leigos (Rosa; Dallabrida, 2016), principalmente por engenheiros, médicos, advogados, e outros profissionais liberais que se dispunham a dar as aulas; até porque a profissão de professor gozava de grande prestígio social e tinha salário compatível com sua formação e atividade. A escola pública era de alto nível de ensino e eram poucos os alunos que seguiam para cursar o colegial; alguns seguiam para uma formação profissional. Era comum alguns, especialmente mulheres, após o Ginásio, cursarem o Magistério e outros procurarem demais cursos com vocação profissional; nesse nível de ensino eram sempre escolas conceituadas formando bons técnicos.

O Magistério era dirigido para o ensino do Curso Primário, às vezes completado com alguma eventual especialização: entre esses, alguns poucos se dispunham a prestar um concurso que os habilitaria a lecionar alguma das disciplinas específicas do Colegial. A Campanha Nacional de Difusão e Aperfeiçoamento do Ensino Secundário (Cades), criada em 1953 pela Diretoria do Ensino Secundário do MEC, organizava o concurso e os aprovados obtinham registro do MEC para as disciplinas do concurso (Rosa; Dallabrida, 2016); assim começaram a surgir professores com outra formação mais adequada, em princípio, com um aprofundamento no conteúdo disciplinar e um foco pedagógico explícito.

O problema da deficiência educacional e curricular no Ensino Médio, principalmente com as disciplinas científicas, Física, Química, Biologia e também Matemática, tornou-se evidente quando tocou no grande desenvolvimento tecnológico em curso na segunda metade do século e o despreparo dos alunos que estavam sendo formados no Colegial de então. No caso da Física, em particular, foi notável e sensacional a percepção do desenvolvimento tecnológico da União Soviética revelado com o lançamento do Sputnik, em 1957. Esse fato assombrou os países capitalistas do Ocidente, principalmente os Estados Unidos, que atribuíram boa parte da façanha ao melhor cuidado com a educação científica

e tomaram consciência de que era preciso investir na formação adquirida pelos alunos, ao concluírem o colegial, e rever criticamente os currículos e programas.

O resultado imediato foi a mobilização dos Estados Unidos para produzirem um programa de ensino dirigido por cientistas competentes do Massachusetts Institute of Technology (MIT), alguns dos quais tinham recebido o prêmio Nobel, junto com professores, industriais, pedagogos e psicólogos. Jerome Bruner, conhecido pedagogo, era um deles. Em 1960 estava concluído o famoso projeto Physical Science Study Committee (PSSC); era um projeto concebido para atualizar o ensino da Física, de acordo com o grande desenvolvimento das descobertas e teorias físicas estabelecidas no início do século, e apresentava uma forma que favorecia a entrada do programa na sala de aula – como uma Sequência Didática diferente da convencional dos livros didáticos conhecidos e porque já estava pronto para ser utilizado pelos professores.

Além de texto, escrito com a competência e o rigor dos cientistas, o projeto trazia um conjunto de experimentos organizados em kits completos para a montagem do equipamento pelo professor para reproduzir fenômenos significativos e serem sujeitos a observação e medidas rigorosas ao nível dos alunos entre 15 e 18 anos. Em particular, havia o entendimento de que o aluno poderia aprender ciência por si, a partir da atividade experimental. A coleção com quatro volumes era acompanhada de um Guia do Professor, com resolução dos problemas e detalhes dos experimentos, além de sugestões para o professor e alguns filmes sobre fenômenos físicos. O texto do PSSC era bastante conceitual, apoiando-se na ideia de modelos físicos que eram representados pelo formalismo matemático e acompanhados pelo processo de construção do conhecimento científico e do desenvolvimento na história da Física. Pretendia dar conta da precariedade da formação do professor, incapaz de incorporar as mudanças ocorridas na ciência e as novidades da tecnologia que já invadiam o cotidiano, com um material pedagógico de qualidade científica, e em parte didática, capaz de desencadear interesse para uma revisão da formação do professor.

A tradução para os países da América Latina foi quase imediata; aqui em São Paulo foi encampada pelo IBECC/Funbecc que também produziu o material experimental. Dez conjuntos completos desse material foram distribuídos pela Secretaria da Educação às escolas estaduais de São Paulo, porém parte delas nem chegou a abrir as caixas, pois nem tinham espaço para laboratório didático. Aos poucos, o PSSC era abandonado pelos professores. Por outro lado, um resultado bastante positivo sugerido pelo projeto e apropriado ao ensino no Brasil foi o interesse despertado para as feiras de ciências, pelos alunos e também pelas escolas.

Com a tentativa de explicar o abandono do projeto e desistência do professor, atribuído à forma inadequada para os estudantes, bem como para os professores não preparados para acompanhar o PSSC, outros projetos nacionais deram sequência à tendência de produzir material para o ensino secundário; a

ideia era focalizar mais o aluno que deveria aprender do que o professor que deveria ensinar – paradoxalmente num movimento que discretamente afastava o professor. Imersos no ambiente do comportamentalismo psicopedagógico, orientado por Skinner, que acreditava obter boas respostas com bons e adequados reforços, os programas nacionais adotaram formatos próximos do ensino programado.

Em São Paulo, um outro grupo de professores da América Latina foi subvencionado pela Unesco, entre 1963 e 1964, para produzir texto e material experimental, no então Departamento de Física da USP: o PROJETO PILOTO para o ensino programado de Óptica no Ensino Médio. Esse projeto desenvolvendo o conteúdo de Física construído passo a passo, com as respostas aos problemas acessíveis no final do livro, praticamente dispensava o professor, reservando-lhe o papel de organizador da classe e da atividade dos alunos.

Mais tarde, outro projeto foi desenvolvido no Instituto de Física entre 1970 e 1975: o Projeto de Ensino de Física (PEF), coordenado pelos professores Ernesto Hamburger e Giorgio Moscati, com uma equipe de professores do Instituto de Física (da qual fez parte a primeira autora) e do ensino público; juntamente com material experimental, produziu texto em quatro volumes: dois de Mecânica, um de Eletricidade e um de Eletromagnetismo. O PEF, também bastante conceitual, procurava mostrar mais explicitamente a relação dos conceitos com a matemática que os representava e buscava torná-los operacionais para resolver problemas. Também era acompanhado de um guia para o professor e os kits com materiais simples e de baixo custo. O curso, que trazia o “passo a passo” do comportamentalismo, com questões sobre o conteúdo entremeadas com o texto e respostas no final do livro, era quase que, ironicamente, “a prova de professor”. Na verdade, a intenção do projeto era auxiliar o professor nas suas aulas, orientando o aluno para a leitura e as atividades bastante criativas e atraentes. Depois do insucesso do PSSC que foi considerado difícil para os professores utilizarem-no com seus alunos, o PEF era um texto mais adaptado às condições econômica e profissional dos professores que, assumindo muitas aulas nas escolas, não tinham tempo para estudar e enfrentar o conhecimento da Física moderna contida no PSSC.

Vários outros projetos foram produzidos nessa época, sempre incluindo um treinamento para os professores interessados em utilizá-los em suas aulas; eram geralmente oferecidos em fins de semanas em oficinas onde os professores, inscritos previamente, trabalhavam, no papel de alunos, com o material e as atividades programadas. A aplicação posterior dos projetos na sala de aula seria o problema a enfrentarem sozinhos. Os projetos, de certo modo inconscientemente, começavam a excluir o professor da sua função primordial de ensinar e acompanhar a aprendizagem efetiva dos seus alunos na sala de aula. E surpreendentemente, mesmo com a participação dos físicos cientificamente reconhecidos, e da Academia dedicada à formação de professores, nem o PSSC nem os

outros Projetos nacionais puderam contribuir efetivamente para a melhoria do ensino de Física no secundário. Além da crença quase mágica dos professores e coordenadores dos projetos no papel da experimentação, parece ter ficado clara a dificuldade dos professores para compreender a ideia pedagógica dos projetos e também trabalhar confortavelmente com a Física moderna; assim que continuaram a dar suas aulas sem mudar nada, nem sobre o contexto pedagógico, nem sobre o conteúdo moderno da Física e da tecnologia de ponta.

O treinamento de professores da escola pública foi o recurso utilizado para tentar formar o professor com competência dentro de uma concepção de ensino moldada principalmente no comportamentalismo, mas já apontando muito discretamente para a necessidade de maior protagonismo do aluno no processo da sua aprendizagem.

Outro efeito da tradução do PSSC foi a criação de uma disciplina obrigatória para licenciandos do Instituto de Física; em 1968, o conteúdo dos cursos de curta duração utilizados para o treinamento de professores foi incorporado pelo professor Antonio de Souza Teixeira Jr. como disciplina obrigatória – Instrumentação para Ensino de Física – no currículo da Licenciatura em Física da USP.

Paralelamente ao período de produção de projetos para a sala de aula real, começou a ser constituída a pesquisa em Educação em Ciências que, após seu início no Brasil no final da década de 1960, se tornou rapidamente uma instituição reconhecida, contribuindo de forma decisiva na elaboração de uma nova visão da aprendizagem em ciência e da formação de professores. Em particular, devemos destacar a instituição da Pós-Graduação Interdisciplinar em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (1973), da qual participamos desde seu início. Inicialmente pretendia incluir o Instituto de Física, o Instituto de Química, o Instituto de Biociências e a Faculdade de Educação da USP (FEUSP), porém foi implantada em 1973, com sede no Instituto de Física da USP (IFUSP), somente para a área de Ensino de Física, reunindo pesquisadores do IFUSP e da FEUSP; as outras duas instituições somente foram incorporadas nas décadas de 1990 e 2000.

É notável a contribuição das pesquisas acadêmicas já iniciadas no final dessa década e produzidas especialmente na década de 1980 com resultados que alteraram significativamente o ensino da Física e tiveram reflexos em alguns programas para a formação do professor. Essa década foi marcada pela revelação do que seria óbvio, que “os alunos pensam”. O trabalho de Viennot (1979) é exemplar na apresentação de resultados de pesquisa que mostram que os erros cometidos pelos alunos são focalizados nas concepções espontâneas presentes nas respostas aos problemas de Física escolares. Estendendo-se por uma década da produção dos pesquisadores, essas concepções foram nomeadas espontâneas, intuitivas, misconceptions, e outras formas, de acordo com a concepção de aprendizagem dos autores e a atribuição de alguma origem possível do erro; a

regularidade e a frequência desses erros foram relacionadas a modelos errôneos utilizados pelo pensamento de senso comum.

Esses resultados foram divulgados também em cursos de especialização para professores, tendo muito sucesso entre eles; esses muitas vezes chegavam a perceber que aqueles erros também eram os seus. Mas a dificuldade estava ainda em conseguir trabalhar com isso na sala de aula para uma reelaboração conveniente, no sentido do conhecimento científico. A década seguinte, talvez com a percepção de que “os professores também pensam”, caracterizou-se pela produção de cursos curtos de Formação Continuada com o objetivo de aperfeiçoar e atualizar o professor de Física, passando a entender aqueles erros como *modelos alternativos* da Física, que deveriam ser reelaboradas com o auxílio do professor. Ou seja, esse fato veio a acentuar o caráter de atualização ou aperfeiçoamento em vez de treinamento atrelado a projetos produzidos fora do ambiente pedagógico real.

Um dos primeiros resultados da pesquisa em ensino e aprendizagem de Física foi perceber que a ideia de treinamento não era adequada e talvez estivesse relacionada ao fracasso dos projetos como recurso eficaz para levar à mudança de comportamento na função de professor. Pensar em atualização, capacitação ou aperfeiçoamento parecia ser mais adequado, além de ser um estímulo mais gratificante para o professor e de conduzi-lo para uma situação também de relativo protagonismo, como se o professor fosse coautor de um projeto também seu e interessado sinceramente no seu sucesso. Podemos considerar aí a semente de uma Formação Continuada, como entendida hoje.

A produção de outros projetos nacionais com essa tendência estendeu-se principalmente por 1990. No início um projeto da USP, subvencionado com a parceria do BID, reuniu um grupo de professores ligados à atualização de professores do Ensino Médio em várias áreas do conhecimento, para proporem cursos de média duração a serem oferecidos. Esses cursos, particularmente para a disciplina de Física, foram fundamentais para o prosseguimento de uma Formação Continuada, agora compreendida como uma atualização e aperfeiçoamento. A década de 1990, com apoio do CNPq e especialmente da Capes – com subprojetos PADCT/Capes/SPEC para o ensino das ciências, constituiu-se para nós num laboratório excepcional para a pesquisa na formação continuada de professores já formados e em atividade no Ensino Médio, com ênfase no seu aperfeiçoamento.

Claro que ao mesmo tempo esperava-se que essa formação possibilitasse ao professor também ser protagonista da sua aprendizagem de um método de ensino novo para ele e que se apresentava agora. Entretanto, a mudança possível na atuação interativa e construtiva na sala de aula depende também de uma mudança na concepção da sua função de educador para além da transmissão do conhecimento, conquistando sua autonomia profissional dentro de um processo de comunicação como quer Paulo Freire (1996).

O trabalho com a formação continuada

Nosso trabalho com a formação continuada foi realizado durante várias décadas; procuramos uma forma de atuar onde a participação do professor ocupa a maior parte do tempo e se dá a partir da sua proposta pessoal e atual de ensino, aplicada na realidade da sua aula (Villani; Pacca, 1996). A partir da construção de um planejamento inicial o professor o aplica na sala de aula procurando perceber e acompanhar a atuação dos alunos ao desenvolverem o trabalho proposto. Esse planejamento era entendido por nós como provisório, na medida em que seria reelaborado em função dos resultados da sua aplicação. Os resultados anotados pelo professor são posteriormente relatados e analisados pelo grupo de pares sob orientação do formador; esse intervém na discussão em momentos que parecem sugerir a introdução de conhecimento específico e definido, com elementos e conceitos de aprendizagem (coerentes com teorias construtivistas), do conteúdo científico (correção e rigor de compreensão de conteúdo físico, materiais e recursos didáticos disponibilizados), sobre a atuação do professor (especialmente voltada para a interação com seus alunos), entre outros; dessa maneira, o plano da aula dentro do planejamento é reelaborado continuamente, procurando manter a essência do seu eixo conceitual e pedagógico, definido nos objetivos gerais descritos inicialmente.

O encaminhamento das discussões no grupo de professores em formação continuada coloca ênfase na dificuldade revelada muitas vezes e, talvez poucas vezes considerada, que se traduz na pergunta do professor: Como incluir as “concepções prévias” dos alunos no trabalho em sala de aula? De fato, trabalhar com as concepções que os alunos já trazem e seguir um planejamento com objetivos predeterminados exige uma competência que o professor dificilmente possui. Porém, por outro lado, outros resultados desses programas têm apresentado novidades no desenvolvimento profissional do professor, que superam o que era efetivamente esperado pelo formador. Existem claramente alguns resultados atribuídos a objetivos concretamente planejados, mas o que tem surpreendido e parece muito mais significativo são as conquistas individuais, particulares e diferenciadas, que parecem contribuir decisivamente para a própria valorização profissional e inserção do professor num processo contínuo de aprender e de gostar de ensinar.

Como resultado da nossa pesquisa aspectos novos pareceram importantes para a condução de cursos de Formação Continuada. Propomos focalizar a importância do diálogo e ressignificá-lo na interação pedagógica que ocorre numa situação de aprendizagem; numa formação de professores em que o diálogo é o cerne do procedimento, pesquisamos a atuação dos professores na realidade da sua sala de aula, focalizando o diálogo que ele é capaz de manter com seus alunos, levando-os a construir um conhecimento científico.

Outro fator a ser considerado nessa comunicação são as novidades a serem enfrentadas numa situação de ensino (Pacca; Villani, 1992) e que se constituem em momentos cruciais para o envolvimento do aprendiz e sua apreensão de co-

nhecimento novo. Entretanto, trabalhar com o diálogo, entendido como meio essencial de ensino na sala de aula, e, ao mesmo tempo, enfrentar o assombro ou a curiosidade dos alunos não é nada fácil. De fato, o professor que ensina e pretende favorecer a aquisição de um conhecimento novo certamente estará sempre diante de incertezas e de riscos, e o aprendiz estará sempre diante de novidades e precisa de algo novo capaz para explicar alguma parte do mundo em que ele vive, despertando seu interesse. Esse momento, que pode ser difícil para o professor enfrentar, é essencial para a continuidade do pensamento em construção.

Sabemos que o ensino da Física e também sua aprendizagem são problemáticos no Ensino Básico onde essa disciplina é obrigatória; os professores logo de início encontram alunos desinteressados e resistentes a conhecer esse conteúdo, e o trabalho na sala de aula fica dificultado, desmotivando professor e aprendizes. Por outro lado, sabemos também que os conhecimentos científicos parecem ser bastante motivadores para as crianças pequenas que começam a descobrir o mundo e a sua natureza, e que curiosamente esse interesse e motivação vai decrescendo com a idade; no nível médio, transforma-se em repulsa, a não ser para os que já têm algum interesse para a ciência.

Em geral, essa era a situação na qual se encontrava a grande maioria dos professores participantes. Entretanto, também encontramos situações, menos frequentes, em que o professor é capaz de interessar uma grande parte da sua classe para a compreensão dos fenômenos físicos. Quando isso acontecia, principalmente depois de certo tempo da formação, era um incentivo a mais para todos os outros participantes. Um momento também fortemente significativo para a continuidade da formação ocorria quando o professor percebia que os alunos se relacionavam diferentemente com ele, quase perguntando o que acontecia com as aulas tradicionais e também mostrando maior interesse para os eventos da sala de aula; para o professor, o sofrimento e a angústia de tentar mudar eram compensados.

A construção do conhecimento na sala de aula

A formação do professor de Ciências tem sido um tema bastante pesquisado e os pesquisadores, apoiados em concepções de aprendizagem que podem ou não estar explícitas, certamente têm moldado os procedimentos adotados e desenvolvidos quando planejam e atuam na realidade da sala de aula.

A comunicação pedagógica que está necessariamente presente no processo de ensino e que é capaz de conduzir à aprendizagem duradoura e significativa é um processo construtivista de aprendizagem, enquanto uma construção do conhecimento científico, e sua extensão para o ensino na sala de aula. Está associado a uma corrente de pensadores tendo como característica o protagonismo do sujeito que aprende, na sua interação com a realidade que o cerca. A linguagem científica veiculada na sala de aula, como um conhecimento estabelecido socialmente, dá-se através da interação social necessária para a construção desse conhecimento com sua formalização na linguagem científica.

A relação entre o pensamento e a palavra é um processo vivo; o pensamento nasce através das palavras. Uma palavra desprovida de pensamento é uma coisa morta, e um pensamento não expresso por palavras permanece uma sombra. A relação entre eles não é, no entanto, algo já formado e constante; surge ao longo do desenvolvimento e também se modifica. (Vygotsky, 1989, p.131)

A construção do conhecimento científico é fortemente ligada ao contexto em que ele se desenvolve e o caminho percorrido nem sempre é suave e curto. Em nosso caso, a dificuldade de estabelecer o diálogo com os alunos não dependia somente da própria inércia pelo hábito de sempre escutar, mas também da resistência do professor em explorar o imprevisto das suas manifestações. Mais além do seu desenvolvimento, o sujeito que aprende precisa também reconhecer a inadequação das formas anteriores de pensar, do seu conhecimento prévio. Bachelard (1996) fala da “psicanálise do conhecimento” como o processo capaz de operar a retificação e aproximação do conhecimento científico. É assim também que nos leva a considerar o papel importante e necessário do “erro” na retificação dos conhecimentos indesejáveis ou inadequados. Com isso, a capacidade do professor em trabalhar com as concepções de senso comum, espontâneas, tomando-as como objeto de análise pelo aprendiz passa a ser condição *sine qua non*. A relação com o “erro” atinge diretamente também o professor, diante da falha de seu planejamento ou de suas previsões; no entanto, com o reconhecimento de que sua produção era efetivamente provisória, o foco era deslocado para perceber a melhoria que o “erro” poderia sugerir.

Com o diálogo pedagógico (Pacca, 2015) no ambiente de aprendizagem escolar, pode ocorrer a aproximação ao conhecimento acreditado cientificamente, ou ao conhecimento trazido pelo professor. Assim, para aprender, o aprendiz precisa expor seu pensamento e encontrar condições para o diálogo com a realidade presente – o contexto da sala de aula, o professor disposto e competente para ouvi-lo e os parceiros aprendizes. O professor também é aprendiz de um processo que se estabelece nesses moldes; a interação que deve ocorrer na sala de aula, conduzindo a reelaboração dos conceitos espontâneos, de senso comum, dos alunos, necessária para a aprendizagem significativa:

A tarefa coerente do educador que pensa certo é, exercendo como ser humano a irrecusável prática de entender, desafiar o educando com quem se comunica e a quem comunica, produzir sua compreensão do que vem sendo comunicado. Não há inteligibilidade que não seja comunicação e intercomunicação e que não se funde na dialogicidade. O pensar certo por isso é dialógico e não polêmico. (Freire, 1996, p.46)

Dentro dessa linha de pensamento, tratando da questão de ensinar e aprender, Lemke (2006) desenvolve a ideia de *assombro*, *curiosidade* e de *criatividade* dos jovens, e com isso ele apresenta propostas para a ação dos professores. Destacamos entre elas as ideias que dizem respeito à importância da linguagem para conduzir o raciocínio e a construção dos conceitos científicos, sem descuidar das

formas quantitativas de representá-los através da utilização da matemática; bem como à importância da narrativa como meio de comunicação e de aprendizagem científica e ao diálogo como meio efetivo para enfrentar as questões do mundo natural e técnico. Parece que quando os alunos mostram sinais de curiosidade pela mudança da dinâmica da sala de aula, principalmente pelos diálogos que estão sendo construídos e que de alguma forma tocam suas necessidades, de fato está sendo recuperada também sua capacidade de se relacionar com o conhecimento científico.

Para o formador interessa compreender o que estaria essencialmente na ação do professor que levaria à aprendizagem, autêntica e significativa, porque partiu de um assombro e isso tornou-se um instrumento de ação para resolver problemas reais. Parece-nos apropriado pensar num professor – dentro dessa exigência de cunho construtivista – como o que Macedo (1994) chama de “professor experimental”, aquele que constrói e direciona seu planejamento na situação vivenciada no seu dia a dia.

O programa da Fapesp para Melhoria do Ensino Público abriu um espaço importante para produzir e pesquisar a Formação Continuada de professores do ensino público; durante dez anos, entre 2002 e 2012, conduzimos um curso para estudar o trabalho desses professores na sala de aula, esperando que a transposição dos procedimentos experimentados na formação continuada pudesse ocorrer de forma natural e autêntica para a sala de aula; que o aprendizado dos seus alunos, num processo semelhante, também superasse expectativas e com resultados não planejados explicitamente. Aí estaria o motivo de uma atuação do formador com um diálogo pedagógico significativo, buscando um desempenho desejável do professor para ensinar os alunos e para aprender com eles. Trataremos aqui de relatar ações efetivamente realizadas por professores do ensino público e interpretar os resultados com os referenciais construtivistas, a respeito da construção do conhecimento e da linguagem científica, com uma possível resposta à questão: *De que forma as atividades desenvolvidas na Formação Continuada do professor podem modificar sua performance como profissional de educação científica? Que mudanças na atuação do professor são indícios da aquisição de sua performance?*

O curso para a Formação Continuada do projeto Fapesp

Tratava de produzir e aplicar o planejamento pessoal com os respectivos alunos, trazendo para uma reunião semanal as ocorrências e os resultados que o professor considerasse relevantes. Os professores, sujeitos da pesquisa, todos com larga experiência na profissão, tiveram em média duas anos de participação com seis horas semanais e com a aplicação contínua e corrente do que era planejado, para uma discussão nas reuniões com os pares. Esse processo passava por três passos principais:

- *Discussão de planejamentos pessoais* a partir de *questões orientadoras*: O que se quer com esse objetivo declarado? Qual a atividade real do aluno em

cada momento do planejamento? O que os alunos costumam realizar/responder? Como o professor dá continuidade? As questões levavam cada um a pensar no seu instrumento didático/pedagógico – o planejamento – e tomar consciência do significado da sequência e das atividades escolhidas.

- *Aplicação do plano em sala de aula*, com a tarefa de registrar as ocorrências notáveis do comportamento e da atuação dos alunos. Os registros seriam relatados no encontro seguinte e a discussão dirigida especialmente para os resultados considerados negativos – os “erros” evidenciados pelos professores. A atenção do formador era dirigida a explorar esses registros porque eles seriam a base para a apreensão dos conceitos, fossem de conteúdo específico da ciência ou da teoria de aprendizagem implícita. Esses “erros” analisados e interpretados como uma forma de pensar com algum sentido para o senso comum (Astolfi, 1999), iriam constituir-se em realimentação para a próxima aula.

- *Reelaboração do planejamento*. O planejamento passou a ser entendido como provisório e sujeito a modificações sempre que se considerassem necessárias.

Esse procedimento sistemático parece ter ajudado os professores a desenvolverem seus sensores para conduzir o plano elaborado inicialmente, para modificá-lo no que fosse necessário e possível, sem perder a orientação para o conteúdo planejado e ter garantido algum conforto para si com a consciência de que a aprendizagem estava ocorrendo. O papel do formador na condução dos encontros era o de orientar a discussão a partir de critérios pedagógicos coerentes com uma concepção construtivista de aprendizagem (Macedo, 1994) e envolver efetivamente o grupo de profissionais em formação continuada, exercendo a atividade profissional no seu dia a dia. O curso esperava e estimulava oportunidades de utilizarem suas capacidades individuais, seus estilos e suas preferências. As sugestões consideradas interessantes e os relatos de ocorrências da sala de aula que começavam a se tornar relevantes passavam a constituir um acervo pedagógico aberto para todos.

O perfil do profissional professor

As teorias que tratam do perfil profissional do professor são consideradas quando se pensa a sua formação. A formação permanente ou continuada tem sido particularmente estudada, porque ela poderia trazer frutos imediatos para questões prementes do Ensino Médio atual, por tratar de um profissional já engajado na tarefa de ensinar, usando o que ele já sabe e muitas vezes valendo-se do que aprendeu como aluno ou com professores. Entre os autores mais citados, Schön (1987) traz a ideia do professor reflexivo; na sua visão, a competência do professor, que está relacionada com sua conduta frente aos problemas da sala de aula, exige um comportamento de reflexão em vários níveis ou momentos da ação efetiva – o professor reflete na ação, mas também sobre a ação. Ele reconhece a dificuldade para enfrentar e compreender os problemas do professor no seu trabalho cotidiano e focaliza dois aspectos na análise dos problemas: o conhecimento profissional e a consciência de zonas mal definidas da prática.

Há zonas indeterminadas da prática – tal é o caso da incerteza, a singularidade e o conflito de valores que escapam aos cânones da racionalidade técnica. Quando uma situação problemática é incerta, a solução técnica do problema depende da construção prévia de um problema bem definido – o que em si mesmo não é uma tarefa técnica. (Schön, 1992, p.79-91)

Partindo dessas premissas ele se refere à falta de conexão entre o conhecimento profissional que prevalece nas escolas profissionais e aquelas competências que se exigem aos práticos no terreno da realidade. Alguns professores são melhores do que outros na hora de resolver uma situação difícil e sobre isso parece não haver dúvida; entretanto, para os pesquisadores isso não parece ter o devido peso para constituir uma fonte de indagações na crise do conhecimento e da preparação profissional; isto é, apesar de reconhecerem que existem alguns desempenhos profissionais que são superiores a outros, não conseguem captar aquilo que escapa do que admitem como modelo dominante do conhecimento profissional.

Não se diz de um prático que se destaca que tem mais conhecimento profissional que outro, mas que tem mais sabedoria, talento, intuição, arte. Lamentavelmente, termos deste tipo não servem para abrir um processo de indagação mas para concluí-lo, já que se utilizam como categorias inoperantes que denominam fenômenos que eludem as estratégias normais de explicação. (Schön, 1992, p.79-91)

Como então avaliar esses atributos e como formá-los nos professores? Como então colocar a questão da relação entre a competência na prática e o conhecimento profissional? O autor propõe que, em vez de perguntar como fazer um melhor uso do conhecimento científico devemos perguntar o que podemos aprender com um exame detido e minucioso da arte, da competência pela qual na realidade os práticos são capazes de manejar as zonas indeterminadas da prática, independentemente daquela outra competência mais objetiva e transparente que se pode relacionar com a racionalidade técnica: o que significa e como se apresenta o talento, a arte, a sabedoria, a intuição do professor que se destaca na sua profissão?

Uma maneira de interpretar essas ideias é apontar para a diferença entre o desejo de ensinar e a habilidade docente, sendo esta última a síntese consciente da capacidade profissional adquirida ao longo da formação e a primeira o envolvimento parcialmente inconsciente na busca da aprendizagem dos seus aprendizes. Apesar de não poder ter um controle de seu desejo de ensinar, o professor pode aprimorá-lo na medida de sua escuta das necessidades pessoais, profissionais e sociais dos aprendizes.

Zeichner (1992) parece concordar em grande parte com Schön (1998), quanto aos aspectos mais subjetivos que ultrapassam a racionalidade técnica e se mostram inacessíveis ou não aparecem explicitamente ou com a ênfase devida nos projetos de intervenção na formação do professor. Ele define três atributos que podem caracterizar o perfil do professor competente, engajado nos proble-

mas reais e conduzindo a aprendizagem significativa, que dá conta do conteúdo científico com suficiente rigor e prepara os estudantes para a cidadania. Esses atributos que se refletem nas atitudes presentes numa ação reflexiva são: a *abertura intelectual* (atender a mais de um ponto de vista, com a questão: *porque fazem o que fazem?*), a *responsabilidade* (consideração cuidadosa das consequências às quais a ação conduz além da utilidade imediata, com a questão: *de que maneira funciona e para quem?*) e a *sinceridade* (sobre a própria aprendizagem, com a questão: *ele sabe fazer e avaliar seu significado e consequências incertas?*).

Trata-se de encontrar a condição para a tomada de decisões num momento particular e às vezes surpreendente, dentro de um processo que é dinâmico e que não pode e não deve ser interrompido; isto é, não há muito tempo para pensar enquanto a aula transcorre. A arte estaria aí presente e seria caracterizado o bom professor aos olhos dos estudantes e da sociedade que quer formar sujeitos também competentes.

O processo de ensino e aprendizagem já é bastante estudado e conhecido e são propostas estratégias que prometem situações adequadas para o desenvolvimento de um planejamento pedagógico efetivo, no que concerne à aprendizagem significativa, e que seja bem-sucedido. Algumas dessas propostas têm se mostrado bem-sucedidas em casos muito particulares e pontuais, mas a questão que logo se tornou crucial é que elas não chegam à sala de aula e o professor não muda essencialmente sua atuação e principalmente sua relação com a concepção adequada de ensinar e aprender. O fato é que a natureza do conhecimento científico, estruturado em modelos, exige uma linguagem complexa e de difícil domínio, tornando difícil avaliar a manifestação ou intervenção inesperada de um aluno. No final das contas parece que a ideia da racionalidade técnica ainda continua a dominar na capacitação do professor, seja na formação regular, seja na contínua, com as propostas para a Formação Continuada ainda longe de tocar no desenvolvimento do “talento”, da “arte”, do “saber”, e de outros atributos que poderiam caracterizar o bom profissional.

É preciso saber como o professor de Física tem sido formado e qual é a função esperada do seu trabalho. Resta a questão: *que formação seria então necessária para o professor ter sucesso na sala de aula e ser capaz de entender os caminhos propostos para atuar na prática?* De qualquer forma, parece um desafio ainda não superado pelas pesquisas na formação de professores a articulação entre a formação inicial e continuada que contemple aprendizagens marcantes tanto conceituais, quanto experienciais, principalmente envolvendo atuações em grupos e colaborativas; com isso o professor poderá ser capaz de promover a objetividade da argumentação dos seus alunos e também a persistência na defesa e transmissão das experiências e valores.

O professor deve estar sempre ensinando e aprendendo com seus alunos e precisa continuamente reformular sua aula, na direção da necessidade dos que estão aprendendo, em cada momento. O planejamento é o seu instrumen-

to de trabalho e a garantia de acompanhar essa transformação na direção da construção do conhecimento programado. Então a atualização do professor é permanente se ele quer dar conta, no mundo em transformação constante, da aprendizagem dos alunos. Isso exige que a flexibilidade seja uma característica necessária desse instrumento pedagógico, agora resignificado dentro de propósitos construtivistas. O professor preocupado com a aprendizagem dos seus alunos estará sempre diante de incertezas e de riscos e os aprendizes sempre diante de novidades e à procura de respostas diante das interessantes surpresas do desconhecido. Os cursos de Formação Continuada são o espaço adequado para a atualização profissional do professor, revendo sua prática, interagindo com seus pares e compartilhando resultados de pesquisas acadêmicas.

A sala de aula é o espaço onde deve ocorrer o diálogo real, com suas características parcialmente previsíveis e com toda sorte de novidades e situações inesperadas na interação pedagógica, que deve ser sempre majorante. Mais ainda, o diálogo com os aprendizes – com cada indivíduo e com o coletivo – precisa envolver todos os sujeitos presentes. O diálogo tem, para o professor, o propósito de ouvir os alunos e ao mesmo tempo de conduzir a aprendizagem. Nesse espaço seria a bússola do timoneiro frente às dificuldades dos aprendizes. “É necessário aprender a navegar num oceano de incertezas através de arquipélagos de certezas” (Morin, 2002, p.19).

Referências

- ASTOLFI, J. P. *El “error”, un medio para enseñar*. Sevilla: Diade Editoras S.L., 1999.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- FREIRE, P. *Extensão ou comunicação?* Trad. Rosisca Darcy de Oliveira. São Paulo: Paz e Terra, 1977.
- _____. *Pedagogia da autonomia*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- LEMKE, J. L. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, v.24, n.1, p.5-12, 2006.
- MACEDO, L. *Ensaio construtivistas*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994
- MORIN, E. *Os sete saberes para a educação do futuro*. Lisboa: Edições Piaget. Horizontes Pedagógicos, 2002.
- PACCA, J. L. A. Construção do conhecimento na sala de aula. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.20, n.3, p.131-50, 2015.
- PACCA, J. L. A.; VILLANI, A. Estratégias de ensino e mudança conceitual na atualização de professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v.14, n.4, p.222-8, 1992.
- PEF- PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA-IFUSP. Brasília: Fename, 1976.
- PSSC-Física. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1963. 4v.

- ROSA, F. T.; DALLABRIDA, N. História da Educação. *Escola Secundária* (Online), Porto Alegre, v.20 n.50, 2016.
- SCHÖN. D. A. *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass, 1987.
- _____. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.) *Os professores e sua formação*. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p.79-91.
- _____. *El profesional reflexivo*. Como piensan los profesores cuando actúan. Barcelona: Paidós, 1998.
- VIENNOT, L. *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris: Hermann, 1979.
- _____. *Enseigner la Physique*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- VILLANI, A.; PACCA, J. L. A. Un curso de actualización y cambios conceptuales en profesores de Física. *Revista Enseñanza de las ciencias*, v.14, n.1, p.25-33, 1996.
- VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. Trad. Jefferson Luiz Camargo. São Paulo. Martin Fontes, 1989.
- ZEICHNER, K. El maestro como profesional reflexivo. *Cuadernos de Pedagogía*, n.220, p.44-9, 1992.

RESUMO – A Formação Continuada do Professor de Física chega ao presente ainda sem procedimentos eficazes e adequados. Ela teve início efetivamente na década de 1960 quando se percebeu que o ensino das Ciências não ia bem; seu objetivo era treinar os professores nos projetos de ensino que eram produzidos. Posteriormente, percebeu que essa formação devia ser entendida como atualização dos professores, mas chegou aos nossos dias sem resolver os problemas educacionais que continuam a aumentar. Tendo em vista o progresso científico e tecnológico crescente, deveria dar conta de fatores essenciais para a constituição do perfil desejável do professor. O artigo considera três fatores para a formação continuada: a passagem do treinamento nos projetos para a atualização dos professores, o processo de ensino para a aprendizagem significativa e a construção da competência profissional.

PALAVRAS-CHAVE: Formação continuada, Diálogo pedagógico, Atualização profissional, Competências do professor de Física.

ABSTRACT – The current situation of the Program for the Continuous Training of Physics teachers still lacks efficient and adequate procedures. It started effectively in the 1960s, when it was ascertained that the teaching of Science was not satisfactory; the Program's objective was to train teachers capable of taking the new Science projects to the classrooms. The next step were specific training initiatives for the teacher development but these Projects have failed to solve the growing educational problems. In view of the increasing scientific and technology progress, this training should be able to provide a desirable teacher profile. This article discusses three factors of ongoing retraining: the passage from training project to teacher redevelopment, and from the teaching process to significant learning, and the building of professional competence.

KEYWORDS: Continuous education, Pedagogical dialogue, Professional update, Physics teacher competences..

Jesuína Lopes de Almeida Pacca é livre-docente, professora associada aposentadas do Instituto de Física da Universidade de São Paulo e professora sênior no Departamento de Física Aplicada da USP. @ – jepacca@if.usp.br

Alberto Villani é livre-docente, professor associado aposentado do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, professor sênior no Departamento de Física Aplicada da USP. @ – avillani@if.usp.br

Recebido em 6.8.2017 e aceito em 10.9.2018.

^{1 e 11} Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Uma análise crítica do ensino de Física

MARCO ANTONIO MOREIRA¹

Introdução

A PESQUISA em ensino de Física no Brasil tem longa tradição e é reconhecida internacionalmente. Encontros nacionais de pesquisa em ensino de Física são realizados desde a década de 1980. A pós-graduação em ensino de Física também existe desde essa época, assim como revistas de pesquisa em ensino de Física ou em ensino de Ciências onde podem ser publicados artigos de pesquisa em várias áreas.

Além da pesquisa em ensino de Física, outras atividades como simpósios, oficinas, projetos, livros e demais materiais foram desenvolvidos desde o surgimento e consolidação de uma área de ensino de Física. Grandes professores pesquisadores e produtores de recursos instrucionais deixaram sua marca no ensino de Física no Brasil.

Paradoxalmente, no entanto, esse ensino está em crise. A carga horária semanal que chegou a 6 horas-aula por semana, hoje é de 2 ou menos. Aulas de laboratório praticamente não existem. Faltam professores de Física¹ nas escolas e os que existem são obrigados a treinar os alunos para as provas, para as respostas corretas, ao invés de ensinar Física. A interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade são confundidas com não disciplinaridade e tiram a identidade da Física. Os conteúdos curriculares não vão além da Mecânica Clássica e são abordados da maneira mais tradicional possível, totalmente centrada no professor, baseada no modelo de narrativa criticado por Finkel (1999), na educação bancária de Freire (2007), no comportamentalismo de Skinner (1972). O resultado desse ensino é que os alunos, em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender Física, como seria esperado para uma aprendizagem significativa, geram uma indisposição tão forte que chegam a dizer, metaforicamente, que “odeiam” a Física.

Mas por que tudo isso? Por que esse ensino?

Certamente, são muitas as razões, das quais salienta-se, de imediato, a desvalorização da carreira docente na Educação Básica no Brasil. No discurso, a educação é sempre prioritária; na prática, as condições do trabalho, em muitos casos, são vergonhosas. Baixos salários, muitos alunos, elevada carga horária semanal, falta de apoio na formação continuada, currículos que não passam de uma lista de conteúdos a serem cumpridos, preparação dos alunos para a testagem.

Não é o caso do Ensino Superior cujas condições de trabalho, em geral, são muito boas. Mas o ensino de Física nesse nível é tradicional, centrado no docente, na memorização de fórmulas a serem aplicadas na resolução de problemas conhecidos. Com esse ensino, os estudantes só querem passar e usar a regra “matéria passada matéria esquecida”.

Mas aqui serão abordados, criticamente, apenas alguns aspectos do ensino de Física, na Educação Básica e Superior, na visão do autor, a partir de sua experiência como professor de Física, no Ensino Médio e no Superior, durante cinquenta anos, como coordenador de pós-graduação e orientador de muitas dissertações e teses em ensino de Física, como integrante de comissões nacionais e internacionais em educação e ensino, como editor de revistas em ensino de Física e de ciências de modo geral.

A pesquisa básica

O impacto da pesquisa básica em ensino de Física na sala de aulas de Física é muito pequeno, praticamente nenhum. Os resultados dessa pesquisa são publicados em revistas destinadas a pesquisadores, aos pares. Professores não participam dessa pesquisa e não leem os artigos publicados nessas revistas. Algumas pesquisas são feitas na escola, na sala de aulas, mas apenas para gerar dados para uma dissertação, para uma tese, para um projeto específico. Uma vez feita a coleta de dados, nada muda no ensino de Física no contexto dessa coleta.

Professores não participam da pesquisa em ensino de Física, não se sentem pesquisadores, não recebem apoio institucional para serem professores pesquisadores. Mas sem sua participação os resultados da pesquisa básica em ensino de Física nunca chegarão ao ensino de Física propriamente dito. Um paradoxo!

Outro aspecto crítico da pesquisa básica em ensino de Física é que muitas vezes essa pesquisa não tem Física. São muitas as publicações nessa área que estariam mais bem situadas na educação, na psicologia, na sociologia, pois nelas a Física parece irrelevante.

A pesquisa aplicada

Diferentemente da pesquisa básica, dirigida à produção de conhecimentos, a pesquisa aplicada é focada em questões práticas que buscam prover soluções relativamente imediatas. Em princípio, essa pesquisa poderia contribuir muito para melhorar o ensino de Física na medida em que se ocupasse de problemas específicos desse ensino e envolvesse professores de Física.

No entanto, essa pesquisa estaria mais perto da produção técnica, por exemplo, de recursos instrucionais como textos de apoio, aplicativos, sequências didáticas, materiais de laboratório. Porém, no contexto acadêmico e na pós-graduação, a produção técnica vale bem menos do que a produção dita intelectual, ou seja, os *papers* publicados em revistas bem indexadas.

A pesquisa translacional

O termo translacional sugere que resultados de pesquisa existem, estão

à mão, mas devem ser traduzidos à linguagem da prática. Como foi dito antes, o impacto da pesquisa básica no ensino de Física é muito pequeno, quase inexistente. Mas os resultados dessa pesquisa estão publicados e muitos deles poderiam ser trazidos à sala de aulas, ou seja, transladados à prática ao invés de ficarem restritos à academia. Nessa translação a participação dos professores seria indispensável, porém não há apoio institucional para isso.

As publicações

Conhecimentos produzidos e não publicados não existem. A publicação é importante para o crescimento de qualquer área, mas, hoje, vive-se uma cultura publicacionista na qual o que vale são os artigos publicados em revistas “bem indexadas” e com alto “factor de impacto”. A publicação está trivializada, comercializada e até mesmo predatória. Na ciência, esse publicacionismo está acabando com a criatividade, porque pesquisadores não se arriscam em projetos que podem não gerar *papers*, e está originando uma falsa ciência, pois muitos resultados publicados não são reproduzíveis.

Nas universidades, os professores são avaliados por suas publicações no contexto dessa cultura publicacionista. Seu ensino recebe pouca ou nenhuma atenção, mas são eles que participam muito da formação de professores para a escola. Na Física também é assim. O que importa são as publicações em revistas de “alto impacto”. O ensino é obrigação e é conduzido de um modo tão tradicional que *é pior do que ineficiente, é anticientífico* (Wieman, 2013).

O que esperar de professores de Física da Educação Básica que são formados em uma abordagem anticientífica? Não muito, infelizmente. Provavelmente ensinarão do modo como foram ensinados. O ensino de Física (e de STEM: Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) deve ser modificado radicalmente e ser valorizado no contexto universitário.

A testagem

Outro sério problema para do ensino de Física, e de outras disciplinas, é a testagem, ou seja, a preparação para a testagem. Professores devem preparar os alunos para a testagem, para as provas, para as respostas corretas a serem reproduzidas em exames locais, nacionais e internacionais. Internacionalmente já está consagrado o termo *teaching for testing*. Um absurdo, os professores são treinadores e as escolas são centros de treinamento. As melhores escolas são aquelas que aprovam mais alunos nos testes. Uma visão comportamentalista, mercadológica, massificadora. Todos os estudantes devem ser treinados para “passarem” nas mesmas provas nacionais e internacionais. Professores que não ensinam para a testagem têm a atenção chamada pela direção da escola. Na Física, os alunos sofrem esse ensino para a testagem, passam nos testes, mas chegam à universidade como se não tivessem estudado Física no Ensino Médio. O mesmo ocorre com outras disciplinas. O ensino para a testagem não é ensino, é só treinamento para respostas de curto prazo.

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)

É óbvio que, no contexto atual, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) deveriam permear o ensino de Física. Mas isso não acontece. Como já foi destacado, esse ensino é o mesmo de sempre: aulas expositivas e listas de problemas, quadro-de-giz (*slides* em *PowerPoint* é a mesma coisa), livro de texto único (ou apostila única), conteúdos desatualizados, aprendizagem mecânica (“decoreba”) de fórmulas e respostas corretas.

Simulações computacionais, modelagem computacional, laboratórios virtuais deveriam estar naturalmente integrados ao ensino de Física no século XXI. Celulares também poderiam fazer parte dessa tecnologia que deveria permear o ensino de Física nos dias de hoje. Mas não é assim. É claro que a escola pode não ter a instrumentação necessária, mas a principal razão da não incorporação das TIC no ensino de Física na atualidade é o foco no treinamento para as provas, a ênfase nas “respostas corretas”, no emprego de fórmulas para resolver problemas conhecidos. Isso é ensino de Física? Certamente não!

A formação de professores

Professores de Física são essenciais no ensino de Física. Mas suas condições de trabalho não lhes permitem buscar um verdadeiro ensino que conduza a uma verdadeira aprendizagem de Física. Por outro lado, sua formação em Física é fraca. Além de serem formados com o ensino tradicional, das aulas expositivas e listas de problemas, têm pouca Física na graduação, quase nada de Física moderna e contemporânea. No seu ensino, não passam da Física clássica, iniciando com a Cinemática, na qual os alunos começam a não gostar da Física.

Contudo, “mais Física” não significa mais conteúdos a serem decorados, memorizados mecanicamente. É preciso pensar em como ensinar esses conteúdos, é preciso dar atenção à didática específica, à transferência didática, a como abordar a Física de modo a despertar o interesse, a intencionalidade, a predisposição dos alunos, sem os quais a aprendizagem não será significativa, apenas mecânica para “passar”,

A modelagem está na base da Física, conceitos são muito mais importantes do que fórmulas, aprender a perguntar em Física é mais importante do que saber respostas corretas. As melhores pesquisas decorrem das melhores perguntas. Tudo isso é Física e deveria estar na formação de professores. Mas não está, e o resultado é que a Física na Educação Básica, particularmente no Ensino Médio, é ensinada como se as teorias físicas fossem acabadas, como se as respostas às perguntas da Física fossem definitivas, como se os conceitos físicos fossem apenas definições. Isso não é Física, mas no ensino é abordada como se fosse.

Física e cidadania

A Física permeia a vida dos seres humanos. Está na base das Tecnologias de Informação e Comunicação, da engenharia, das técnicas de diagnósticos e tratamento usadas na medicina. A Física tem modelos e teorias que explicam

grande parte do mundo físico em que vivemos. Biologia, Química, Neurociência e outras áreas científicas usam conceitos, princípios, modelos e teorias derivados da Física. Então, aprender Física é um direito do ser humano. Uma pedagogia libertadora deve resgatar o ser humano do senso comum, das interpretações ingênuas, do conformismo acrítico (Moreira, 2017)

A Física diz não ao senso comum, às interpretações ingênuas, à aceitação cega de modelos e teorias. As interpretações físicas nunca são definitivas. A Física está permanentemente buscando melhores modelos e teorias para explicar o Universo, desde perspectivas subatômicas até macrocósmicas.

Infelizmente, não é essa a Física ensinada na escola. A educação da qual o ensino de Física faz parte não estimula o ensino para a cidadania, sim para a testagem.

As situações

Outro problema de ensino de Física, relacionado à questão da cidadania, é o uso de situações-problema que façam sentido para os alunos. *São situações que dão sentido aos conceitos e a conceitualização está no âmago desenvolvimento cognitivo* (Vergnaud, 1990). As primeiras situações devem integrar o contexto do aluno. Novas situações devem ser introduzidas em níveis crescentes de complexidade. É um erro começar a ensinar sem usar situações que tenham sentido para os alunos, uma falha bastante comum no ensino de Física.

Esse erro é também cometido, em larga escala, no Ensino Superior no qual a Física, e também a Matemática, para futuros engenheiros, por exemplo, é ensinada sem usar situações da Engenharia. Chega-se ao absurdo de que estudantes de Engenharia não percebem a importância da Física para sua carreira e querem apenas “passar”, verem-se “livres” da Física. O mesmo ocorre com a Matemática, particularmente no ensino de Cálculo. No entanto, Física e Matemática fazem parte do STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), uma tendência forte internacional que busca valorizar, estimular, redefinir o ensino e a integração de disciplinas dessa área.

Voltando aos conceitos, e parafraseando Vergnaud, poderíamos dizer que *a conceitualização está no âmago da Física e na aprendizagem da Física*. Portanto, as situações propostas e trabalhadas no ensino da Física devem fazer sentido para os alunos. É claro que situações abstratas, complexas, também devem ser trazidas ao ensino, mas no momento apropriado.

Concluindo

A proposta deste artigo foi a de fazer uma análise crítica de ensino de Física no Brasil, a partir da larga experiência do autor nesse ensino, em nível Médio e Superior, assim como em pesquisas, pós-graduações, coordenações, comissões, publicações, editoriais nessa área.

Como foi destacado ao longo do texto, a Física está na base da tecnologia e o conhecimento físico é importante para a cidadania. A Física tem conceitos,

perguntas, modelos, teorias que não são definitivos, mas que geram asserções de conhecimento altamente relevantes para o mundo de hoje. Além disso, aprender Física pode levar ao desenvolvimento de processos cognitivos, de uma consciência epistemológica e crítica.

No processo ensino-aprendizagem, em uma perspectiva humanista, pensamentos, sentimentos e ações estão integrados e essa integração pode ser positiva, levando ao engrandecimento do aprendiz, ou negativa, gerando uma indisposição em relação à matéria de ensino.

Infelizmente, o ensino de Física, de um modo geral, leva a uma integração negativa de pensamentos, sentimentos e ações, na qual os alunos não gostam da Física e, quando possível, evitam-na, uma vez que apenas desejam passar nas provas, repetindo nelas, mecanicamente, “o que foi dado em aula”. Uma lástima!

O que fazer? Como sair dessa pedagogia opressora? Um grande desafio? Não se pode pensar em ensino e aprendizagem sem levar em conta o currículo e o contexto (meio social). Ensino (professor), aprendizagem (aluno), currículo (conhecimento) e contexto (meio social) são os chamados lugares comuns da educação (Schwab, 1973) e estão interligados. Então, fica difícil, ou sem sentido, sugerir melhorias, mudanças no ensino buscando uma aprendizagem significativa, sem considerar integradamente esses lugares comuns da educação.

Apesar disso, conclui-se este trabalho com menção a alguns grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea:

- Abandono do ensino tradicional, centrado no professor “dando a matéria”, em favor de um ensino centrado no aluno, na aprendizagem ativa e significativa, na qual os alunos trabalham em pequenos grupos com a mediação do professor que os ajuda a aplicar conceitos e procedimentos físicos em situações que lhes façam sentido. Isso não exclui que em determinados momentos o professor faça breves apresentações e explicações ao grande grupo.

- Desenvolver competências científicas e tecnológicas como modelagem, argumentação a partir de evidências, validação e comunicação de resultados, fazendo uso intensivo de tecnologias de informação e comunicação, por exemplo, na simulação e modelagem computacionais e em laboratórios digitais.

- Na pesquisa em ensino, dar mais atenção à pesquisa translacional com participação de professores em serviço, ativos no ensino de Física na escola. Estimular a pesquisa em ensino dirigida a problemas reais da sala de aulas e apoiar a participação de professores nessa pesquisa. Valorizar a produção técnica.

- Não aceitar passivamente o ensino para a testagem. Física é muito mais do que fórmulas e respostas corretas. Ensino para a testagem é treinamento, é comportamentalismo, aquele em que o aluno deve dar a “resposta correta”, ou seja, apresentar o comportamento esperado sem entrar na questão do sentido e do significado.

- Mudar o currículo e o ensino na graduação em Física de modo que tenha mais Física, porém de uma perspectiva contemporânea, conceitual, epistemológica e de transposição didática. De nada serve apenas acrescentar novas disciplinas de Física na óptica de aulas expositivas e listas de problemas.

- Atualizar o currículo de Física do Ensino Médio, incorporando tópicos de Física moderna e contemporânea, não apenas para constar na lista de conteúdos, mas sim para que seja ensinada a Física de hoje usando situações da vida real, uma Física para a cidadania.

Não seria difícil acrescentar outros desafios para o ensino de Física na educação contemporânea. No entanto, os que foram apresentados são suficientes para conscientizar professores, gestores, pesquisadores de que esse ensino deve ser radicalmente modificado, sem perder a Física.

Como foi dito na introdução deste artigo, o ensino de Física tem longa tradição no Brasil. Muitas pesquisas foram feitas, muitas pós-graduações foram criadas, muitos recursos instrucionais foram produzidos e grandes professores pesquisadores dedicaram sua vida acadêmica a esse ensino deixando nele a sua marca.

Mas tudo isso parece ter sido obliterado por uma educação mercadológica, comportamentalista, treinadora para provas nacionais e internacionais. Certamente devem existir exceções em alguns contextos educativos do país, porém o mais comum é o ensino para testagem, ainda que maquiado com outras atividades. E a sociedade aceita passivamente, acriticamente, essa educação.

Nota

I Neste texto os termos professor e aluno serão usados sem nenhuma alusão a gênero.

Referências

FINKEL, D. *Teaching with your mouth shut*. Portsmouth, NH: Boynton/Cook Publishers, 1999.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia*. 36.ed. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

MOREIRA, M. A. The relevance of physics knowledge for citizenship and the incoherence of physics teaching. In: LEITE, L.; DOURADO, L.; AFONSO, A. S.; MORGADO, S. *Contextualizing teaching to improve learning*. New York: Nova Science Publishers, 2017.

SCHWAB, J. The practical 3: translation into curriculum. *School Review*, v.81, n.4, p.501-22, 1973.

SKINNER, B. F. *Tecnologia do ensino*. São Paulo: Herder, 1972.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v.10, n.23, p.133-70, 1990.

WIEMAN, C. Grand challenges in science education. Transformation is possible if a university really cares. *Science*, v.340, p.292-306, April 2013.

RESUMO – A área de ensino de Física no Brasil tem longa tradição. A pesquisa e a pós-graduação em ensino de Física existem há décadas, assim como eventos nacionais da área. Muitos recursos instrucionais e projetos em ensino de Física já foram desenvolvidos. Revistas e publicações nessa área confirmam sua existência e consolidação. Paradoxalmente, no entanto, nos dias de hoje, o ensino de Física no Brasil está em crise, desatualizado, minimizado, desvalorizado. Este texto analisa criticamente vários aspectos desse ensino que levaram a essa crítica e apresenta alguns desafios a serem enfrentados para reverter tal situação e recuperar o ensino de Física no país. Sempre a partir da visão pessoal do autor e de sua larga experiência na área.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física, Ensino para testagem, Ensino para cidadania.

ABSTRACT – The area of Physics teaching in Brazil has a long tradition. Research and graduate programs in Physics teaching, as well as national conferences, have existed for decades. Many instructional materials and projects in Physics teaching have already been developed. Journals and publications in this area confirm that it exists and is consolidated. Paradoxically, however, nowadays Physics teaching in Brazil is in a serious crisis, outdated, minimized, underestimated. This text analyzes, critically, several aspects of Physics teaching that led to this crisis and presents some challenges that must be faced to change the situation and redeem Physics teaching in Brazil. The views presented here are always the author's personal outlook and derive from his extensive experience in this area.

KEYWORDS: Physics teaching, Teaching for testing, Physics for citizenship.

Marco Antonio Moreira é professor do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). @ – moreira@if.ufrgs.br

Recebido em 16.8.2018 e aceito em 3.9.2018.

¹ Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Dimensões a considerar na pesquisa com dispositivos móveis¹

MARCELO ALMEIDA BAIRRAL¹

Introdução

A HISTÓRIA da humanidade é continuamente impregnada e remodelada pela criação, utilização, apropriação e reconfiguração de tecnologias. Continuamente criamos tecnologias, e elas, sinergicamente, nos redimensionam. Desde o seu nascimento, o pequeno humano pensante se constitui através de línguas, de máquinas, de sistemas de representação que estruturam sua experiência (Lévy, 1993, p.161).

O surgimento da internet e o avanço acentuado de suas possibilidades promoveram uma expansão sem precedentes das fronteiras da cognição e da comunicação humana. No encontro entre matemática, física, biologia, psicologias, filosofia, antropologia, sociologia, educação, comunicação e artes, as neurociências passam a fascinar pessoas pela possibilidade de compreensão dos mecanismos das emoções, pensamentos e ações, doenças e loucuras, aprendizado e esquecimento, sonhos e imaginação, fenômenos que nos definem e constituem (Ribeiro, 2013). Esses, dentre outros, são objetos de preocupação ou reconfiguração ao longo de nossa história.

Nossa mente, nosso corpo e o ambiente físico trabalham em constante sinergia (Moore-Russo; Viglietti, 2014). Nos espaços físicos pelos quais circulamos, lidamos² com recursos tecnológicos, cognitivos, culturais etc. Alguns desses dispositivos³ são o *smartphone* ou o *tablet*, que trazem, além da mobilidade (característica de outros artefatos, o telefone sem fio, por exemplo), a convergência (várias possibilidades midiáticas em um só recurso) e a ubiquidade (a possibilidade de navegar por vários espaços graças à conectividade). Podemos também pensar na mobilidade virtual (Lemos, 2009) e até mesmo colocar nossa existência associada ao movimento, ao deslocamento e não à lógica cartesiana, na qual nossa existência está associada à premissa do pensamento.

Os Dispositivos Móveis com Toques em Tela (DMcTT), ao se constituírem numa extensão do nosso corpo, nos atravessam, e nós também os atravessamos. Com eles construímos (in)conscientemente nossas formas de ser, de estar, de nos mover, não necessariamente em nossa dimensão corporal física. Passamos a constituir corpos com tecnologias e tecnologias com corpos (Ihde, 2002).

Neste artigo⁴ ilustro seis dimensões⁵ (contemporaneidade, sociotécnica, neurocognitiva, perceptivo-afetiva, discursivo-comunicativa, político-pedagógica) que podem ser consideradas quando DMcTT entram em cena em processos de ensino, de aprendizagem ou de pesquisa na educação científica, tecnológica e matemática. As dimensões não são campos estanques ou excludentes. As reflexões aqui tecidas constituem *traços* com *compassos* de um educador matemático.⁶

Dimensão da contemporaneidade: dispositivo, mobilidade e territorialidade

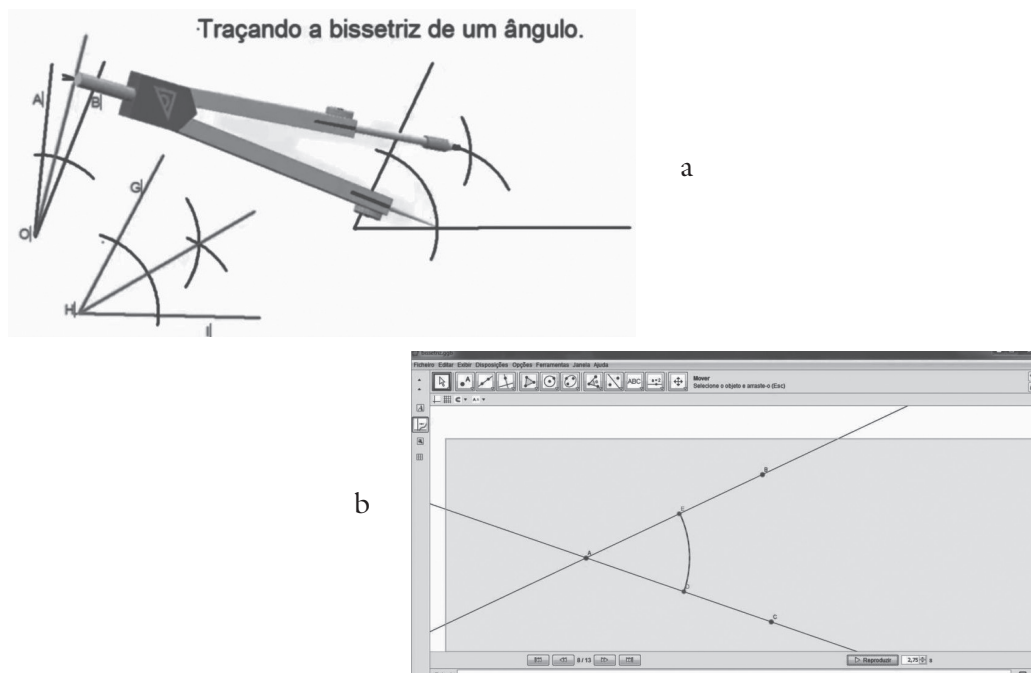
Atualmente, quando se fala em tecnologia móvel, é comum pensarmos apenas em celular ou *tablet*. Lembre-se de que temos o copo, a caneta e recursos didáticos como o compasso, a tábua de logaritmos e o transferidor, por exemplo. São tecnologias móveis e, guardadas as suas especificidades, começarei a refletir sobre a singularidade da mobilidade, articulada às ideias de fronteira e de território.⁷

Somos sujeitos contemporâneos (Agamben, 2009). A mobilidade não é uma característica apenas do nosso tempo. Além do mais, ela não existe sem a imobilidade. Uma pressupõe a outra (Lemos, 2009). Portanto, a mobilidade é contemporânea, pois ela constitui uma preocupação humana recorrente, uma reflexão sobre um tempo em que, muitas vezes, o presente não pode ser o hegemônico. Então, contemporâneo não é necessariamente o atual, o novo. Pensar no contemporâneo é pensar no sujeito que transita em diferentes tempos, sem necessariamente colocar o presente como determinante de suas ações. Um sujeito contemporâneo é o que mantém fixo o olhar no seu tempo para nele perceber não as luzes, mas o escuro (Agamben, 2009).

A ideia de dispositivo também não é recente. Aparentemente ela passa a ser usada como nova. Agamben (2009), a partir das relações de poder de Foucault, considera dispositivo como qualquer conjunto heterogêneo (linguístico ou não linguístico) que entra em nossa vida e transforma as relações e os discursos dos seres vivos. O tempo (não necessariamente físico, do relógio) e a política são exemplos de dispositivos. Também há dispositivo oriundo de um discurso militar. Um dispositivo de natureza tecnológica, por exemplo, analisa como estão dispostas as partes de um mecanismo em uma máquina ou o próprio mecanismo em si. Então, a reflexão sobre o que é um dispositivo, de como ele entra e interfere nossa vida e em nosso modo de pensar seria refletir sobre obscuridades em nossa trajetória.

A novidade de um dispositivo móvel traz luz, mas também gera sombras. Esses sombreamentos projetam-nos em tempos e espaços diferentes, singulares, complexos. Por conseguinte, articulada à característica mobilidade, trarei a noção de fronteira(s), de território(s). Ambas são preocupações que perpassam nossa história (Augé, 2010). A ideia de fronteira não é recente. Podemos agora orientar-nos a pensar o que é a mobilidade no nosso tempo, sem esquecer o passado e podendo projetar um olhar para o futuro.

Embora o compasso e o transferidor tenham feito parte da vida estudantil de alguns de nós, atualmente temos outras formas de realizar construções e medições de ângulos ou de outros objetos matemáticos. Uma delas é o Ambiente de Geometria Dinâmica (AGD) denominado GeoGebra.



Fonte: Google pictures.⁸

Figura 1 – (a) Construção de bissetriz com o compasso; (b) com o GeoGebra.

Dispositivos distintos contribuem, diferentemente, em nosso aprendizado. Interagindo com eles, seguimos procedimentos ou conceitos já constituídos ou geramos outros. Na verdade, o grande desafio é produzir novos conceitos matemáticos. Sim, é possível! Por exemplo, as operações com medida de ângulos usando graus, minutos e segundos não devem mais fazer parte do currículo escolar. Um ambiente de geometria dinâmica (AGD), o GeoGebra, por exemplo, nos fornece essas medidas e não usa somente valores inteiros para ângulos. Portanto, a realização de operações não precisa mais constar no planejamento, mas a medição e a comparação, certamente, serão reconfiguradas. Ao invés de calcular, o que podemos fazer será interpretar e analisar medidas variadas. Além do mais, construir apenas uma bissetriz com o GeoGebra, conforme ilustrado na Figura 1b,⁹ é explorar muito pouco desse recurso, que permite ao usuário realizar e analisar diferentes construções, conceitos, propriedades e estabelecer relações.

O compasso, embora possa ser constantemente aberto e fechado, é um dispositivo sem mobilidade. Um AGD usado em um *desktop*, apesar de cons-

truções com movimentos variados, também não a possui. Todavia, um AGD usado em um *smartphone* dispõe da mobilidade. Nos dois primeiros casos, o sujeito precisa se dirigir até cada um dos aparatos e, ao pegá-los, provoca a sua mobilidade. No segundo, o dispositivo está, em potência, provido da mobilidade, embora ele possa ficar momentânea e provisoriamente imóvel. Cabe, então, acrescentar nessa reflexão a ideia de (i) mobilidade.

De acordo com Lemos (2009), a mobilidade pode ser vista em seu aspecto físico ou virtual (informacional). Essa navegação, essa ruptura temporária da dimensão física da mobilidade mexe, inclusive, na nossa percepção. Chegamos a um auditório para ouvir uma palestra, sentamos, conversamos com quem está ao nosso lado. Estamos “cada um no seu quadrado!”¹⁰ Estamos em uma região fronteira, que nos permite isolar ou viajar em conversas com pessoas ou assuntos inesperados.

Pensar a (des)territorialização é pensar na ruptura de fronteiras. A gente vive ao mesmo tempo que navega pelos mundos. Sentimo-nos livres, mas também temos a sensação de estar aprisionados. Conforme Augé (2010), a questão espacial, de territorialidade, é paradoxal. Somos livres com a internet, mas também estamos sendo regulados. Esse paradoxo não é só do nosso tempo presente, ele é da contemporaneidade – evidentemente, com contornos diferentes em cada época. Como diz Augé (2010), é preciso repensar a fronteira, essa realidade constantemente renegada e reafirmada insistentemente sob formas enrijecidas, que funcionam como interditos e provocam exclusões.

Refletir sobre fronteira, quando você tem próximos distantes, distantes próximos, é tentar compreender essas contradições que afetam a história contemporânea, pois as fronteiras não se desfazem, elas se redesenham (Augé, 2010). Nesse sentido, a mobilidade vai, no tempo presente, ser enriquecida com a ubiquidade (Couto; Porto; Santos, 2016). Todos queremos uma potente mobilidade, física ou virtual. Mas seria ela a mesma sem a ubiquidade, ou seja, a possibilidade de estarmos onipresentes? Para isso, precisamos olhar as transformações da informática.

Dimensão sociotécnica: ubiquidade, convergência, conectividade

O avanço computacional tem mudado a forma de ser e estar no mundo da vida e, conseqüentemente, de aprender, de ensinar e de pesquisar. A sociotécnica surge com a técnica. Graças a ela a conectividade nos permite navegar por lugares não imaginados. Da mesma forma que ela nos permite voar, ela também nos aprisiona. Permite-nos participar de coletivos variados, mas nos isola em um mundo de suposta felicidade e prazer constantes. A partir de Augé (2010), cabe destacar que o distanciamento e a aproximação entre pessoas, objetos ou lugares; o empoderamento e o enfraquecimento de relações interpessoais; as possibilidades variadas de obtenção de informação; e a pouca análise criteriosa que se faz dela são, dentre outros, paradoxos que os dispositivos móveis trazem para o nosso tempo.

Lévy (1996) vem também lembrar que estradas e carros, correntes e navios, velas e ventos reúnem ou separam as culturas, influem nas formas e nas densidades das redes. Portanto, a inteligência e a cognição são o resultado de redes complexas onde interage um grande número de atores humanos, biológicos e técnicos (Lévy, 1993). O autor cunha o termo “ecologia cognitiva”, que é o estudo das dimensões técnicas e coletivas da cognição (ibidem). Portanto, com a sua mobilidade virtual (Lemos, 2009), os DMcTT podem ampliar nossas possibilidades de deslocamentos, de conexões e de ressignificações individuais ou coletivas.

Atualmente, estar conectado pressupõe a possibilidade de navegar por lugares (des)conhecidos. Temos dificuldade de imaginar nosso celular sem conexão à internet. Parece que falta (e falta mesmo!) algo em nossa corrente sanguínea. Do mesmo modo que a noção de dispositivo ou de mobilidade atravessa nossa história, também temos a conectividade. As formas de conectividade do nosso tempo são redimensionadas, e podemos transitar em espaços variados, observar comportamentos de outras culturas e, até mesmo, conversar com (des)conhecidos. O que pensar de nossas formas de navegar e comunicar, a partir das Figuras 2?



a

b



Fonte: Google pictures.¹¹

Figura 2 – (a) Leitura em trem; (b) em família reunida.

Elas mexem conosco, nos transportam, nos inquietam, nos amedrontam. Você, leitor(a), já se viu em situação semelhante? Ambas as imagens o intrigam ou apenas a segunda? Atualmente às vezes assumimos uma postura saudosista, dizendo que sentamos à mesa e não conversamos. Interagimos por meio do nosso celular! Guardadas as devidas particularidades de cada tempo, seriam essas inquietações apenas do tempo presente? Será que, quando surgiram os aparelhos de televisão, houve mudança na comunicação entre as pessoas? Portanto, ao sermos sujeitos contemporâneos, não podemos manter fixo nosso olhar em apenas uma realidade (Agamben, 2009), nem, tampouco, considerar a tecnologia como solução dos nossos problemas, particularmente, os educacionais.

A convergência e a ubiquidade surgem graças ao avanço da informática.¹² Impregnados dessas duas técnicas, o indivíduo e o coletivo se movimentam dialeticamente. Um aplicativo, que geralmente tem uma idealização para uso individualizado, é continuamente remodelado a partir do uso feito pelo seu dono. Portanto, a interação que auxiliará essa reconfiguração não é só a do humano com a máquina, mas a do humano com outros humanos, não necessariamente no próprio dispositivo, mas nos diferentes espaços transitados pelos indivíduos. Enfim, nossa subjetividade transita entre o individual e o coletivo, e a fronteira entre eles é tênue.

Nosso *smartphone* possui uma série de funcionalidades. Tiramos uma foto e podemos editá-la, compartilhá-la e usá-la na produção de conteúdos diversos. Na verdade, quase não usamos nosso telefone para realizar uma chamada. A convergência e a ubiquidade reconfiguraram a utilidade inicial do celular. Além do mais, com os DMcTT passamos da lógica do *download* (de sentar em frente ao computador, ligá-lo, conectá-lo via cabo, buscar e baixar o conteúdo) para *upload*, em que o conteúdo chega diretamente até nós mediante convites (SMS, *timeline* etc.) em diferentes formatos. Mudamos de uma lógica comunicativa centralizada e direcionada (um para todos) para uma dinâmica na qual o dispositivo funciona a partir dos usos do seu dono. Além de o dispositivo se configurar a partir das demandas do usuário, o sujeito passa a ter um papel importante na produção de conteúdos variados.

Os DMcTT também são formas de memória, nossa memória expandida. É uma modificação técnica que implica novas analogias e classificações de outros mundos práticos, sociais e cognitivos (Lévy, 1993). Em um AGD eu exploro, interajo, aprendo, individual e coletivamente,¹³ física ou virtualmente.¹⁴ O dispositivo mexe comigo, e eu mexo com ele. Todavia, o que dizer dos meus sentimentos, ao aprender com essas interfaces?

Dimensão perceptivo-afetiva: afeto, percepção

A dimensão perceptivo-afetiva tem o afeto, os sentimentos e a sedução como algumas de suas características detonadoras. O afeto no sentido de ser afetado, de afetar-se (Skliar, 2014), de sentimentos emocionais, de percepções (Damásio, 2011).

A forma com a qual nos apropriamos de tecnologias está em constante interação com o ambiente, ou seja, a tecnologia influencia o meio, e esse também reage com (ou sobre) ela (Maturana; Varela, 2001). Sendo, portanto, o *smartphone* uma tecnologia expansiva e não reparadora (Bolite Frant; Castro, 2009) do aspecto físico do nosso corpo, passamos a constituir com ele atividades que não faríamos sem o dispositivo.

O toque, como tecnologia, não é recente, mas a nossa percepção ao tocar a tela de um caixa eletrônico ou a de um *ultrabook* é a mesma de quando tocamos nossos celulares ou *tablets*? De modo similar, nossa percepção sensorial é diferente quando clicamos em *mouse* ou manuseamos um DMcTT? Usar *mouse* com fio não é a mesma coisa que utilizar a versão sem fio. Cada forma de manuseio promove em nosso cérebro mapeamentos diferentes. Esses podem ser de sensibilidade, de espacialidade ou de continuidade de manuseio direto no objeto ou a partir dele (Bairral, 2017).

Nessa dimensão, portanto, a singularidade – da mobilidade com o toque – deve ser levada em consideração, até porque nosso cérebro vai se ajustando ao que lhe é oferecido (Damásio, 2010), e interfaces com toques em tela estão trazendo novas configurações ao cérebro. Portanto, nosso corpo deve ser visto como a mente que compreende o nosso pensar, o nosso sentir e o nosso agir (Damásio, 2004). Cabe, portanto, destacar a distinção entre sentimento e emoção.

As emoções constituem ações acompanhadas por ideias e certos modos de pensar; os sentimentos emocionais são principalmente percepções daquilo que nosso corpo faz durante esse mesmo lapso de tempo (Damásio, 2011). Emoções são programas de *ações*¹⁵ complexos e em grande medida automatizados, engendrados pela evolução. As ações são complementadas por um programa *cognitivo* que inclui certas ideias e modos de cognição, mas o mundo das emoções é, sobretudo, feito de ações executadas no nosso corpo, desde expressões faciais e posturas até mudanças nas vísceras e no meio interno (Damásio, 2011). Por outro lado, sublinha Damásio, os sentimentos emocionais são as *percepções* compostas daquilo que ocorre em nosso corpo e na nossa mente quando uma emoção está em curso. No que diz respeito ao corpo, os sentimentos são imagens de ações, e não ações propriamente ditas; o mundo dos sentimentos é feito de percepções executadas em mapas cerebrais (Damásio, 2011). Uma emoção negativa, como o fracasso ao aprender matemática, leva à evocação de pensamentos sobre fatos negativos. O fogo emocional é a energia com a qual se perseguem, constantemente, as ideias a serem alcançadas (Mora, 2017). Enfim, nossa alegria ou tristeza altera o estado de nossos impulsos e motivações, mudando imediatamente nossa mistura de apetites e desejos (Damásio, 2011).

Dimensão neurocognitiva: ambiente, linguagens, imagens

Nosso organismo é constituído pela parceria cérebro-corpo. Ele interage com o ambiente como um conjunto, e não é a interação só do corpo ou só do cérebro (Damásio, 1996). Se o corpo e o cérebro interagem intensamente entre

si, o organismo que eles formam interage de forma não menos intensa com o ambiente que o rodeia, e suas relações são mediadas pelo movimento do organismo e pelos aparelhos sensoriais.

As mudanças anatômicas em nosso cérebro ocorrem ao longo de nossa vida e com elas as capacidades, as habilidades e a própria personalidade que um indivíduo forja e desenvolve (Mora, 2017). Nossa mente, nosso corpo e o ambiente físico trabalham em constante sinergia (Moore-Russo; Viglietti, 2014). O espaço físico (a sala de aula, por exemplo) inclui diferentes aparatos (tecnológicos, cognitivos, culturais etc.) com os quais lidamos.¹⁶ A entrada deles em nossa vida (e corpo) altera nosso jeito de ser e estar no mundo (Idhe, 2002). Nosso ambiente também se reconfigura.

Por exemplo, dotadas de telefone fixo, as residências tinham uma configuração, um *design*. Geralmente, havia um espaço para o aparelho, um bloco para anotações, agenda de contatos etc. Às vezes, existia uma cadeira para sentarmos e falarmos. Sim, o telefone era para falar, apesar de as chamadas serem custosas! Com a possibilidade do telefone sem fio, essa disposição física passou a ser reconfigurada, e o atendente podia mover-se ao longo de um telefonema. O local para atendimento de chamadas não era mais tão fisicamente delimitado.

Com o surgimento da secretária eletrônica, nem a presença física de quem receberia a chamada era necessária. Com a chegada do celular e todas as suas reconfigurações (toques, aplicativos, redes sociais integradas etc.), o que tivemos? Uma das reconfigurações é a ampliação de nossos deslocamentos físicos e informacionais (Lemos, 2009). Deixarei um pouco nossas casas e descolamentos nela para olhar o nosso corpo e como ele tem sido objeto de análise em algumas investigações.

Na pesquisa no âmbito da cognição corporificada em educação matemática, a relação corpo-todo foi priorizada, dadas as particularidades dos dispositivos disponíveis à época (sensores acoplados em calculadoras gráficas) e pela própria natureza do estudo (Borba; Scheffer, 2004). Atualmente, com o surgimento de novas interfaces, podemos também analisar partes do nosso corpo mediante capturas de olhares projetados na tela (Hannula, 2018) ou mapeando toques feitos nela (Assis; Henrique; Bairral, 2018).

As manipulações em tela, foco das pesquisas desenvolvidas em nosso grupo,¹⁷ constituem uma nova forma de manifestação da linguagem e passam a fazer parte da nossa cognição corporificada (Bairral, 2017). Embora a possibilidade de tocar em tela não seja recente, a mobilidade e o tipo de sensibilidade e *performance* oferecidos por certos dispositivos o são e têm mexido conosco. Essas mudanças, que fazem parte de um processo criativo, geram inovação (Mora, 2017).

Alguns toques que fazemos em tela podem ser associados a gestos (fazer um *zoom* por exemplo), outros não se reduzem a eles e abrem uma nova agenda de investigação sobre formas de manipular com a tela, a partir dela ou direta-

mente nela. Todas essas formas constituem manifestação e simulação de algum processo de pensamento. Embora estejam no âmbito imagético da linguagem, elas não se restringem apenas a gestos ou a expressões cinestésicas. Toques em tela engendram uma rede de movimentos variados, muitas vezes combinados e, assim, formam um sistema simbólico multifacetado (Bairral, 2017).

Sendo o cérebro a audiência cativa do nosso corpo, há um fluxo imagético (visual, auditivo, olfativo, gustativo, somato-sensitivo) construído quando mobilizamos objetos de fora do cérebro em direção ao seu interior, e quando reconstruímos objetos a partir da memória, de dentro para fora. Esse fluxo pictórico, composto também por palavras e por símbolos abstratos não imagéticos, pode ser denominado pensamento (Damásio, 2005). No caso do pensamento matemático, há que considerar que a conjunção *gesto+fala+construção_na_tela+toques+registro_pictórico+movimento_com_o_dispositivo+movimento_com_o_corpo* compõe, de igual relevância, o espectro cognitivo-linguístico do sujeito. Embora manifestações imagéticas, muitas vezes, sejam difíceis de serem capturadas ou analisadas sincronamente, não podemos valorizar apenas os registros escritos.

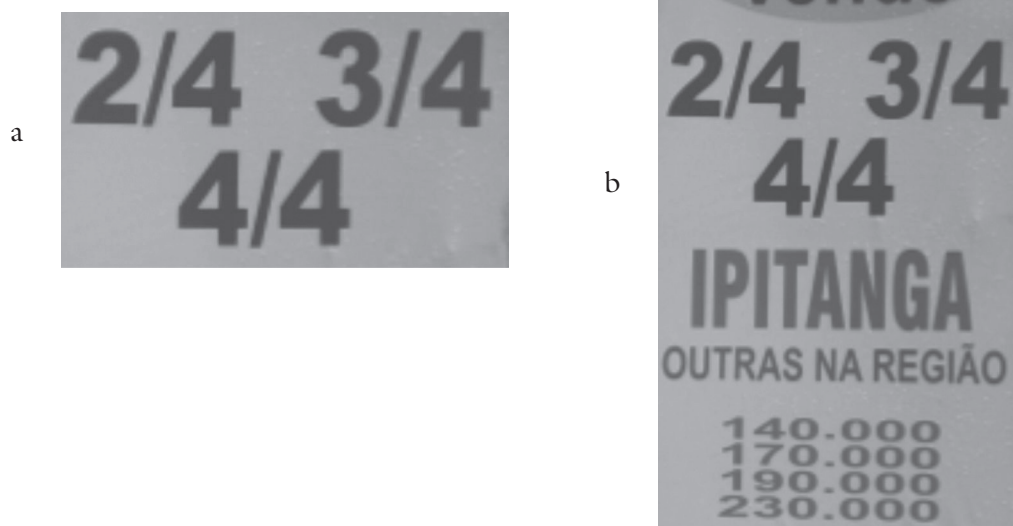
Mediante esse fluxo imagético, nosso cérebro constrói mapeamentos diversos, e a interação passa a ser uma ação cada vez mais primordial em nosso aprendizado. Skliar (2014) nos instiga, ao lembrar que nossa função como educadores é conversar com desconhecidos. O autor sublinha que toda conversa é uma tensão permanente entre diferentes formas de pensar e de pensar-se, de escutar e de escutar-se: existem dissonâncias, desentendimentos e incompreensões. Seriam essas situações desafiantes apenas do nosso tempo? Ou seriam tensões que se acentuam, talvez, pela velocidade com que a informática tem se modificado e nos alterado? Então, ao sermos afetados e, dada a necessidade de conversarmos de formas variadas com os desconhecidos, é importante considerarmos a dimensão discursivo-comunicativa.

Dimensão discursivo-comunicativa: contexto, deslocamentos

Discurso é uma prática comunicativa contextualmente situada. Estamos aqui, neste artigo, em um contexto discursivo. Em um espaço que tem regras explícitas e implícitas. Embora ocorra um ato comunicativo, não necessariamente temos interação entre mim (o autor) e você, o leitor(a). Toda interação é um ato comunicativo, mas nem toda comunicação detona um processo interativo. Interagir (sujeito-sujeito, sujeito-dispositivo) é uma ação imprescindível no desenvolvimento humano.

Um discurso se produz e se interpreta em contextos específicos. Embora articulado à cultura na qual está sendo (re)produzido, não é um ato comunicativo neutro. As fotos seguintes teriam um impacto diferente, se apresentassem apenas a Figura 3(a) e eu perguntasse o que você observava. Quando o faço, respostas frequentes são: números, data de calendário, mês de abril. Após essa conversa, ao mostrar a segunda, tirada por mim em Salvador, há sorrisos e expres-

sões de surpresa. Mesmo quando apresentadas na Bahia, contexto supostamente familiar à produção desse anúncio (discurso imobiliário), as manifestações dos sujeitos foram similares.



Fonte: Fotos do autor.

Figura 3 – (a) Só os números; (b) frações em contexto imobiliário.

A ideia da comunicação como deslocamento (Lemos, 2009) pode nos permitir um transporte, ainda que instantâneo ou pontual, ao contexto de produção da mensagem, de modo que possamos atribuir algum significado (estranhamento, conformidade etc.) a ela. Por ser um sistema de representação,¹⁸ o discurso também reconfigura nossa experiência, nosso modo de pensar. Nesse processo consumimos, agregamos, produzimos e distribuímos conteúdos em diversos formatos, espaços e tempos.

Aproximando-nos(me) da última dimensão, trago aqui também Carlos Skliar (2014), ao enfatizar que deveríamos prestar mais atenção escrupulosa às máscaras institucionais com as quais pretendemos regular, administrar e, muitas vezes, destruir a conversa educativa. Com esse espírito estamos compondo a ação estratégica da nossa profissão, a que possui cunho político-pedagógico.

Dimensão político-pedagógica

Pensar nas dimensões anteriores e refletir sobre nosso papel como educadores é primordial. No mundo globalizado, um currículo deve contemplar aspectos culturais (de escolas, de regiões) e pessoais (de professores, de alunos), e valorizar características culturais locais, que não podem ser vistas como menores no processo educativo. Além do mais, não faz sentido pensar em universalização curricular.

Da mesma forma que um aluno de uma escola da cidade de São Paulo pode conhecer o que acontece (história, arquitetura, linguagem, modo de vida, economia, meios de transporte, formas de divulgar a venda de imóveis, como revela a Figura 3b etc.), em uma cidade do interior desse estado, o inverso também é importante. O desafio curricular é dar conta desse intercâmbio cultural, discursivo e cognitivo e da interação entre os aprendizes. Para isso, as tecnologias móveis podem ser muito úteis.

Por que fazemos pesquisa? Por que ensinamos? Por que nos tornamos professores? Por que formamos educadores? Está em nossas mãos, como formadores, como pesquisadores, continuar clamando por mudanças qualitativas no processo educativo, porque há muita coisa na contramão, na destruição de conquistas e de garantias, como, por exemplo, a recente Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ou a “nova” Reforma do Ensino Médio. Currículo não é uma ação homogeneizadora, comum ou, muito menos, um conjunto – mínimo – de competências, previamente determinadas por agentes externos às instituições educativas.

Vivemos continuamente inovando, e ninguém duvida que as tecnologias digitais móveis podem contribuir com mudanças qualitativas nas intervenções docentes, no currículo e no aprendizado. Currículo é um uma estratégia educativa, portanto, política. A escola e os professores produzem política curricular em sua prática (Ball; Maguire; Braun, 2016).

Currículo é dinâmico e retroalimentado por (trans)formações e (re)significações efetivamente construídas pelo modo como os implicados produzem significados para a sua leitura do documento prescrito. A sala de aula de matemática deve favorecer uma comunicação pautada por interações, negociações e (re) construções de significados. Portanto, a garantia de êxito de um desenvolvimento curricular não está em determinações legais, embora essas sejam importantes. Porém elas não são determinantes para um sucesso prescrito e objetivamente mapeado (Bairral; Assis, 2018).

Para indicar um exemplo, com o compartilhador de aplicativos via *Bluetooth*, o *MyAppSharer*, já não precisamos de conexão para usar um AGD. Portanto, essa restrição da conectividade está superada, e podemos gerar novas formas de produzir e de desenvolver novas matemáticas com esses dispositivos. Uma das estratégias pedagógicas são as multitarefas, as possibilidades e os desdobramentos de uma situação na qual o aluno, individualmente ou em grupo, pode desenvolver, a partir dos seus próprios interesses, as próprias tarefas e outros temas de estudo. Sendo assim, temos que continuar investigando e criando ambiências para desenvolver formas de deixar pais, discentes e docentes conscientes sobre a importância do uso pedagógico de DMcTT.

Deixando a tela em descanso

Whether it is an eye that sees the reality of thing or whether it is an eye that see a world of fantasy. It is the quality of your eyes and the streng-

th of your eyes that are expressed here. Nobody is going to keep me from seeing what is instead of what I would like. (Louise Bourgeois)¹⁹

Neste artigo propus seis dimensões que podem ser pensadas em práticas de ensino ou pesquisa com DMcTT. As dimensões, não hierárquicas ou ordenadas, possuem especificidades, mas elementos comuns. Por exemplo, eu poderia situar a conectividade em cada uma das seis dimensões, mas optei por construir uma linha argumentativa a partir de aspectos que podem ser diferenciais para a sustentação de cada uma das dimensões elencadas. Ou, ainda, a conectividade poderia ser pensada como uma dimensão. Portanto, dimensões, com a organização reflexiva que *tracerei*, não são categorias. Embora disformes, elas são igualmente relevantes e trazem implicações diferenciadas ao desenvolvimento humano.

Além do mais, todas as outras dimensões poderiam estar incluídas na dimensão da contemporaneidade, pois é nesta que o sujeito está convidado a refletir sobre as diversas obscuridades do seu tempo (Agamben, 2009), que o faz sentir medo, insegurança, prazer etc. com os avanços tecnológicos. A reflexão sobre o que significa aprender deve estar na centralidade dos estudos voltados à escolarização.

Aprender, nos dias de hoje, não pode ser visto como o mesmo aprendizado de vinte anos atrás. É comum ouvirmos comparações entre aprendizados atuais e mais remotos, mas será que os sujeitos do tempo presente não estão aprendendo? Como pode uma pessoa jogar e ganhar brilhantemente em jogos eletrônicos e ser reprovado em matemática na escola? Soluções milagrosas como currículos universais ou resultados aferidos a partir de avaliação de larga escala tampouco são promissores de mudanças qualitativas em nossa Educação. O investimento na formação continuada de professores, na melhoria das condições de trabalho docente e na infraestrutura das escolas, de modo que os currículos possam valorizar processos criativos, de interação e de colaboração, oferece algumas das possibilidades de melhoria.

Enfim, ficam aqui alguns *traços* para que o leitor possa mover-se pelo seu próprio *compasso* e delimitar suas dimensões.

Notas

1 Texto elaborado a partir da palestra de abertura proferida pelo autor no III Fórum do GT6 (Educação Matemática, Tecnologias Informáticas e Educação a Distância) da Sociedade Brasileira de Educação Matemática, ocorrido nos dias 23 e 24.3.2018 no IFES, *campus* Vitória/ES.

2 “Lidar” está sendo usado em sentido amplo, ou seja, significa usar, ver, manusear, tocar, sentir etc.

3 Para evitar repetições excessivas e tornar a leitura mais agradável usarei como sinônimos de dispositivo as palavras aparato, interface, instrumento, máquina, mecanismo e recurso.

- 4 Fruto de pesquisa financiada pelo CNPq.
- 5 A partir do dicionário (<<https://www.dicio.com.br/dimensao/>>) o termo dimensão está sendo usado em sentido figurado, isto é, como âmbito significativo de alguma coisa (real ou abstrata). Neste texto não há nenhuma correlação com significados oriundos das ciências exatas tais como (espessura, extensão, coordenadas etc.). Acesso em: 8 jul. 2018.
- 6 Agradeço aos pós-graduandos Alexandre Assis, Arlen Lacerda, Felipe Marques, George Bravo, Rhomulo Menezes, Thaís Settimy e Wagner Marques, e demais integrantes do Gepeticem a inspiração e colaboração nesta produção.
- 7 Os estudos do transnacionalismo de Alejandro Portes trazem interessantes reflexões sobre mobilidade, território e fronteira, particularmente, voltadas ao contexto da imigração. O que seria, por exemplo, pensarmos hoje na constituição de redes, quando um indivíduo dispõe da mobilidade virtual para o seu planejamento migratório?
- 8 Disponível em: <https://www.google.com/search?biw=1267&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=tNVBW_itA7SQmgX0y5GIDQ&q=construcao+de+bissetriz+com+geogebra&oq=construcao+de+bissetriz+com+geogebra&gs_l=img.3...53759.55097.0.56359.8.8.0.0.0.158.447.6j1.7.0....0...1c.1.64.img..1.0.0....0.zjNwJK5PpWU#imgrc=>> Acesso em: 8 jul. 2018.
- 9 A figura ilustra o início da construção do ângulo.
- 10 Essa é uma expressão usual na cidade do Rio de Janeiro. Ela significa cada um na sua, que cada um tem a sua opinião, que não temos o direito de opinar sobre o que o outro faz, gosta etc.
- 11 Disponível em: <https://www.google.com/search?biw=1267&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=tNVBW_itA7SQmgX0y5GIDQ&q=construcao+de+bissetriz+com+geogebra&oq=construcao+de+bissetriz+com+geogebra&gs_l=img.3...53759.55097.0.56359.8.8.0.0.0.158.447.6j1.7.0....0...1c.1.64.img..1.0.0....0.zjNwJK5PpWU#imgrc=>> Acesso em: 8 jul. 2018.
- 12 Pesquisas inovadoras na educação matemática, por exemplo, com realidade aumentada (Maurício Rosa, UFRGS), com sensores acoplados em calculadoras gráficas (Janete Bolite Frant, UFRJ; Nilce Scheffer, UFFS), com produção de vídeos por alunos ou professores (Marcelo Borba, UNESP-Rio Claro/SP), ou com o uso de rastreadores de olhares em tela (Markku Hannula, Univ. Helsinki, Finlândia), não seriam possíveis sem o avanço da informática.
- 13 Acesse: <<http://www.gepeticem.ufrjr.br/portal/materiais-curriculares/pontos-notaveis-de-um-triangulo/>> e veja, além de outros conteúdos em um AGD, outra forma de se conectar e aprender. Acesso em: 27 jul. 2018.
- 14 Visite *online* o Museu Universitário de História Natural e da Instrumentação Científica da Universidade de Modena e Reggio Emilia e descubra outras possibilidades de aprender mexendo em compassos. Disponível em: <http://archivioweb.unimore.it/theatrum/macchine/_00lab.htm> Acesso em: 27 jul. 2018.
- 15 Itálicos no original.
- 16 “Lidar” está sendo usado em sentido amplo, ou seja, significa usar, ver, manusear, tocar, sentir etc.
- 17 Disponível em: <www.gepeticem.ufrjr.br>.

18 Considere aqui as formas variadas de registro (pictórico, gráfico, numérico, tabular, algébrico etc.), sejam elas geradas de forma estática ou dinâmica e manifestadas isolada ou articuladamente.

19 Este artigo estava sendo produzido quando estive no parque das esculturas na cidade de Umea, na Suécia, em julho de 2018. Graças a mobilidades e desterritorializações, pude conhecer trabalhos dessa artista e perceber que essa sua ideia poderia estar presente fisicamente registrada neste texto, pois devemos deixar fluir a qualidade e a expressão de nosso olhar, sem impedimentos e com muita fantasia.

Referências

- AGAMBEN, G. *O que é o contemporâneo?* e outros ensaios. Chapecó: Argos, 2009.
- ASSIS, A.; HENRIQUE, M. P.; BAIRRAL, M. Captura e análise de interações em telas sensíveis ao toque. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7., (VII SIPEM). Foz do Iguaçu-PR, Brasil, 2018 (submetido).
- AUGÉ, M. *Por uma antropologia da mobilidade*. Trad. Rachel Rocha de A. Barros e Bruno César Cavalcanti. Maceió: Edufal; Unesp, 2010.
- BAIRRAL, M. A. As manipulações em tela compondo a dimensão corporificada da cognição matemática. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática (JIEEM)*, v.10, n.2, p.104-11, 2017.
- BAIRRAL, M. A.; ASSIS, A. R. de. Educação Matemática e currículo: processos para além da Educação Básica. In: SARTÓRIO, L. A. V.; LINO, L. A.; SOUZA, N. M. P. de. (Ed.) *Política educacional e dilemas do ensino em tempo de crise: juventude, currículo, reformas do ensino e formação de professores*. São Paulo: Livraria da Física, 2018. p.187-208.
- BALL, S. J.; MAGUIRE, M.; BRAUN, A. *Como as escolas fazem as políticas: atuação em escolas secundárias*. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2016.
- BOLITE FRANT, J.; CASTRO, M. R. Um modelo para analisar registros de professores em contextos interativos de aprendizagem. *Acta Scientiae*, v.11, n.1, p.31-49, 2009.
- BORBA, M. C.; SCHEFFER, N. F. Coordination of multiple representations and body awareness. *Educational Studies in Mathematics*, n.57, p.1-20, 2004.
- COUTO, E.; PORTO, C.; SANTOS, E. *APP-Learning: experiência de pesquisa e formação*. Salvador: EDUFBA, 2016.
- DAMÁSIO, A. R. *O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano*. Trad. D. Vicente e G. Segurado. São Paulo: Cia. das Letras, 1996.
- _____. *Em busca de Espinosa: prazer e dor na ciência dos sentimentos*. São Paulo: Cia. das Letras, 2004.
- _____. *O mistério da consciência: do corpo e das emoções ao conhecimento de si*. Trad. L. T. Motta. 7. ed. São Paulo: Cia. das Letras, 2005.
- _____. *E o cérebro criou o homem*. São Paulo: Cia. das Letras, 2011.
- HANNULA, M. From anxiety to engagement: History and future of research on mathematics-related affect. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR THE PSYCHOLOGY OF MATHEMATICS EDUCATION, 42th. Umea, 2018.

- IHDE, D. *Bodies in technology*. Minneapolis - London: University of Minnesota Press, 2002.
- LEMOS, A. Cultura da mobilidade. *Famecos*, Porto Alegre, v.1, n.40, p.28-35, 2009.
- LÉVY, P. *As tecnologias da inteligência*. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.
- _____. *O que é o virtual?* Rio de Janeiro: Editora 34, 1996.
- MATURANA, H. R.; VARELA, F. J. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*. Trad. H. Mariotti e L. Diskin. 9.ed. São Paulo: Palas Athena, 2001.
- MOORE-RUSSO, D.; VIGLIETTI, J. M. Embodied cognition across dimensions of gestures. Considering teachers' responses to three-dimensional tasks. In: EDWARDS, L.; FERRARA, F.; MOORE-RUSSO, D. (Ed.) *Emerging perspectives on gesture and embodiment in mathematics*. New York: Information Age Publishing, 2014. p.137-227.
- MORA, F. *Cómo funciona el cerebro*. 5.ed. Madrid: Alianz, 2017.
- RIBEIRO, S. Tempo de cérebro. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.27, n.77, p.7-22, 2013.
- SKLIAR, C. *Desobedecer a linguagem: educar*. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

RESUMO – Dispositivos móveis com toques em tela – *smartphone* ou *tablet* – constituem uma extensão física do corpo, e a comunicação que tais interfaces promove passa a ser entendida como deslocamento. Considerando especificidades como mobilidade, convergência e ubiquidade, o artigo propõe seis dimensões (contemporaneidade, sociotécnica, neurocognitiva, perceptivo-afetiva, discursivo-comunicativa, político-pedagógica) que podem ser consideradas em processos de ensino, de aprendizagem ou de pesquisa no campo das Humanidades, particularmente na Educação. As dimensões são delimitadas com *traços* da contemporaneidade.

PALAVRAS-CHAVE: Cognição corporificada, Toques em tela, *Smartphone*, *Tablet*.

ABSTRACT – Mobile touchscreen devices – smartphones or tablets – constitute a physical extension of the body, and the communication that such interfaces enables is now understood as displacement. Considering specificities such as mobility, convergence and ubiquity, this article proposes six dimensions (contemporaneity, socio-technical, neuro-cognitive, perceptive-affective, discursive-communicative, political-pedagogical) that can be considered in teaching, learning or research in the Humanities, particularly in Education. Dimensions are delimited with traces of contemporaneity.

KEYWORDS: Embodied cognition, Touchscreen, Smartphone, Tablet.

Marcelo Almeida Bairral é professor associado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. É doutor em Educação Matemática pela Universidade de Barcelona e pós-doutor em Educação Matemática pela Universidade do Estado de Nova Jersey (Estados Unidos) e pela Universidade de Turin (Itália). @ – mbairral@ufrjr.br

Recebido em 6.8.2018 e aceito em 3.9.2018.

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências

RENATA F. M. BATISTA^I

e CIBELLE CELESTINO SILVA^{II}

Ensino investigativo e História e Filosofia da Ciência

NO INÍCIO do século XX, o filósofo e pedagogo americano John Dewey (1859-1952) propôs o “*inquiry learning*” como uma abordagem de ensino com atividades relacionadas ao mundo real centrada no aluno, aliando os conteúdos das ciências com o domínio das atividades humanas. Sua proposta investigativa visava que os alunos deixassem de aprender apenas conceitos técnicos sem entender como esses foram construídos e justificados; e estimular os alunos a construir relações entre conceitos, objetos e atos humanos. Suas ideias surgiram em um período em que os Estados Unidos passavam por uma crise no desenvolvimento econômico, culminando em um conjunto de medidas governamentais para conter o desemprego e a falência das empresas, resultando em uma perspectiva de educação escolar que contribuísse para uma sociedade humanizada (Barrow, 2006; Trópia, 2011). Apesar de seu potencial, na primeira metade do século XX, a abordagem proposta por Dewey não foi efetiva, sendo inclusive bastante criticada (Trópia, 2011).

Como é bem sabido, nos anos 1960, nos Estados Unidos, houve um movimento com o objetivo de aprimorar o Ensino de Ciências para ajudar os alunos a se tornarem criativos solucionadores de problemas e, com isso, formar cientistas capazes de competir com os russos em termos tecnológicos e militares. Houve uma série de encontros e debates promovidos por organizações internacionais que resultaram nos famosos “grandes projetos curriculares”, com a produção de materiais didáticos inovadores, tais como: Biological Science Curriculum Study (BSCS), Physical Science Curriculum Study (PSSC), Project Harvard Physics, Chem Study e Chemical Bond Approach (CBA) (Barra; Lorenz, 1986). Esses esforços tentaram seriamente transformar a tradicional abordagem experimental de roteiros estilo “livro de receitas” em materiais com envolvimento prático e foco no desenvolvimento de habilidades de raciocínio.

No Brasil dos anos 1950, sob a liderança de Isaías Raw, o então recém-fundado Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) desenvolveu o projeto “Iniciação Científica” para a produção de kits destinados ao ensino de Física, Química e Biologia voltados a alunos dos cursos primário e secundário. Além do IBECC, a Fundação para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (Funbec) e o Projeto Nacional para a Melhoria de Ensino de Ciências

(Premen) são considerados importantes no desenvolvimento de materiais instrucionais no país entre 1950 e 1980 (Nardi, 2005). A premissa pedagógica dos materiais apoiava-se no “[...] conceito de ciências como um processo de investigação e não só como um corpo de conhecimentos devidamente organizados” (Barra; Lorenz, 1986, p.1973).

Em um segundo movimento de reformas curriculares ocorrido nos Estados Unidos e no Brasil na década de 1990, a ênfase do Ensino de Ciências passou a ser a alfabetização científica, a fim de que os alunos compreendessem o mundo sob a perspectiva da ciência e da tecnologia, bem como seus condicionantes sociais, políticos e econômicos. No Brasil, a abordagem investigativa foi inserida nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) no final da década defendendo que

[...] o desenvolvimento de atitudes e valores é tão essencial quanto o aprendizado de conceitos e de procedimentos. Nesse sentido, é responsabilidade da escola e do professor promoverem o questionamento, o debate, a investigação, visando o entendimento da ciência como construção histórica e como saber prático, superando as limitações do ensino passivo, fundado na memorização de definições e de classificações sem qualquer sentido para o aluno. (Brasil, 1998, p.62)

Recentemente o Ministério da Educação (MEC) divulgou a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em substituição aos PCN, a se consolidar como proposta curricular para o Ensino Fundamental. Esse documento apresenta como objetivos gerais de aprendizagem

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e inventar soluções com base nos conhecimentos das diferentes áreas. (Brasil, 2017, p.9)

A compreensão sobre o que é Ensino Investigativo (EI) de ciências foi mudando ao longo das décadas, de acordo com as tendências educacionais. Atualmente é considerado uma abordagem capaz de desenvolver competências pertinentes ao fazer científico e também competências de caráter geral como leitura, reflexão, argumentação, entre outras (Abd-el-Khalick et al., 2004; Grandy; Duschl, 2007; Carvalho, 2011, 2013; Sasseron; Machado, 2012; Crawford, 2012; Allchin et al., 2014; Bellucco; Carvalho, 2014). De uma maneira geral, podemos considerar que a abordagem investigativa consiste em:

- Construção de um problema e sua introdução para os alunos;
- O problema deve favorecer a criação de hipóteses, ideias, debates, reflexões e argumentações entre os alunos;
- Depois das observações sobre o problema/fenômeno/situação feitas pelos alunos, há o processo de experimentação e avaliação dos dados, em busca de um resultado;

- O conhecimento prévio do aluno é aplicado ao problema, sob orientação do professor;
- Expectativas iniciais do problema confrontadas para obtenção de uma resposta;
- Relatar a resposta final e discuti-la entre os alunos e o professor para uma finalização do problema.

O ensino investigativo visa, entre outras coisas, que o aluno assuma algumas atitudes típicas do fazer científico, como indagar, refletir, discutir, observar, trocar ideias, argumentar, explicar e relatar suas descobertas. Isso faz que o EI seja uma estratégia didática em que os professores deixam de simplesmente fornecer conhecimentos aos alunos, que passam a ser mais ativos, e não meros receptores de informações. É necessário que as atividades contribuam para o desenvolvimento da capacidade de reflexão dos alunos, de modo que o conhecimento anterior gere um novo. Assim, o professor deve orientar os alunos ao longo do processo de investigação, proporcionando condições para que entendam e compreendam o que estão fazendo.

Do ponto de vista didático, a atividade de investigação deve contemplar a aprendizagem, promover formação de conceitos, compreensão da dinâmica do trabalho científico, desenvolvimento de pensamento crítico, reflexão sobre os fenômenos naturais, desenvolvimento da argumentação, entre outros. O papel do professor é crucial, já que ele é o mediador do processo investigativo e é sua função fornecer as condições e orientações para os alunos compreenderem o que estão fazendo para resolver o problema proposto.

Considerando a perspectiva epistemológica, a proposta inicial de Dewey (1976, p.91-94) considerava a ciência regida pelo método científico tal qual entendido na época: uma sequência de passos lineares que consistiria em definir um problema, sugerir uma solução, desenvolver e aplicar um teste experimental e formular conclusões. Nos projetos curriculares das décadas de 1950 a 1970 que apregoavam a investigação científica, a ciência era considerada uma atividade neutra, na qual os cientistas não sofriam influência dos contextos político, econômico e social (Krasilchik, 2000). Atualmente a visão da atividade científica como neutra é considerada ultrapassada tanto por epistemólogos quanto por educadores (Japiassu, 1975; Fourez, 1988; Allchin, 1999).

As reformas curriculares da década de 1990 passaram a contemplar aspectos da natureza da ciência¹ de modo a ressaltar a não neutralidade e complexidade do fazer científico. Os objetivos seriam que os alunos compreendessem melhor o que é fazer ciência e desenvolvessem uma visão mais ampla das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, sem perder de vista a aprendizagem de conceitos científicos.

Uma das formas de introduzir reflexões sobre a natureza da ciência em práticas investigativas é combiná-las com abordagens pautadas pela história da ciência, uma vez que o tema investigado pode ser associado a um determinado

episódio histórico, explicitando o contexto metacientífico, os questionamentos, interpretações e processo de aceitação de novas ideias.

A inclusão de conteúdos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) no Ensino de Ciências pôde contribuir para evitar visões distorcidas sobre os processos e fatores envolvidos na construção do conhecimento científico, de seu método e de suas relações com os seus condicionantes sociais, além de proporcionar uma melhor aprendizagem dos conteúdos científicos (Zanetic, 1989; Martins, 1990; Matthews, 1994; Teixeira et al., 2001; Silva; Martins, 2003; Brito et al., 2004). Ao contextualizar os conhecimentos científicos, aulas pautadas pela HFSC no Ensino de Ciências

[...] podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, dar uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (Matthews, 1995, p.165)

A história da ciência é uma fonte de casos que podem inspirar o desenvolvimento de atividades em sala de aula que favoreçam a aprendizagem de conceitos e procedimentos típicos da atividade científica, propiciando melhor aprendizado dos próprios conceitos científicos, bem como motivando e engajando os estudantes.²

Abordagem histórico-investigativa

Partindo do princípio de que o Ensino de Ciências pressupõe trabalho prático, as atividades experimentais efetuadas em sala de aula são ferramentas importantes para o ensino e aprendizagem. Visando o desenvolvimento de habilidades do pensamento científico, o desenvolvimento de competências experimentais e a contextualização do conhecimento, o ensino investigativo pode ser aliado com a HFSC, na chamada abordagem Histórico-Investigativa (HI). A HI visa motivar e ensinar conceitos científicos de uma forma mais crítica, explicitando dificuldades e conquistas e contextualizando os conteúdos trabalhados em sala de aula.

Na abordagem HI, os estudantes podem discutir, dividir opiniões e conhecimentos e debater sobre as diferentes interpretações de resultados experimentais já que o ensino investigativo se concentra “[...] tanto no aprendizado dos conceitos, termos e noções científicas quanto no aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica” (Carvalho, 2013, p.13). De forma complementar, ao fazer o debate histórico juntamente com os experimentos,

há a revelação de como a ciência é construída e funciona (Klassen 2006; Hipst Project 2009; Maurines; Beaufile, 2013; Allchin et al., 2014).

Atividades histórico-investigativas não preparam os alunos para manipular materiais automaticamente em busca de um resultado numérico, como normalmente ocorre em aulas de laboratório tradicionais. É esperado que os estudantes se envolvam em uma investigação pela participação ativa; não é suficiente que os alunos apenas desfrutem da experiência. Com a mediação do professor, os alunos devem problematizar uma situação, contextualizar e relacionar com o conteúdo trabalhado, criando hipóteses que são discutidas e testadas experimentalmente para subsidiarem a interpretação dos resultados.

Ao utilizar e manipular experimentos, os estudantes não irão somente testar as hipóteses conhecidas ou propostas, mas também adquirir entendimento pela interação teórica, material e humana. Além disso, ao conduzir uma investigação científica, os estudantes podem contextualizar a ciência com sua história, possibilitando a aprendizagem sobre a natureza da ciência e de aspectos culturais, sociais e materiais da ciência; refletir criticamente sobre suas próprias ações e aprendizagens; além de desenvolverem habilidades de raciocínio (Heering; Höttecke, 2014).

De forma esquemática, apresentamos no Quadro 1 algumas formas de utilização da abordagem HI no Ensino de Ciências fortemente pautadas pela cultura material e experimental da prática científica de cientistas do passado.

Narrativas históricas incorporando uma ou mais das estratégias acima podem ser usadas como guia para investigação. Concordamos com Allchin et al. (2014), que elencam alguns dos elementos essenciais que devem estar presentes em uma narrativa histórica:

- Contexto motivacional na narrativa, tanto cultural quanto biográfico, e que consista em perguntas para serem investigadas;
- Formato narrativo com um exemplo de caso, mostrando uma explicação histórica do processo científico;
- A narrativa deve ter uma pausa que propicie a reflexão e o pensamento investigativo;
- Perspectivas históricas que mostrem a incerteza da ciência, ou seja, que a ciência está em construção;
- Questões que problematizem a natureza da ciência e promovam a investigação da natureza da ciência;
- Finalização da investigação e narrativa histórica;
- Reflexão das lições acerca da natureza da ciência.

Höttecke e Riess (2009) e Henke et al. (2012) desenvolveram estudos de casos históricos para o uso em sala de aula com atividades centradas nos alunos utilizando diferentes estratégias didáticas. Dentre elas:

- Escrita criativa na qual os estudantes escrevem cartas, diários, diálogos,

Quadro 1 – Formas de utilização da abordagem HI

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Narrativas históricas com experimentação</p> | <p>Os alunos, com suas ideias e conhecimentos prévios, interagem com as ideias de narrativa histórica para realizar um experimento. Neste caso, os alunos formulam ideias e hipóteses e testam para comparar com o trabalho original.</p> |
| <p>Narrativa sobre história da ciência</p> | <p>Os professores orientam os alunos na narrativa, por meio de um processo de análise crítica para discutir, interagir e questionar sobre a história da ciência apresentada.</p> |
| <p>Manuscritos e diários de laboratórios de cientistas</p> | <p>Utilizam fontes primárias que podem fornecer uma base confiável para a compreensão da ciência. Esse tipo de abordagem mostra aos alunos que alguns dos questionamentos que eles possuem atualmente sobre determinado problema foram os mesmos ou semelhantes aos dos cientistas. Os experimentos descritos nos diários podem ser realizados pelos estudantes mostrando dificuldades e erros que os cientistas enfrentaram.</p> |
| <p>Instrumentos e/ou aparatos do passado</p> | <p>Reconstrução de experimentos históricos ou experimentação utilizando réplicas de aparatos originais. Essa abordagem fornece aos alunos o entendimento sobre como a construção de um conhecimento científico foi desenvolvido e contextualiza os experimentos, materiais e instrumentos utilizados na época.</p> |
| <p>Museus e centros de ciências</p> | <p>Conhecendo e explorando experimentos históricos e originais expostos em museus, os alunos exploram e analisam os fenômenos físicos no contexto histórico da época, facilitando uma visão sobre a cultura material da experimentação científica.</p> |

Fonte: Heering & Höttecke (2014).

comentários e representações a partir da perspectiva de um personagem fictício. A escrita criativa faz que os alunos compreendam a ciência e os cientistas por suas próprias perspectivas, entendimento de suas próprias ideias sobre a natureza da ciência e conceitos científicos.

- Atividades de encenação em que os estudantes exploram conflitos entre cientistas, e os motivos das controvérsias científicas além de tentar solucioná-las. Esse método humaniza os cientistas e promove um melhor entendimento sobre a natureza da ciência. Os autores ainda citam que quanto mais envolvidos os alunos estiverem na encenação, maior a compreensão de conceitos científicos complexos.

- Reconstrução de réplicas de aparatos e instrumentos históricos com o objetivo de enfatizar o caráter processual da construção do conhecimento científico.

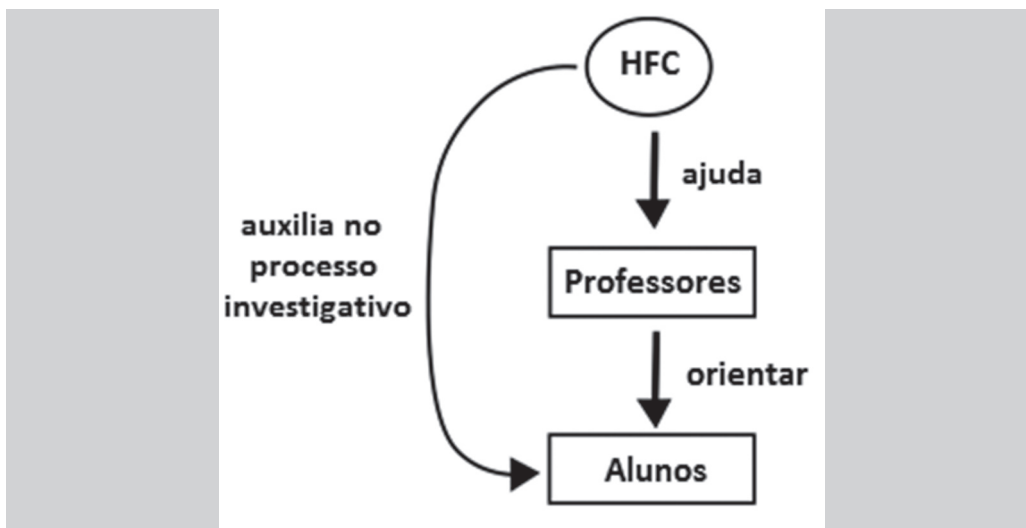
- Atividades investigativas por problemas, ações ou ideias de cientistas, nos quais os alunos buscam uma resolução de um problema explorando como os cientistas desenvolveram instrumentos, interpretaram resultados e chegaram a seus resultados.

Não obstante suas potencialidades, utilizar a abordagem HI não é uma tarefa trivial; os professores enfrentam várias dificuldades e obstáculos para inseri-la em sala de aula (Rezende et al., 2003; Höttecke; Silva, 2011; Yoon et al., 2012). Entre eles estão o tempo necessário para estudar e compreender uma nova abordagem; o fato de que é preciso desenvolver novas habilidades para atuar como mediador na sala de aula; os professores têm dúvidas sobre o método e insegurança para a inovação que pode estar relacionada com as suas atitudes e crenças sobre o ensino e uso de novas abordagens; também é necessário aprender sobre história da ciência e como buscar novos materiais de ensino, como por exemplo, fontes primárias e secundárias sobre história da ciência.³

A abordagem histórico-investigativa em sala de aula

Uma atividade experimental histórico-investigativa envolve um problema para o qual os alunos procuram uma solução, orientados por materiais de cunho histórico. Ao mesmo tempo, a história da ciência ajuda o professor a orientar seus alunos (Figura 1).

Em parceria com professores da rede pública de São Carlos (SP), desenvolvemos e testamos em salas de aula roteiros utilizando a abordagem histórico-investigativa. Os roteiros integram kits de Física da Experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC-USP).⁴ Optamos por utilizar roteiros distintos para o professor e para os alunos. O roteiro para o professor é constituído por atualização de conteúdos sobre o assunto abordado; sugestão de problematização inicial, sendo essa relacionada ao cotidiano e exigindo que o aluno reflita e crie hipóteses para solucioná-la; texto de cerca de uma página contendo uma narrativa histórica; uma sugestão de como mediar a atividade HI e realizar o experimento do kit da Experimentoteca. Já o roteiro do aluno traz o mesmo texto com a narrativa histórica do roteiro do professor e um convite para o aluno solucionar o problema proposto pelo professor, propondo um plano experimental, hipóteses etc. (Batista, 2018).



Fonte: Batista (2018).

Figura 1 – História e Filosofia da Ciência na abordagem histórico-investigativa.

Em alguns casos, o texto histórico traz trechos de fontes primárias, com descrições de experimentos ou com explicações dadas por cientistas do passado para determinados fenômenos físicos. Entendemos que na abordagem HI, textos com narrativas históricas podem desempenhar um ou mais dos diferentes papéis listados abaixo. O professor é autônomo para escolher como e quando o conteúdo histórico será usado em sala de aula (Quadro 2).

Quadro 2 – Papéis desempenhados pelo texto histórico

Papel do texto histórico

- Recordar conteúdo teórico
- Heurístico
- Motivador
- Reflexivo
- Ajudar durante a atividade
- Inspirar a análise dos dados
- Interpretar os resultados

Fonte: Batista (2018).

Caso o texto seja utilizado antes de os alunos refletirem e trabalharem em suas ideias sobre o problema proposto, ele pode funcionar como um estímulo inicial para o engajamento na atividade proposta ou também servir como provedor/gerador do problema a ser trabalhado. O texto também pode ser utilizado pelo professor no início da aula, de forma a recordar o conteúdo eventualmente visto em aulas anteriores. Quando usado durante a atividade, fornece subsídios experimentais e conceituais para o planejamento e realização da atividade experimental. Baseados na narrativa histórica, os alunos podem se inspirar para decidir como realizar o experimento, os materiais que podem ser utilizados, quais as variáveis envolvidas no fenômeno em questão, dificuldades experimentais, entre outras. Por outro lado, ao ser utilizado depois dos alunos desenvolverem e testarem soluções para o problema, o texto histórico pode apoiar a reflexão sobre o que foi realizado e inspirar a interpretação dos resultados e explicações propostas.

As discussões sobre o problema inicial em pequenos grupos e com a classe após a leitura do texto histórico ajudam os alunos a refletir sobre a atividade que está sendo realizada. Dessa forma, os alunos estão envolvidos em todo o processo investigativo, de pensar sobre o problema proposto até concluí-lo.

Considerações finais

Atividades histórico-investigativa incentivam o engajamento dos alunos nas aulas de laboratório pela participação ativa. Não basta apenas os alunos gostarem de realizar um experimento, pois esse é somente o ponto de partida para alcançar a aprendizagem. Os alunos precisam, com a mediação do professor, problematizar uma situação, contextualizá-la e relacioná-la com seus conhecimentos prévios.

Na abordagem histórico-investigativa, os alunos envolvem-se em todo o processo investigativo, de pensar sobre o problema proposto até concluí-lo. A história da ciência funciona como uma fonte de situações investigativas e contextualiza o tópico com informações históricas que permitem diálogos e discussões sobre as questões abordadas. Desse modo, ao estudarem episódios históricos aliados a práticas experimentais, os alunos desenvolvem habilidades de análise e interpretação do texto, exercitam o pensamento crítico, refletindo sobre o experimento e conceitos envolvidos no tema em questão. Com isso, os alunos desenvolvem habilidades típicas do fazer científicos, melhoram a prática argumentativa, e enriquecem sua compreensão sobre aspectos da natureza da ciência.

A mediação do professor nesse tipo de abordagem é fundamental, já que sua intervenção na sala de aula irá determinar o nível de abertura da investigação da atividade. As narrativas históricas presentes nas atividades desempenham papéis diferentes de acordo com o momento utilizado, propiciando ao professor um leque de alternativas para conduzir sua aula da melhor forma. Além disso, a habilidade do professor para mediar os momentos de investigação interfere

diretamente no interesse e engajamento dos alunos. Se o professor não proporcionar um ambiente de discussão, reflexão e diálogo o processo investigativo é perdido e a aula pode se transformar em uma aula tradicional.

Apesar de suas potencialidades, apenas o desenvolvimento de materiais didáticos utilizando a abordagem HI não é suficiente para que ela sua implementação em sala de aula seja bem-sucedida. É necessário que as condições de trabalho dos professores e de infraestrutura das escolas sejam modernizadas. Além da melhoria das condições materiais, é fundamental que os professores possam participar de atividades de formação continuada para conhecerem a abordagem, terem uma formação mínima em história da ciência e conhecerem exemplos de atividades centradas nos alunos utilizando diferentes estratégias didáticas.

Notas

- 1 Natureza da Ciência (NdC) refere-se a aspectos metacientíficos sobre os processos e produtos da ciência. É uma área interdisciplinar envolvendo conhecimentos de história, filosofia, sociologia e didática das ciências. A NdC estuda *sobre as ciências*, buscando explicitar aspectos presentes no desenvolvimento e aceitação de teorias e enunciados, uma vez que a ciência não é neutra e está sujeita a influências de fatores metacientíficos (sociais, culturais, econômicos, religiosos, estéticos, éticos, entre outros). Isso implica reconhecer a ciência como uma construção humana, sujeita a condicionantes externos, sem negligenciar aspectos como coerência entre teoria e experimentos, interpretação dos resultados, entre outros.
- 2 A aproximação da HFSC com o ensino tem sido cada vez mais recorrente. Para alguns exemplos de trabalhos que integram história da ciência no Ensino de ciências veja Castro (1993); Vannucchi (1996); Heering (2000); Höttecke (2000); Peduzzi (2001); Metz et al. (2007); Forato (2009); Quintal e Guerra (2009); Prestes e Caldeira (2009); HIPST Project (2009); Henrique e Silva (2010); Allchin (2011; 2014).
- 3 Forato et al. (2011; 2012) elencam algumas condições a serem consideradas ao fazer a seleção e utilização de textos históricos em sala de aula.
- 4 O CDCC é um centro de ciências vinculado à Universidade de São Paulo que busca estabelecer vínculos com a comunidade tendo como objetivo o acesso da população à produção científica e cultural através de locais temáticos de biologia, física e química. O CDCC possui vários setores como Biblioteca, Cineclube, Observatório Astronômico Dietrich Schiel e a Experimentoteca, que consiste em uma “biblioteca pública de kits experimentais” que os professores podem retirar na forma de empréstimo. Foram elaborados cinco roteiros para o ensino médio sobre os assuntos: máquina simples, refração da luz, reflexão da luz, calor latente e calor específico.

Referências

- ABD-EL-KHALICK, F. et al. Inquiry in science education: international perspectives. *Science Education*, v.88, n.3, p.397-419, 2004.
- ALLCHIN, D. Values in science: an educational perspective. *Science & Education*, v.8, n.1, p.1-12, 1999.

- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, v.95, n.3, p.518-42, 2011.
- ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. The episodic historical narrative as a structure to guide inquiry in science and nature of science education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HISTORY OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION, 10., 2014, Minneapolis, MN.
- _____. Complementary approaches to teaching nature of Science: integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. *Science & Education*, v.98, n.3, p.461-86, 2014.
- BARRA, V.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980. *Ciência e Cultura*, v.38, n.3, p.1970-83, 1986.
- BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: from Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, v.17, n.3, p.265-78, 2006.
- BATISTA, R. F. M. *O uso de abordagens histórica-investigativa na reelaboração de roteiros da Experimentoteca do CDCC-USP*. São Carlos, 2018. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2018.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.31, n.1, p.30-59, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências naturais*. 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf>>.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão; Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. *Base Nacional Comum Curricular*. 2017. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/bncc-20dez-site.pdf>>.
- BRITO, A. J.; NEVES, L. S.; MARTINS, A. F. P. A história da ciência e da matemática na formação de professores. In: NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. *Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio*. Porto Alegre: Sulina, 2004. p.284-96.
- CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas - (SEI). In: LONGHINI, M. D. *O uno e o diverso na educação*. Uberlândia: Editora da UFU, 2011. p.253-66.
- _____. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: _____. *Ensino de Ciências por investigação – condições para implementação na sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p.1-21.
- CASTRO, R. S. *História e epistemologia da ciência: investigando suas contribuições num curso de física de segundo grau*. São Paulo, 1993. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993
- CRAWFORD, B. A. Moving the essence of Inquiry into the classroom: engaging teachers and students in authentic science. In: TAN, K. C. H.; KIM, M. *Issues and Challenges in Science Education Research: moving forward*. New York: Springer, 2012. p.25-42.
- DEWEY, J. *Experiência e educação*. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1976.

- FORATO, T. C. M. *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. São Paulo, 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.
- FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.28, n.1, p.27-59, 2011.
- FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; HIDALGO, J. M. *Temas de história e filosofia da ciência no ensino*. Natal: EDUFRN, 2012. p.123-54.
- FOUREZ, G. *La construction des sciences: les logiques des inventions scientifiques: Introduction à la philosophie et à l'éthique des sciences*. Bruxelles: De Boeck, 1988.
- GRANDY, R., DUSCHL, R. A. Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. *Science & Education*, v.16, n.2, p.141-66, 2007.
- HEERING, P. Getting Shocks: teaching Secondary School Physics through history. *Science & Education*, v.9, n.4, p.363-73, 2000.
- HEERING, P.; HÖTTECKE, D. Historical-Investigative Approaches in Science Teaching. In: MATTHEWS, M. R. *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. New York: Springer, 2014. p.1473-502.
- HENKE, A.; HÖTTECKE, D.; RIESS, F. Implementing History and Philosophy in Science Teaching: strategies, methods, results and experiences from the European HIPST Project. *Science & Education*, v.21, n.9, p.1233-61, 2012.
- HENRIQUE, A. B.; SILVA, C. C. Relações entre ciência e religião na formação de professores: estudo de caso acerca de uma controvérsia cosmológica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 12, 2010, Águas de Lindóia, SP.
- HIPST PROJECT. *Theoretical basis of the HIPST Project*. 2009. Disponível em: <<http://hipst.eled.auth.gr/>>.
- HÖTTECKE, D. How and what can we learn from replicating historical experiments? A case study. *Science & Education*, v.9, n.4, p.343-62, 2000.
- HÖTTECKE, D.; RIESS, F. Framework and critical perspective on “HIPST” – an European Approach for the inclusion of history and philosophy in science teaching. South Bend, 2009. In: TENTH INTERNATIONAL HISTORY, PHILOSOPHY, AND SCIENCE TEACHING CONFERENCE, 10, 2009, South Bend, IN.
- HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: An analysis of obstacles. *Science & Education*, v.20, n.3, p.293-316, 2011.
- JAPIASSU, H. *O mito da neutralidade científica*. Rio de Janeiro: Imago, 1975.
- KLASSEN, S. The science thought experiment: how might it be used profitably in the classroom? *Interchange*, v.37, n.1, p.77-96, 2006.
- KRASILCHIK, M. Reformas e Realidade: o caso do ensino de ciências. *São Paulo em Perspectiva*, v.14, n.1, p.85-93, 2000.
- MARTINS, R. A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira da História da Ciência*, v.9, p.3-5, 1990.

- MATTHEWS, M. R. *Science Teaching* – the role of History and Philosophy of Science. New York: Routledge, 1994.
- _____. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.12, n.3, p.164-214, 1995.
- MAURINES, L.; BEAUFILS, D. Teaching the nature of science in physics courses: the contribution of classroom historical inquiries. *Science & Education*, v.22, n.6, p.1443-65, 2013.
- METZ, D. et al. Building a foundation for the use of historical narratives. *Science & Education*, v.16, n.3-5, p.313-34, 2007.
- NARDI, R. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.10, n.1, p.63-101, 2005.
- PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p.151-70.
- PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução: A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, v.4, p.1-16, 2009.
- QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. A história da ciência no processo de ensino-aprendizagem. *Física na Escola*, v.10, n.1, p.21-5, 2009.
- REZENDE, F.; LOPES, A. M. A.; EGG, J. M. Problemas da prática pedagógica de professores de física e de matemática da escola pública. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4, 2003, Bauru, SP.
- SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.12, n.2, p.29-44, 2012.
- SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. *Ciência & Educação*, v.9, n.1, p.53-65, 2003.
- TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N.; FREIRE JUNIOR, O. Concepções de estudantes de física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual do ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.1, n.3, p.111-23, 2001.
- TRÓPIA, G. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas no século XX. *Revista Ensaio*, v.13, n.1, p.121-38, 2011.
- VANNUCCHI, A. I. *História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula*. São Paulo, 1996. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências modalidade Física) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.
- YOON, H. G.; JOUNG, Y. J.; KIM, M. The challenges of science inquiry teaching for pre-service teachers in elementary classrooms: difficulties on and under the scene. *Research in Science Education*, v.42, n.3, p.589-608, 2012.
- ZANETIC, J. *Física também é Cultura*. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

RESUMO – A abordagem Histórico-Investigativa (HI) vem sendo construída ao longo das duas últimas décadas no contexto da busca por caminhos para incentivar motivação, engajamento e argumentação dos alunos em sala de aula. A HI destaca-se por propiciar competências relevantes ao fazer científico, além de tornar os alunos mais ativos e participativos do processo de aprendizagem e contextualizar os conhecimentos escolares. Essa abordagem caracteriza-se pelo uso de atividades experimentais de cunho investigativo, pautadas por episódios históricos, centradas nos alunos e orientadas pelo professor, de modo a criar situações de ensino e aprendizagem que propiciem a reflexão sobre conteúdos específicos da ciência e conteúdos metacientíficos, a prática experimental e a argumentação. Este artigo discute as bases pedagógicas e epistemológicas, objetivos e contribuições da abordagem histórico-investigativa ao Ensino de Ciências.

PALAVRAS-CHAVES: Abordagem histórico-investigativa, Ensino de Ciências, Atividades experimentais, História da ciência.

ABSTRACT – The Historical-Investigative approach (HI) has been built over the last two decades in the context of the search for strategies to encourage students' motivation, engagement, and argumentation in the classroom. HI provides relevant scientific skills, makes students more active and participatory in the learning process, and contextualizes school knowledge. This approach is characterized by the use of investigative experimental activities, guided by cases from the history of Science. The activities are student-centered and teacher-oriented, and aim to create teaching and learning situations that foster reflection on specific scientific and meta-scientific contents, experimental practice, and argumentation. This paper discusses the pedagogical and epistemological foundations, objectives and contributions of the historical-investigative approach to Science teaching.

KEYWORDS: Historical-investigative approach, Science teaching, Experimental activities, History of Science.

Renata F. M. Batista é doutoranda do Departamento de Física Teórica do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo. @ – tata.fis@gmail.com

Cibelle Celestino Silva é pesquisadora e professora do Departamento de Física Teórica do Instituto de Física de São Carlos. Universidade de São Paulo. @ –cibelle@ifsc.usp.br

Recebido em 13.8.2018 e aceito em 3.9.2018.

^{1 e 11} Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

Ensino Médio – etapa conclusiva de uma educação em crise

LUÍS CARLOS DE MENEZES¹

PROPOSTAS PARA a Educação Básica, que considerem as transformações na vida e no trabalho na sociedade pós-industrial, já não podem ser as mesmas que foram concebidas há algumas décadas. O que foi trabalho de operários é feito hoje por robôs, e funções de organização e inovação já começam a ser atribuídas a sistemas operacionais. São desafios ainda mais difíceis de enfrentar, quando avaliações revelam retrocesso de mais de década no “Ensino Médio”, fase escolar assim chamada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB),¹ a despeito de tomá-la como “etapa conclusiva da Educação Básica”, mas denominação é problema menor diante das incertezas de nossa educação.

Nesta mesma revista *Estudos Avançados*, no primeiro ano deste século, fiz considerações sobre por que razão um Ensino Médio de oferta universal precisaria ser compreendido como etapa essencial para a formação para a cidadania de toda a juventude, contraditando certo elitismo saudoso do tempo em que essa escola era privilégio de poucos (Menezes 2001). O objetivo então era corroborar a já referida LDB, promulgada pouco tempo antes, que atribuía ao Ensino Médio prover “preparação básica para o trabalho e a cidadania”, com o emprego de “metodologias de ensino e de avaliação” que estimulasse “a iniciativa dos estudantes”, facultando às escolas também promover habilitação profissional.

Naquele momento, tratava-se de dar consistência à conclusão da Educação Básica, com iniciativas em que me envolvi, como a elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e a formulação original do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Ao longo da década anterior havia dobrado o número de estudantes com acesso àquela etapa e que continuou crescendo até o presente, juntamente com a ampliação de acesso a todas as demais etapas de escolarização. Tal crescimento numérico, no entanto, em geral esteve desacompanhado da necessária evolução conceitual, como o emprego das pretendidas metodologias participativas. Por isso, a questão que agora se coloca é o que fazer para avançar em face de reconhecidos descompassos, começando por breve histórico de iniciativas e das reações a elas.

Tanto os PCN para o Ensino Médio quanto o ENEM se organizavam em Áreas do Conhecimento, como Linguagens e Códigos, Ciências Humanas, Ciências da Natureza e Matemática que, mesmo sem terem pretendido eliminar ou fundir os diferentes componentes curriculares que compunham o Ensino

Médio, geraram controvérsias semelhantes às que agora decorrem das reformas educacionais em curso. Na época, há cerca de duas décadas, diferentes publicações procuraram responder a questões como “Por que a reforma do Ensino Médio propõe uma organização em áreas do conhecimento?”, ou ainda, “O trabalho por competências não vai promover uma ‘superficialização’ dos conteúdos?”.² Talvez não por acaso, são as mesmas perguntas que têm hoje pautado os debates.

Para ilustrar quão persistente é a controvérsia em torno do caráter do Ensino Médio, vale lembrar que, há cerca de meio século, houve tentativa oficial, por meio de uma lei,³ de compor toda formação geral com alguma formação profissional. Mas sem ter essa lei sido seguida de efetivo apoio conceitual ou logístico, ela resultou em desarranjos e disfarces, tanto em escolas públicas quanto em particulares, até ter sido descontinuada, cerca de uma década depois. Também por isso, há razões para se duvidar do acerto da recente proposição do executivo federal modificando a LDB em 2017, inicialmente por meio de Medida Provisória, em seguida transformada em lei,⁴ que entre outras medidas divide aquela etapa escolar em dois períodos, o de formação geral, a que se atribuem 60% do seu tempo, e outro, com 40% do seu tempo, dedicados a percursos alternativos que podem ser voltados a áreas de conhecimento ou a alguma formação de caráter profissional.

Alguns dos percursos alternativos aventados nessa lei parecem corresponder a um retorno aos cursos pré-universitários, justificando a designação “Médio”, como o antigo Colegial com as modalidades do “Clássico”, voltado às carreiras denominadas “humanas” ou “sociais”, como direito, publicidade ou administração, e do “Científico”, por sua vez dividido nas “biológicas” voltadas a carreiras médicas, e “exatas” para carreiras técnicas como engenharia. Por outro lado, os percursos de sentido profissionalizante, além de não especificados na nova lei, também não orientam as escolas sobre como adequá-los, por exemplo, a perspectivas de demanda regional. Só sinalizam a possibilidade de prover tal diversificação por meio de contrato de profissionais de “notório saber”, por associação com instituições de ensino profissionalizante ou por meio de educação a distância, aliás única possibilidade para milhares de municípios que contam com uma só escola de nível médio.

Em centros urbanos, tem havido iniciativas de articulação entre escolas regulares e escolas técnicas de nível médio, cujo número também foi ampliado nas últimas décadas, mas nem sempre com a percepção de quanto as transformações tecnológicas estão alterando o mundo do trabalho e produzindo um desemprego estrutural. Garantir oportunidade de trabalho, em pouco tempo, será desenvolver competências para realizar o que máquinas e sistemas não fazem, desenvolvendo critérios práticos, estéticos e éticos. Para que essa compreensão chegue às escolas, será preciso mudar toda uma cultura educacional, o que não se faz meramente por meio de leis.

A Base Nacional Comum Curricular – Novo ponto de partida?

É preciso dar contexto às reformulações agora discutidas, que não se resumem a medidas provisórias e modificações em leis, como parte de uma reforma educacional decorrente do Plano Nacional de Educação (PNE),⁵ envolvendo a elaboração de uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC).⁶ Para as etapas da Educação Infantil e da Educação Fundamental, a BNCC foi apresentada ao Conselho Nacional de Educação (CNE), discutida em conferências regionais e finalmente oficializada pelo Ministério da Educação. Trata-se de documento de quinhentas páginas, extensão imprópria para uma “base curricular”, que mereceria ser sintetizado ou ganhar um documento síntese.⁷ Para o Ensino Médio, ainda não existe uma BNCC, sendo suas versões prévias substituídas por outra concebida nos termos daquela lei, mas com seus componentes não provendo progressão conceitual relativamente aos do Ensino Fundamental, e talvez por isso não acatada.

O Ministério da Educação noticia a elaboração de uma nova versão da BNCC do Ensino Médio, com a pretensão de homologá-la já em 2018, mas, caso ocorra, não se pode descartar a possibilidade de que venha a ser revista, juntamente com a própria lei, em decorrência da transição governamental. A experiência daquela malsucedida lei semelhante, há cinco décadas, sugere a importância de um amplo debate que oriente a reforma, considerando também o que já se explicitou no início deste texto, a transformação no conceito de trabalho na sociedade pós-industrial.

Um mérito da parte da BNCC já conhecida é indicar objetivos gerais e específicos de aprendizagem, denominados na última versão como “competências” e “habilidades”, envolvendo qualificações pessoais e valores humanos não passivamente absorvidos e sim desenvolvidos em práticas coletivas ou individuais. O sentido geral de qualificar para pensamento crítico, para protagonismo e para condutas solidárias está na direção correta nos objetivos gerais, mas tal intenção se apresenta tão dividida nas habilidades entre vários componentes, que falta centralidade na formação de cada estudante. Também por isso, uma revisão conjunta da BNCC para toda a Educação Básica produziria maior articulação entre as etapas em um melhor documento único que se beneficie de contribuições das versões anteriores, como será brevemente apontado a seguir.

A BNCC para a Educação Infantil está apresentada em função de direitos como brincar e conviver, e de campos de experiência como os de percepção e de comunicação, podendo ser sintetizada em tais termos. Já a BNCC para os primeiros cinco anos da Educação Fundamental está desnecessariamente fracionada em nove extensos componentes, quando se sabe que, usualmente, todos serão conduzidos por uma única educadora polivalente ou por um par de educadoras, portanto haveria grande vantagem em articular os componentes, organizando-os por fase ou ciclo e, sinteticamente, combinando-os com o domínio da escrita e da matemática presente em todos eles e essencial nessa etapa escolar.

Já para os quatro anos finais da Educação Fundamental, esses deveriam, na BNCC, ser tratados em continuidade com o Ensino Médio, seja por seus componentes serem praticamente os mesmos, seja por seus professores também serem os mesmos. O que está feito para os anos finais da Educação Fundamental peca pelo excessivo detalhamento, ou até pela prolixidade e redundância, mas se constituiria em um bom ponto de partida para um exercício de síntese e de subsequente formulação para o Ensino Médio.

Algumas boas características encontradas em alguns componentes poderiam ser generalizadas, por exemplo para a Matemática, que está apresentada ainda muito pobre de contextos; poderia ser inspiradora a boa contextualização das atividades encontradas nas Ciências da Natureza e nas Ciências Humanas, o que lhes dá mais significado e propicia atividades coletivas e individuais de estudantes, participando de projetos de interesse real. Vale insistir que envolvimento de estudantes em projetos práticos, nos quais eles encontrem suas propensões e vislumbrem seus projetos de vida, não se constitui em atividade extracurricular, mas em parte integrante necessária da conclusão de sua educação.

Mesmo admitindo a importância que uma boa BNCC poderá ter para o aperfeiçoamento da aprendizagem, é preciso reconhecer que ela é mera base para um trabalho que a transcende, especialmente quando consideramos o péssimo desempenho da Educação Básica revelado nas avaliações gerais. Aliás, de pouco adiantam as inúmeras formas com que se verificam as condições lamentáveis de nossa Educação, se não forem tomadas como diagnósticos que devam dar lugar a prognósticos e proposições capazes de superar deficiências encontradas. É o que brevemente se pretenderá mostrar a seguir.

Diagnósticos e propostas

Os últimos resultados de uma avaliação escolar nacional,⁸ mostram um Ensino Médio estagnado ou piorando há mais de década, o que está sendo anunciado com grande repercussão pelo Ministério da Educação, ainda que como diagnóstico sem alternativas efetivas de enfrentamento. Acrescente-se que, ao mau desempenho soma-se em certas regiões taxa de reprovação e abandono de mais de metade das turmas, por razões pedagógicas e econômicas que precisam ser bem compreendidas para dar lugar a correções.

Não se deve, no entanto, julgar isoladamente o Ensino Médio, sem considerar heranças da escola que o antecede, cuja fragilidade é igualmente atestada por avaliações escolares gerais e exames nacionais que mostram a ineficácia da alfabetização e do domínio da matemática de estudantes do Ensino Fundamental, boa parte dos quais terminam essa etapa sem proficiência em leitura e cálculo, assim como do despreparo geral da população que já frequentou a escola, mostrado pelo Indicador de Alfabetismo Funcional (INAF)⁹ e pelo Indicador de Letramento Científico (ILC),¹⁰ que apontam dezenas de milhões de analfabetos funcionais entre os egressos da escola e mostram somente 10% da população que passou pelo Ensino Superior com letramento científico proficiente.

A extensão desses problemas reclama iniciativas para recompor a Educação Básica como um todo, como se sinalizou nas sugestões relativas à BNCC, assim como de outras políticas, como se procurará meramente esboçar a seguir. Uma advertência quando se elaboram propostas para reformular o ensino é que diretrizes, parâmetros e bases curriculares não são mais do que meras recomendações, se desacompanhadas de políticas correspondentes de provisão de recursos materiais e humanos, com metas e prazos para seu acompanhamento, identificando e apoiando responsáveis por sua efetivação.

Por exemplo, sabendo que entre as fragilidades a serem superadas estão a oferta insuficiente da Educação Infantil e a ineficácia da alfabetização, podem se identificar os municípios como efetiva e legalmente responsáveis por essas etapas. Mas muitos municípios além de terem baixo orçamento próprio, também são os menos agraciados pelos recursos fiscais, majoritariamente divididos entre a Federação e os Estados. Portanto, entre as políticas para educação infantil e alfabetização precisa constar a maior transferência de recursos para os municípios.

Isso, no entanto, é condição inicial que não basta, uma vez que o necessário aperfeiçoamento educacional envolve formação em serviço dos nossos dois milhões e meio de professores, a maioria dos quais trabalha para municípios, que geralmente os remunera ainda menos e não têm condições de prepará-los melhor. Eis uma tarefa que deve ser assumida pelos estados, com cursos semi-presenciais, em que grupos de professores reunidos em escolas acompanhem programas a distância com projeções de boas práticas, acompanhados por professores-tutores da região, selecionados em função da excelência de seu desempenho profissional e remunerados para tais ações.

Há um duplo pressuposto nessa última sugestão: primeiro, que os professores são personagens-chave, sem os quais não se conduz nem se aperfeiçoa a Educação Básica; segundo, que os professores também se formam nas escolas, ou seja, no exercício partilhado e supervisionado de sua atuação profissional. Levar isso em conta, tanto para formação continuada quanto para formação inicial, pode dar lugar a recomendações de significado essencial, tanto para o processo formativo quanto para a carreira dos professores, como se vai agora tentar sinalizar.

Há hoje uma tácita compreensão de que professores se formam em faculdades e que só depois de formados vão exercer suas profissões em escolas, algo como desconsiderar que o magistério é uma profissão, como a de um piloto ou um pediatra, que precisa ser aprendida em seu exercício. Há ainda a tácita compreensão de que o progresso na carreira dos professores se efetiva quando se tornam coordenadores pedagógicos ou quando assumem qualquer outra função na escola ou no sistema escolar, ou seja, quando deixam de trabalhar como professores. Tudo isso contrariando os pressupostos mencionados há pouco.

Se, pelo contrário, aqueles pressupostos fossem considerados, professores se formariam não somente em faculdades, mas também trabalhando em escolas,

sob supervisão de professores experientes, escolhidos como tutores por conta de sua excelência profissional. Esses tutores estariam em uma etapa de suas carreiras em que se dividiriam em duas diferentes tarefas, uma seria continuar a ensinar seus estudantes, outra seria supervisionar futuros colegas ou atuais colegas, em sua formação inicial ou em sua formação continuada em serviço. Poderiam ter feito uma especialização para isso, mas teriam sido selecionados por competência e seriam parcialmente remunerados por seu trabalho como formadores. Ou seja, carreira de professor não seria mais deixar de ser professor.

Se ao longo do próximo ano tivermos elaborado e aprovado uma BNCC completa, que indique como nossas escolas deveriam garantir, como propõe a LDB para o Ensino Médio, uma “preparação básica para o trabalho e a cidadania”, com o emprego de “metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes”, essa será base também para a preparação de mais de meio milhão de professores atuando nessa etapa educacional e na do fundamental avançado.

Para promover sua formação em serviço, não haveria como nem por quê trazê-los de volta às mesmas faculdades em que se formaram, e sim estabelecer a nova carreira de professores, em que aqueles que tenham excelência profissional se tornem tutores e formadores de seus colegas e futuros colegas, trabalhando em suas escolas NÃO APENAS. Isso seria parte de um grande esforço nacional para construir a Educação Básica de que precisamos. Outra iniciativa, aliás, seria desenvolver vida cultural, social e desportiva nessas escolas de nível fundamental avançado e médio, envolvendo estudantes e professores, esses necessariamente vinculadas a uma única escola.

Em síntese, sugere-se: 1 garantir apoio logístico e melhor distribuição dos recursos fiscais para os municípios conduzirem a Educação Infantil e o início da Educação Fundamental; 2 elaborar uma base curricular nacional completa e sintética, que oriente anos finais do Ensino Fundamental e o Ensino Médio para serem mais articulados e significativos, e prover suas escolas de ampla vivência cultural e social; 3 estabelecer nova carreira de professores, para que progridam tornando-se tutores e formadores, em associação com o trabalho das faculdades.

Isso tudo pode parecer de difícil execução e há quem duvide da possibilidade de se pôr em prática ideias como essas, que pretendam fazer das escolas ambientes estimulantes para estudantes orientados por professores motivados. É possível contraditar os descrentes, mostrando como países em condições mais difíceis do que as nossas foram capazes de transformar suas escolas. Já para quem tiver foco no desempenho global da nação, pode-se argumentar que a transformação de nossa escola é condição necessária para o Brasil se reencontrar com seu desenvolvimento social, cultural e econômico, pois sua atual condição de mero exportador de matérias-primas e importador de bens industrializados e serviços chega a constituir um recuo de décadas em termos de sua participação no concerto econômico mundial. Mas talvez o indicador mais preocupante dessas per-

das nos últimos tempos seja a parte de nossa juventude desencantada querendo deixar o Brasil, levando consigo em sua emigração por desalento a esperança e coragem de que qualquer nação necessita.

Notas

- 1 Lei n.9.394 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.
- 2 Veja-se, por exemplo, Maia e Carneiro (2000) que explicitam na própria capa tais questionamentos, e os respondem de forma que seria atual ainda hoje.
- 3 Lei n.5692 de agosto de 1971, uma dessas medidas oficiais cujos resultados foram discutíveis, não tendo por isso tido continuidade.
- 4 Lei n.13.415 de fevereiro de 2017, promulgada como Conversão da Medida Provisória n.746, de 2016, alterando a LDB.
- 5 O PNE em 2014 determinou diretrizes, metas e estratégias para a política educacional dos próximos 10 anos.
- 6 Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>.
- 7 O autor deste artigo produziu um libreto (Menezes, 2018) para orientar sua implementação, mas sem a pretensão de constituir a necessária síntese sugerida.
- 8 Ver Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) 2017, disponível em: <<http://provabrazil.inep.gov.br>>.
- 9 Disponível em: <acaoeducativa.org.br>.
- 10 Publicado em Gomes (2015).

Referências

- GOMES, A. S. L. (Org.) *Letramento científico: um indicador para o Brasil*. São Paulo: Instituto Abramundo, 2015.
- MAIA, E.; CARNEIRO, M. *A Reforma do Ensino Médio em questão*. São Paulo: Biruta, 2000.
- MENEZES, L. C. de. O novo público e a nova natureza do Ensino Médio. *Estudos Avançados*, v.15, n.42, p.202-8, 2001.
- . *BNCC de Bolso*. São Paulo: Editora do Brasil, 2018.

RESUMO – Associa-se o desempenho do Ensino Médio, estagnado há mais de década, ao conjunto de insuficiências da Educação de Base. Cogita-se a necessidade de se rever recente lei que altera a LDB, assim como de se reelaborar em seu conjunto a Base Nacional Comum Curricular, para poder ser sintética e efetiva referência educacional. Sugere-se melhor distribuição dos recursos fiscais e apoio logístico aos municípios para que possam de fato responder pelo início da escolarização. Propõe-se uma carreira em que professores possam progredir sem deixar de lecionar, tornando-se tutores na formação prática de futuros colegas.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino Médio, Educação Básica, Base Curricular, Carreira de professores.

ABSTRACT – Senior high school performance, stagnated for more than ten years, is related to a general insufficiency of basic education. A recent law that changes the national education law needs to be reviewed together with the common core curriculum in order to become a synthetic educational reference. Better distribution of tax revenues is suggested, as well as logistical support to the counties, so that they can really be held accountable for primary schooling. A teachers' career program is proposed so that they may progress without ceasing to teach, and become tutors in the practical training of futures colleagues.

KEYWORDS: Senior high school, Basic education, Common core curriculum, Teachers' career.

Luís Carlos de Menezes é professor sênior do Instituto de Física e integrante da Cátedra Educação Básica do Instituto de Estudos Avançados na Universidade de São Paulo.
@ – menezes@if.usp.br

Recebido em 3.9.2018 e aceito em 24.9.2018.

¹Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Trajetória e perspectivas para o ensino de Matemática nos anos iniciais

CÁRMEN LÚCIA BRANCAGLION PASSOS^I

e ADAIR MENDES NACARATO^{II}

Introdução

A SOCIEDADE educacional brasileira tem vivido momentos tensos nos últimos anos. Há um descompasso entre a lógica que os atores do contexto escolar defendem para os objetivos e finalidade da educação escolar e a lógica dos modelos neoliberais de políticas públicas voltadas à educação, principalmente aquela voltada à mensuração de resultados e padronização curricular. Embora a lógica dessas políticas públicas seja explícita e intencional, por parte dos elaboradores, a forma como as decisões e documentos chegam à escola deixa gestores, professores e alunos atônitos, sem compreender o porquê de tantas mudanças e descontinuidades de ações e programas que são interrompidos sem que existam avaliações sobre a eficácia e as transformações ocorridas nas práticas. Na maioria das vezes, o trabalho do professor tem se limitado a atender as demandas e prescrições que chegam, não havendo tempo para discussão e reflexão.

As pesquisas no campo da formação e do trabalho docente têm apontado o quanto os professores se ressentem do encaminhamento dado às questões que dizem respeito a eles; raramente são ouvidos e aqueles que buscam por uma prática que promova aprendizagens discentes acabam por realizar um trabalho invisível, pouco valorizado. Há algumas décadas, pesquisadores e formadores vêm defendendo a importância do protagonismo do professor e o quanto a pesquisa com o professor potencializa seu desenvolvimento profissional e mudanças significativas no seu fazer docente.

No entanto, as produções dos últimos anos não têm influenciado os elaboradores de políticas públicas, nem conseguido chegar às salas de aula, pois com tantas demandas e prazos a cumprir, os professores realizam aquilo que é possível, dentro de suas condições de trabalho.

Se nos anos 1990 debatíamos sobre o papel do Banco Mundial nas políticas públicas de educação do país, no atual contexto, a discussão centra-se no papel que os grupos empresariais vêm ocupando no cenário educacional. Freitas (2014) discute esse papel dos reformadores empresariais que, ao buscarem o controle do desempenho de alunos e professores pelos processos de avaliação

em larga escala, buscam também o controle da organização do trabalho pedagógico, pela definição de conteúdos e métodos de ensino: “O que motiva, portanto, esta nova investida dos empresários é resolver a contradição entre a necessidade de padronizar e liberar um pouco mais de acesso ao conhecimento sem com isso perder o controle político e ideológico da escola (Freitas, 2014, p.1091).

O ano 2018 tem sido marcado pelas discussões em torno da reforma curricular dos estados e municípios brasileiros tomando como referência a publicação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a ser implementada a partir de 2020. Sem dúvida, um documento que irá padronizar ainda mais as práticas docentes. Como afirmam Venco e Carneiro (2018, p.9):

É nesse contexto que uma série de formas de padronização se consolidam na política educacional, a partir de conteúdos, provas e aulas estandardizadas em nome de alçar melhores índices da educação, mas sem problematizar o que, de fato, os estudantes estão se apropriando e construindo um conhecimento capaz de formar cidadãos emancipados e com atuação na sociedade.

A Educação Matemática, enquanto campo de pesquisa e de formação profissional, não tem ficado alheia a essa discussão. Trata-se de um fértil campo de produção de conhecimento e que aponta caminhos para as práticas de ensinar e aprender Matemática. No entanto, essa produção não tem sido levada em consideração pelos reformadores curriculares, até porque a maioria dos educadores matemáticos rejeita a ideia de um currículo por competências e habilidades, tal como propõe a BNCC, numa visível articulação com o mundo empresarial. Como afirmam Venco e Carneiro (2018, p.9), “é possível afirmar que o padrão de competências assume um caráter científico, mas atende diretamente aos interesses do atual estágio do capitalismo”.

Há que considerar que os professores que ensinam Matemática nos anos iniciais, na sua grande maioria, provêm de cursos de formação que deixam sérias lacunas conceituais para o ensino de Matemática. Muitas vezes anseiam por programas de formação continuada que lhes deem subsídios para suprir essas lacunas e formadores que se coloquem à sua escuta, com propostas que partam de suas necessidades, num diálogo reflexivo com a teoria, e não apenas oferta de modelos prontos de aula.

Sem dúvida, o contexto é complexo e exige movimentos de resistência ou de insubordinação criativa, como defendem D’Ambrosio e Lopes (2015), visando contrapor-se aos modelos impostos de formação e de ensino de Matemática e apoiando-se em práticas reflexivas que visem à autonomia profissional e ao compromisso ético com a formação dos educandos. É nessa perspectiva que elaboramos o presente artigo.

Neste texto o objetivo é realizar uma reflexão crítica sobre o movimento curricular atual, no contexto da discussão e implementação da BNCC na área de

Matemática, centrando o foco nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Organizamos o texto em três seções. Inicialmente traçamos um esboço da trajetória curricular para o ensino de Matemática no Brasil, nas últimas décadas, destacando os movimentos e documentos elaborados que foram referências para o campo das práticas docentes. Numa segunda seção, realizamos algumas análises críticas da BNCC, tanto no que diz respeito ao seu conteúdo quanto à condução do seu processo de elaboração. Finalmente, apontamos algumas consequências dessa reforma curricular para as práticas dos professores e o campo da pesquisa.

Um esboço da trajetória curricular para o ensino de Matemática no Brasil nas últimas décadas

Nossa constituição profissional vem ocorrendo em meio aos grandes movimentos de reformas curriculares para o ensino de Matemática. Como professoras, formadoras e pesquisadoras, vivenciamos esses movimentos que tiveram origem na década de 1980.

Ao iniciarmos nossa carreira como professoras, o campo da Educação Matemática estava em efervescência. O país saía de um currículo de Matemática marcado pelo Movimento da Matemática Moderna, associado ao tecnicismo, e a Educação Infantil e os anos iniciais do Ensino Fundamental estavam fortemente influenciados pelo construtivismo. No caso específico do estado de São Paulo, a Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas (CENP) contava com uma representativa equipe de educadores matemáticos que elaborava documentos curriculares e promovia a formação continuada de professores. Nesse período, foram elaborados documentos como Atividades Matemáticas (AM), voltadas aos anos iniciais, e a Proposta Curricular para o Ensino de Matemática para o Ensino Fundamental.

No caso das Atividades Matemáticas, havia um movimento de acompanhamento das escolas-piloto, cujos professores desenvolviam as atividades propostas e apresentavam contribuições para (re)elaborações do documento. Havia a preocupação de estar junto com o professor e esse contribuir para o planejamento de propostas para a sala de aula. Nessa mesma concepção, ocorreu a elaboração da Proposta Curricular que contou, numa determinada etapa, com a participação de todos os professores da rede estadual, que, durante cinco dias, leram a versão preliminar e apontaram sugestões de mudanças. A versão definitiva foi publicada em 1988.

Essa proposta representou um avanço para a época, pois não só rompia com o tecnicismo, como sinalizava pela primeira vez a importância da alfabetização matemática – construto até então ausente nas discussões no ciclo de alfabetização, que privilegiava apenas a alfabetização na língua materna. O documento foi organizado em três grandes eixos: números, geometria e medidas. O eixo das medidas foi considerado como o articulador entre números e geometria.

No campo das práticas, essa proposta, embora elaborada com significativa representatividade dos professores, pouca influência exerceu, visto que os

livros didáticos, por serem de edição nacional, não refletiam as mudanças propostas pelo documento.

A promulgação da Lei Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (Lei 9.394/96) veio sinalizar para a elaboração de um documento curricular nacional. Consta em seu Artigo 26:

Os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos. (Brasil, 1996)

A lei sinalizava para a necessidade de um currículo nacional; no entanto, a comunidade já estava organizada para elaboração de um documento dessa natureza. Trata-se dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), publicados em 1998. Sua elaboração contou com uma análise prévia de propostas curriculares estaduais, em 1995, pela Fundação Carlos Chagas. Portanto, foi um documento que representou um marco na educação brasileira, e que, naquele momento, poderia suprir o previsto na LDB, mas esse documento não tinha um caráter prescritivo e controlador das práticas dos professores, sua proposta era apoiar as discussões e os projetos nas escolas: “visam à construção de um referencial que oriente a prática escolar de forma a contribuir para que toda criança e jovem brasileiros tenham acesso a um conhecimento, socializar informações e resultados de pesquisas, levando-as ao conjunto dos professores brasileiros” (Brasil, 1998, p.5). Os PCN passaram a constituir-se em referências por quase duas décadas para a elaboração de livros didáticos e outros materiais para a sala de aula, e, posteriormente, em base para a elaboração das matrizes de referência das provas nacionais, como Prova Brasil e Provinha Brasil.

O governo federal, diante das transformações sofridas na educação brasileira, sobretudo com a entrada das crianças no Ensino Fundamental aos seis anos de idade e com a divulgação pública dos resultados de avaliações em larga escala, principalmente pela Prova Brasil, sentiu a necessidade de definir o que se espera da escola nos anos iniciais. Através do MEC, organizou ações mais efetivas que resultassem na melhoria da aprendizagem dos discentes e da qualidade do ensino, principalmente da escola pública, do país.

Em 2012, como explica Rolkouski (2018, p.119), foi elaborado pelo MEC, em parceria com pesquisadores e profissionais da Educação Básica, o documento Elementos Conceituais e Metodológicos para a Definição dos Direitos de Aprendizagem e Desenvolvimento do Ciclo de Alfabetização (1º, 2º e 3º anos) do Ensino Fundamental, tendo como respaldo o “artigo 210 da Constituição Federal de 1988, que determina como dever do Estado, fixar conteúdos mínimos para o ensino fundamental, de maneira a assegurar a formação básica comum e respeito aos valores culturais e artísticos, nacionais e regionais”. Esse documento, além de apresentar o conceito de aprendizagem como direito hu-

mano, apresentou componentes curriculares, relacionando-os aos direitos de aprendizagem, e ainda apresentou a estrutura do que seria considerado para garantir esses direitos. Um grupo de trabalho, composto por professores da Educação Básica de várias regiões do país, pesquisadores de diversas instituições públicas brasileiras de Ensino Superior, foi responsável por sua elaboração, “um processo longo e democrático de discussão com conselhos, comunidade acadêmica e escolar” (Rolkowski, 2018, p.120).

Os direitos de aprendizagem foram organizados para serem desenvolvidos em cinco eixos estruturantes para a alfabetização e letramento matemático: Números e Operações; Pensamento Algébrico; Espaço e Forma/Geometria; Grandezas e Medidas; Tratamento da Informação/Estatística e Probabilidade. Para cada eixo foi elencada uma série de objetivos de aprendizagem, organizados de modo a orientar o professor nas ações de acompanhamento da progressão da aprendizagem da criança, ou seja, indicar a distribuição por ano de escolarização os momentos de “introdução” do objetivo, para o “aprofundamento” do conhecimento e o da aprendizagem que deveria ser “consolidada”.

No Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa (PNAIC), lançado pelo MEC, a alfabetização foi compreendida de modo amplo, na perspectiva do letramento. Foi a primeira vez que um documento oficial fez referências ao letramento em Matemática. Se, na década de 1980, o conceito de alfabetização Matemática foi introduzido na Proposta Curricular de São Paulo, com o PNAIC, esse conceito é ampliado para alfabetização na perspectiva do letramento. No Caderno de Apresentação do PNAIC, Fonseca (2014) apresenta reflexões que contribuem para a compreensão dos professores sobre essa perspectiva, ressaltando que o ensino de Matemática no Ciclo de Alfabetização deve ir além do ensino do sistema de numeração e das quatro operações aritméticas fundamentais, envolvendo os alunos em situações significativas, com práticas sociais de leitura e escrita de diferentes tipos de textos. Trata-se de uma educação Matemática que valoriza os saberes dos estudantes e os ajuda a compreender os modos como a nossa sociedade organiza suas experiências com apoio da Matemática, promovendo compreensão e leitura de mundo.

Essa concepção de alfabetização na perspectiva do letramento nos remete às ideias de Paulo Freire, que defendeu com veemência o respeito aos saberes dos educandos e o movimento de se colocar à escuta deles, para, com eles, construir uma leitura de mundo:

Respeitar a leitura de mundo, do educando não é também um jogo tático com que o educador ou educadora procura tornar-se simpático ao educando. É a maneira correta que tem o educador de, *com* o educando e não *sobre* ele, tentar a superação de uma maneira mais ingênua por outra mais crítica de inteligir o mundo. (Freire, 1996, p.122, grifos do autor)

Dentre as ações articuladas pelo PNAIC destaca-se a formação continuada de professores. O ano 2014 foi marcado por um projeto nacional de formação

de professores que ensinam Matemática no Ciclo de Alfabetização. Não temos notícias de outro programa de políticas públicas que tenha promovido formação nessa extensão. Houve envolvimento das universidades com as escolas públicas, promovendo formação na modalidade de multiplicadores, ou seja, equipes dos municípios participavam dos encontros com os formadores do PNAIC e, de volta às suas cidades, organizavam a formação local. Não se trata de avaliarmos a eficácia ou não de todas as formações, mas talvez tenha sido a primeira vez que professores puderam ser ouvidos e compartilharem as experiências de sala de aula com os pares, o que ficou visível pela organização dos seminários do PNAIC realizados em diferentes municípios. Acrescente-se o fato de que muita pesquisa foi desenvolvida e muito conhecimento foi produzido a partir desse programa, o que pode ser conferido pelo número representativo de trabalhos em eventos ou artigos em periódicos da área de Educação ou Educação Matemática.

Mais uma vez o país assistiu a uma descontinuidade de um projeto nacional que, embora necessitasse, por parte do MEC, de pesquisas de avaliação, vinha obtendo resultados e mobilizando a comunidade educacional. Isso porque, paralelamente ao desenvolvimento do PNAIC, surgem as primeiras discussões da elaboração de uma base curricular comum – a elaboração da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), prevista no Plano Nacional de Educação. O processo de elaboração do novo documento nasceu conturbado, pois foram organizadas comissões para apresentação de subsídios para tal elaboração, mas os representantes dessas comissões não foram, necessariamente, indicados pelas respectivas associações científicas. O documento aprovado em 2017 foi a quarta versão do processo. Na primeira versão, elaborada em 2015, embora não da forma como a sociedade educacional desejaria, contou com a participação dos pesquisadores em Educação Matemática. Essa versão passou por leituras críticas de pesquisadores e especialistas, bem como foi disponibilizada para consulta pública, em que os professores de todo país poderiam opinar sobre o documento. As secretarias municipais também participaram do processo, realizando seminários para discussão. Nessa fase, nós participamos como avaliadoras do documento. Pode-se dizer que, embora de forma reduzida, houve a participação da comunidade. A segunda versão, divulgada em 2016, levou em consideração a consulta pública, as recomendações e sugestões de pareceristas críticos e dos representantes de sociedades científicas.¹ Com a nova constituição do Ministério da Educação após o *impeachment* da presidenta Dilma Rousseff, a equipe elaboradora foi destituída e outra, constituída por especialistas convidados e por representantes de grupos empresariais, como a Fundação Lemann, elaborou a terceira versão que foi enviada ao Conselho Nacional de Educação no início de 2017 e aprovada em dezembro, com algumas modificações, gerando a versão definitiva. Uma das modificações refere-se ao tempo destinado à alfabetização que passou de três para os dois primeiros anos do Ensino Fundamental.

Olhar para esse movimento de elaboração da BNCC requer uma discussão sobre as políticas de currículo. Há no país vários pesquisadores que atuam na área de currículo, organizados em grupos de trabalho, e que conta com relevante publicação científica. Alguns desses estudos tomam como referência a abordagem do “ciclo de políticas” de Stephen Ball e Richard Bowe. Esses autores, segundo Mainardes (2006, p.50),

[...] propuseram um ciclo contínuo constituído por três contextos principais: o contexto de influência, o contexto da produção de texto e o contexto da prática. Esses contextos estão inter-relacionados, não têm uma dimensão temporal ou sequencial e não são etapas lineares. Cada um desses contextos apresenta arenas, lugares e grupos de interesse e cada um deles envolve disputas e embates.

O contexto de influência, na análise de Mainardes (2006, p.51), é “onde os discursos políticos são construídos. É nesse contexto que grupos de interesse disputam para influenciar a definição das finalidades sociais da educação e do que significa ser educado [...] É também nesse contexto que os conceitos adquirem legitimidade e formam um discurso de base para a política”. Esse discurso em formação recebe influências de diferentes arenas de ação – meios de comunicação social, comissões, grupos representativos e até mesmo organismos internacionais. Nesse caso, não há como deixar de destacar a influência do Banco Mundial e da OCDE nas políticas públicas voltadas à educação. E, como destacado por Freitas (2014), grupos empresariais têm atuado diretamente na elaboração dos documentos curriculares mais recentes, com a BNCC. Representantes dessas organizações têm atuado fortemente na educação brasileira, influenciando políticas públicas, como é o caso do Movimento pela Base Nacional Comum² do qual participam empresários, políticos, educadores e entidades do mercado financeiro.³

Por outro lado, pesquisadores da área educacional refutam a ideia de que o currículo de qualidade é aquele que prepara para entrada nas universidades e nas empresas. Matheus e Lopes (2014, p.349) criticam o currículo único pelo fato de ser “idealizado para uma minoria que terá sucesso e que, por consequência, desconsidera as desigualdades de condições entre os alunos”.

No contexto de produção, os textos políticos “estão articulados com a linguagem do interesse público mais geral. Os textos políticos, portanto, representam a política. [...] Os textos políticos são o resultado de disputas e acordos, pois os grupos que atuam dentro dos diferentes lugares da produção de textos competem para controlar as representações da política” (Mainardes, 2006, p.52). No atual contexto, essa disputa tem ocorrido entre os grupos empresariais e as associações educacionais e universidades, com visível vantagem dos primeiros, desconsiderando a produção científica do país, a maioria dela financiada com verbas públicas. O modo como a BNCC foi elaborada destituiu os direitos de aprendizagem da criança. Como afirma Freitas (2014, p.1090, grifos do autor):

O direito à formação ampla e contextualizada que todo ser humano deve ter é reduzido ao direito de aprender o “básico” expresso nas matrizes de referência dos exames nacionais, assumido ali como o *domínio que é considerado “adequado” para uma dada série escolar nas disciplinas avaliadas* – não por acaso as que estão mais diretamente ligadas às necessidades dos processos produtivos: leitura, matemática e ciências. Convém enfatizar que são as matrizes de referência dos exames e *não o currículo prescrito, a base nacional comum*, que definem o que será considerado como “básico”.

A resposta a esses textos vem no contexto da prática, como assinala Mainardes (2006, p.53) pois “é onde a política está sujeita à interpretação e recriação e onde a política produz efeitos e consequências que podem representar mudanças e transformações significativas na política original”. Concordando com as posições de Ball e Bowe, Mainardes (2006) assevera que o ponto-chave é que as políticas não são simplesmente “implementadas” dentro dessa arena (contexto da prática), mas estão sujeitas à interpretação e, então, a serem “recriadas”. Esse é o contexto que estamos vivendo: as diferentes redes de ensino municipais, estaduais e privadas estão se organizando para implementar a BNCC. No entanto, parece-nos que essa reinterpretação não está sendo feita, necessariamente, pelos atores da escola, mas por grupos empresariais envolvidos na elaboração, os quais vêm realizando uma série de ações para facilitar o processo aos professores e, de certo modo, desconsiderando a autonomia deles. A intervenção na prática do professor torna-se uma arena de disputas, como apontado por Oliveira e Lopes (2011) “em busca da hegemonia de uma determinada concepção, portanto, como política cultural que visa a orientar determinados desenvolvimentos simbólicos, obter consenso para uma dada ordem e/ou alcançar uma transformação social almejada”. Os “Planos de Aulas Nova Escola”⁴ são um exemplo claro que tolhe a autonomia docente. Segundo divulgação no portal que abriga tais planos, a Associação Nova Escola, criada com o apoio de sua mantenedora, Fundação Lemann e Google.org, montou um “time de professores de Matemática” para criar materiais *online* e gratuitos, para sala de aula, alinhados à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) da Educação Infantil e do Ensino Fundamental. Os planos de aula apresentam o conteúdo, o roteiro, o controle de tempo para cada ação do professor, e indicam questões a serem feitas aos alunos e como o professor pode avaliar o desempenho deles.

Propostas desse tipo estão na contramão do que entendemos por Matemática e seu ensino. A natureza do conhecimento matemático deve estar intrínseca ao trabalho do professor de modo que ele possibilite ao estudante fazer Matemática, que significa construí-la, produzi-la, por meio de resolução de problemas inteligentes ou desafiadores. O estudante deve ter a oportunidade de dialogar, formular perguntas, elaborar hipóteses, exercitar conjecturas, realizar experimentações e procurar comprovações para encontrar a solução. Isso deve ocorrer em um ambiente de comunicação de ideias e de negociação e produção de significados que vão sendo construídos nas interações espontâneas que o ambiente permite.

Como destacam Nacarato, Mengali e Passos (2009, p.42), essa perspectiva “pressupõe certa dinâmica nas aulas de Matemática, em que alunos e professores precisam envolver-se na atividade intelectual de produzir Matemática – ou de matematizar. Essa atividade que exige reciprocidade: não apenas o professor é o sujeito ativo”.

Não existe uma única prática educativa em relação à Matemática, existem vários caminhos, que são questionados a todo momento, pois apresentam alcançes e limites. O professor, conhecedor de sua turma e dos saberes que circulam em sua aula, precisa ter flexibilidade e autonomia para gerir esses acontecimentos.

Em síntese, concordamos com Oliveira e Lopes (2011, p.27-28):

Orientamo-nos pela concepção de currículo como arena de lutas em busca da hegemonia de uma determinada concepção, portanto, como política cultural que visa a orientar determinados desenvolvimentos simbólicos, obter consenso para uma dada ordem e/ou alcançar uma transformação social almejada (Canclini, 2001). Como política cultural é uma luta discursiva pela constituição de representações que envolve negociação, isto é, articulação discursiva na qual alguns grupos sociais particulares buscam defender determinadas demandas curriculares e para tal constituem representações.

Lamentavelmente, a comunidade de educadores matemáticos e outras instituições científicas não participaram dessa negociação. Mas será que gostaríamos de discutir com esses grupos?

E como ficou o ensino de Matemática nos anos iniciais nessa versão definitiva da BNCC? Esses aspectos serão nosso foco na próxima seção.

Base Nacional Comum Curricular:

avanços ou retrocessos na educação matemática na infância

Na introdução do documento de área de Matemática são explicitadas algumas concepções para a Matemática escolar. Um primeiro conceito que nos chama a atenção é o de letramento matemático. Se nos documentos do PNAIC a concepção de alfabetização na perspectiva do letramento se apoiava nos estudos na área da língua materna, considerando a ampla produção brasileira no campo do letramento, com estudos de pesquisadoras como Angela Kleimann, Magda Soares e Roxane Rojo, na BNCC a concepção de letramento matemático é retirada da Matriz de Avaliação de Matemática do Pisa 2012:⁵

O Ensino Fundamental deve ter compromisso com o desenvolvimento do *letramento matemático* definido como as competências e habilidades de raciocinar, representar, comunicar e argumentar matematicamente, de modo a favorecer o estabelecimento de conjecturas, a formulação e a resolução de problemas em uma variedade de contextos, utilizando conceitos, procedimentos, fatos e ferramentas matemáticas. (Brasil, 2017, p.264, grifos no original)

No entanto, em consulta ao documento referência⁶ para essa concepção de letramento, constatamos que houve a retirada da primeira frase: “Letramen-

to matemático é a capacidade individual de formular, empregar, e interpretar a Matemática em uma variedade de contextos”. Portanto, ao definir letramento como competências e habilidades, entende-se ser uma capacidade individual do estudante, não uma constituição histórica e cultural. Como afirmam Venco e Carneiro (2018, p.7), a BNCC será ferramenta para a “adoção de um projeto neoliberal para a educação, o qual persegue demandas internacionais voltadas à lógica da mensuração de resultados e padronização mundial da educação”.

Constata-se, em tal concepção de letramento, um antagonismo com aquela do PNAIC, que toma os letramentos como práticas sociais.

Entender a Alfabetização Matemática na perspectiva do letramento impõe o constante diálogo com outras áreas do conhecimento e, principalmente, com as práticas sociais, sejam elas do mundo da criança, como os jogos e brincadeiras, sejam elas do mundo adulto e de perspectivas diferenciadas, como aquelas das diversas comunidades que formam o campo brasileiro. (Brasil, 2014, p.15)

A concepção da BNCC, além de jogar a responsabilidade para o sujeito – ao basear-se em competências e habilidades –, desconsidera a pluralidade de contextos e culturas do país, não prevendo as práticas sociais de regiões ribeirinhas, do campo, das comunidades indígenas e quilombolas. Venco e Carneiro (2018, p.9), apoiando-se em Milton Santos, analisam que o sentido de “competências” remete “à aptidão em solucionar problemas cujos resultados possam ser mensurados [...] o padrão de competências assume um caráter científico, mas atende diretamente aos interesses do atual estágio do capitalismo”.

No caso de Matemática, na BNCC as competências elencadas aproximam-se das expectativas que defendemos para o ensino; são bastante amplas e contemplam todos os processos matemáticos. Na parte introdutória, o texto sinaliza para a integração das cinco unidades temáticas de Matemática: números, álgebra, geometria, grandezas e medidas e probabilidade e estatística. Essas unidades “orientam a formulação de habilidades a ser desenvolvidas ao longo do Ensino Fundamental” (Brasil, 2014, p.266). No entanto, numa análise apurada das habilidades propostas para cada ano, essa articulação não é explicitada. O conjunto de habilidades elencado restringe-se à própria unidade temática.

No que se refere às habilidades, constata-se que a redação dada a elas se aproxima dos descritores das matrizes de referência para as avaliações externas, o que nos sugere que ela é uma preparação para as provas Avaliação Nacional da Alfabetização (ANA) e Prova Brasil, com maior detalhamento. Concordamos com Venco e Carneiro (2018, p.11) que, embora haja aproximações, algumas habilidades não têm como ser avaliadas em provas com questões objetivas, como por exemplo, aquelas que exigem: “construir”, “esboçar”, “medir” ou “investigar”.

Quanto à análise das unidades temáticas, vamos nos limitar aqui a duas delas: probabilidade e estatística e álgebra.

A cada novo documento curricular implantado no país, novos campos da Matemática ou de áreas adjacentes são incluídos. Com os PCN no final dos anos 1990, houve a inclusão do bloco Tratamento da Informação, incluindo Estatística, Probabilidade e Combinatória. Na BNCC ele foi substituído pela unidade temática Probabilidade e Estatística. A combinatória ficou como um dos conceitos multiplicativos em numeração. No caso da Estatística, os objetos de conhecimento solicitados são os que os professores vêm trabalhando e também estão presentes nos livros didáticos mais recentes. Já no campo de probabilidade, pouco explorado pelos professores, identificamos que a forma como as habilidades foram elencadas pouco contribuirá para as práticas docentes, visto que a chamada “progressão ano a ano”, que consta nas orientações iniciais, sugerindo a ideia de um currículo em espiral, de fato não acontece; há apenas mudanças na linguagem até o 4º ano, com uma introdução brusca no 5º anos do cálculo de probabilidade. Por exemplo:

(EF01MA207) Classificar eventos envolvendo o acaso, tais como “acontecerá com certeza”, “talvez aconteça” e “é impossível acontecer”, em situações do cotidiano.

(EF02MA21) Classificar resultados de eventos cotidianos aleatórios como “pouco prováveis”, “muito prováveis”, “improváveis” e “impossíveis”.

(EF03MA25) Identificar, em eventos familiares aleatórios, todos os resultados possíveis, estimando os que têm maiores ou menores chances de ocorrência.

(EF04MA26) Identificar, entre eventos aleatórios cotidianos, aqueles que têm maior chance de ocorrência, reconhecendo características de resultados mais prováveis, sem utilizar frações.

(EF05MA22) Apresentar todos os possíveis resultados de um experimento aleatório, estimando se esses resultados são igualmente prováveis ou não.

(EF05MA23) Determinar a probabilidade de ocorrência de um resultado em eventos aleatórios, quando todos os resultados possíveis têm a mesma chance de ocorrer (equiprováveis).

Observa-se que até o 4º ano a habilidade correspondente à probabilidade tem mudança apenas na redação, os significados se mantêm. Chama-nos a atenção a observação no 4º ano “sem utilizar frações”, pois analisar a chance de ocorrência de um evento não se refere a medir essa chance; portanto, não tem sentido a observação sobre o uso de frações. Somente se usa a fração (ou porcentagem ou número na representação decimal) para o cálculo da probabilidade, que é a medida de chance. Ainda no 4º ano, na unidade temática números, há uma habilidade relacionada a problemas de contagem (EF04MA08); ou seja, uma das possibilidades de se trabalhar com problemas dessa natureza é pela construção da árvore de possibilidades, o que permite construir o espaço amostral para análise de eventos com maior chance de ocorrência, conforme consta na EF04MA25, apresentada anteriormente. No entanto, o documento não faz nenhuma menção a essa possibilidade de integração entre as unidades temáticas.

Assim, questionamos: o professor dos anos iniciais teria formação Matemática suficiente para compreender tal integração? Isso reforça, de um lado, nossa análise de que o texto introdutório da área está desconectado das habilidades elencadas; os discursos não se aproximam; de outro, deixa evidente que a implementação desse documento exige projetos de formação continuada, que possibilitem que o professor construa um repertório de saberes para ensinar Matemática. Que formações serão ofertadas aos professores? Ou há apenas a crença de que basta oferecer planos de aulas aos professores que o problema estará resolvido? Concordamos com Freitas (2014, p.1087): “Está de volta uma nova versão do tecnicismo” ou um neotecnicismo: basta aprender a fazer, sem necessidade de um conhecimento profissional para tal.

Ainda nessa unidade, consideramos também que há um salto na progressão do 4º para o 5º anos, quando são solicitados tanto a construção do espaço amostral – com vistas a identificar os eventos equiprováveis – quanto o cálculo de probabilidade.

Merece destaque, como elemento positivo, a introdução da unidade temática álgebra, embora defendamos que o documento de 2012 que subsidiou o PNAIC era mais coerente ao designar o eixo “pensamento algébrico”. Além disso, a caracterização desse eixo tinha mais sentido para as práticas dos professores. O que se constata na BNCC é que as habilidades dessa unidade temática, da mesma forma que ocorre com a de probabilidade, é uma repetição de ano para ano, com alterações apenas no texto, não fornecendo elementos para contribuir com o conhecimento do professor nesse campo tão importante da Matemática. Por exemplo:

(EF01MA10) Descrever, após o reconhecimento e a explicitação de um padrão (ou regularidade), os elementos ausentes em sequências recursivas de números naturais, objetos ou figuras.

(EF02MA11) Descrever os elementos ausentes em sequências repetitivas e em sequências recursivas de números naturais, objetos ou figuras.

Vale destacar que a introdução de contextos voltados ao pensamento algébrico desde o início da escolarização já faz parte dos currículos de muitos países, sendo trabalhado de forma gradativa, possibilitando que os alunos se apropriem dos objetos algébricos por meio da língua materna, avançando para a linguagem simbólica. No entanto, a BNCC ao mudar a nomenclatura para álgebra, retira essa concepção de pensamento algébrico; nem mesmo no texto introdutório há referências a ele. Cyrino e Oliveira (2011, p.103) entendem o “Pensamento Algébrico como um modo de descrever significados atribuídos aos objetos da álgebra, às relações existentes entre eles, à modelação, e à resolução de problemas no contexto da generalização destes objetos”. Essas autoras, num diálogo com a literatura internacional, consideram que, dentre as formas de pensamento algébrico apropriadas às crianças pequenas, destacam-se: “a integração de diferentes tópicos da Matemática (aritmética, geometria, tratamento da informação,

por exemplo), a fim de promover o desenvolvimento de formas de pensamento algébrico, que possibilitariam aos alunos uma melhor capacidade de resolução de problemas” (Cyrino; Oliveira, 2011, p.102). Não é necessária uma análise mais detalhada da BNCC para identificar que as múltiplas discussões sobre o desenvolvimento do pensamento algébrico não são contempladas. Novamente, nosso estranhamento: esse conteúdo não faz parte da formação do professor dos anos iniciais. Como ele irá enfrentar o ensino de Álgebra, com a compreensão de que, nesse ciclo de escolarização, o mais importante são os contextos que favoreçam os processos de percepção de regularidades, a identificação de padrões e a compreensão da relação de equivalência?

Equívocos e reducionismos, como os apresentados, também podem ser identificados nas demais unidades temáticas. Acreditamos que os exemplos elencados sejam suficientes para fortalecer nosso argumento de que a BNCC avançou ao introduzir novos conteúdos, mas da forma como o fez, não dá subsídios ao professor que não tem uma formação específica para ensinar Matemática e que, o modo como as habilidades foram redigidas dificilmente serão por ele compreendidas. Portanto, muitos são os desafios para a implementação desse documento e são poucas animadoras as ações até aqui apresentadas para garantir o mínimo de conhecimento para o professor trabalhar com segurança.

Perspectivas para o ensino de Matemática ante as novas políticas curriculares

Ao defender os direitos de aprendizagem relativos à Matemática no ciclo da alfabetização estamos pensando na importância de ações conjuntas, construídas por professores da escola com a comunidade escolar, em um movimento que possibilite que a educação escolar se constitua em uma ferramenta de mudança social, assumindo o papel transformador, um espaço que possibilite reflexão crítica sobre a realidade e o exercício consciente da cidadania (Brasil, 2014).

Contudo, quando nos detemos na análise da BNCC não vislumbramos como o professor dos anos iniciais, com seu repertório teórico, conseguiria gerenciar os conteúdos disciplinares com essa perspectiva. As habilidades pretendidas para cada objeto de conhecimento não remetem à compreensão direta do professor, que não passou por um processo formativo abrangente que lhe permitisse tal compreensão.

Romper com a proposta de formação continuada do professor alfabetizador iniciada em 2013, que considerava a cultura escolar e os contextos de sua prática, substituindo-a por prescrições que engessam seu trabalho, exercida por setores empresariais e não pelos espaços formativos das instituições que formam professores, coloca na berlinda o futuro do ensino da Matemática nos primeiros anos de escolarização.

Historicamente os professores que ensinam Matemática nos anos iniciais assumem um papel proeminente na seleção e na organização de conteúdos que ensinam. Nem sempre o que ocorre na sala de aula está nos documentos cur-

riculares, pois a organização desses conteúdos implica que o professor tenha domínio teórico específico da área para além de conhecimentos relacionados ao aluno e como ele aprende. Compor o que ensinar de Matemática nos anos iniciais tem se mostrado um processo emblemático para o professor. Embora ele reconheça a necessidade de abarcar as diferentes dimensões da área, como indicado nos documentos curriculares mencionados neste texto, o foco, quase sempre, tem recaído em números e operações. Desse modo, quando defendemos a importância de se criar um ambiente dentro da escola como um espaço para formação contínua dos professores para a definição do currículo e de seu desenvolvimento, estamos considerando o papel preponderante do professor na construção compartilhada do currículo praticado.

As constantes mudanças curriculares que chegam à escola, sem avaliar o impacto de propostas anteriores, sem considerar a avaliação que professor faz de seu trabalho, tendem ao fracasso. Por outro lado, as avaliações externas recaem em críticas ao trabalho docente e conduz os professores à práticas de “preparação” para responder à questões de provas. Tais ações interrompem a autonomia que foi sendo construída com os processos formativos que valorizava o protagonismo docente, desconsideram os saberes acumulados por eles. Sem dúvida, o sucesso da aprendizagem escolar depende essencialmente da clareza que o professor tem do que deve ou não ser ensinado em suas aulas, mas depende também do repertório de saberes que permitem que ele compreenda as entrelinhas que estão por trás de recomendações curriculares.

Nesse sentido, não temos expectativa de que a proposta de um currículo comum como a BNCC vá impactar a prática docente e resolver os problemas do ensino e da aprendizagem da Matemática que, provavelmente, retomará uma abordagem tecnicista.

Manifestamos nossa preocupação com a manipulação que tem sido exercida por setores da sociedade brasileira que não representam os anseios dos principais atores que praticarão o currículo proposto na escola: professores e estudantes. De maneira antidemocrática, setores empresariais têm interferido fortemente no campo educacional, atravessando o fazer docente do professor com propostas prescritivas, bombardeando as escolas e os professores com planos de aula que ignoram os saberes dos professores, desconsideram sua autonomia docente, ignoram a flexibilização necessária das ações na sala de aula.

Ainda que não se pretenda que a matriz de referência para as avaliações externas paute o que deve ser ensinado nas escolas, a tensão provocada pela imposição de um currículo comum, fortalecida pela “oferta de planos de aula”, por “formação de professores” certificada do setor empresarial, indica um cenário preocupante. Oxalá os professores possam criar movimentos de resistência, de insubordinação criativa, como defendem D’Ambrosio e Lopes (2015), mantendo um ensino de Matemática a favor do aluno.

Notas

- 1 Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computação (SBMAC), Sociedade Brasileira de Matemática (SBM).
- 2 Disponível em: <<http://movimentopelabase.org.br/>>.
- 3 Fundação Lemann, Instituto Ayrton Senna, Instituto Natura, Fundação Maria Cecília Souto Vidigal, Instituto Inspirare, Instituto Unibanco, Fundação Itaú Social, Fundação Roberto Marinho, Itaú BBA, Todos pela Educação.
- 4 Disponível em: <<https://novaescola.org.br/plano-de-aula/>>.
- 5 O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) é desenvolvido pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômicos (OCDE), entidade que congrega 34 países. Além dos países filiados, a organização tem parceria para aplicação do PISA com outros 30 países e economias, entre os quais o Brasil. O PISA se propõe a avaliar estudantes de 15 anos de idade e matriculados a partir do sétimo ano de estudo. Assim sendo, estão perto de concluir sua educação básica e já devem possuir os requisitos educacionais básicos para prosseguir na vida adulta. Particularmente, os conhecimentos em leitura, matemática e ciências.
- 6 Disponível em: <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/marcos_referenciais/2013/matriz_avaliacao_matematica.pdf>. Acesso em: ago. 2018.
- 7 Todas as habilidades da base são designadas por esse tipo de código, em que EF indica Ensino Fundamental; 01, o 1º ano; MA, Matemática; e, 20, o número da habilidade no respectivo ano.

Referências

- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: Matemática*. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC; SEF, 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: Ministério da Educação, 1996.
- BRASIL. *Elementos conceituais e metodológicos para definição dos direitos de aprendizagem e desenvolvimento do ciclo de alfabetização (1º, 2º e 3º anos) do ensino fundamental*. Brasília: Secretaria de Educação Básica Diretoria de Currículos e Educação Integral (DICEI). Coordenação Geral do Ensino Fundamental (COEF), 2012a.
- BRASIL. *Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa. Formação do Professor Alfabetizador. Caderno de Apresentação*. Brasília, DF: Ministério da Educação - ME. Secretaria da Educação Básica (SEB), Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. 2012b.
- BRASIL. *Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: Apresentação. Alfabetização matemática*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. Brasília, DF, 2017.
- CYRINO, M. C. C. T.; OLIVEIRA, H. Pensamento algébrico ao longo do Ensino Básico em Portugal. *Bolema*, Rio Claro, v.24, n.38, p.97-126, abr. 2011.
- D'AMBROSIO, B. S.; LOPES, C.E. Insubordinação Criativa: um convite à reinvenção do educador matemático. *Bolema*, Rio Claro, v.29, n.51, p.1-17, abr. 2015.

FONSECA, M. C. F. R. Alfabetização Matemática. In: *Pacto nacional pela alfabetização na idade certa*: Apresentação. Alfabetização matemática. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. 2014. p.27-32.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia*: saberes necessários à prática educativa. 28.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, L. C. Os reformadores empresariais da Educação e a disputa pelo controle do processo pedagógico na escola. *Educação & Sociedade*, Campinas, v.35, n.129, p.1085-114, out.-dez., 2014.

MAINARDES, J. Abordagem do ciclo de políticas: uma contribuição para a análise de políticas educacionais. *Educação & Sociedade*, Campinas, v.27, n.94, p.47-69, jan./abr. 2006.

MATHEUS, D. dos S.; LOPES, A. C. Sentidos de Qualidade na Política de Currículo (2003-2012). *Educação & Realidade*, Porto Alegre, v.39, n.2, p.337-357, abr./jun. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-62362014000200002>. Acesso em: ago. 2018.

NACARATO, A. M.; MENGALI, B. L. S.; PASSOS, C. L. B. *A matemática nos anos iniciais do ensino fundamental*: tecendo fios do ensinar e do aprender. Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

OLIVEIRA, A.; LOPES, A. C. A abordagem do ciclo de políticas: uma leitura pela teoria do discurso. *Cadernos de Educação*. FaE/PPGE/UFPel. Pelotas [38], p.19-41, janeiro/abril 2011.

ROLKOUSKI, E. Dos direitos de aprendizagem e do Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa à Base Nacional Comum Curricular: o caso da alfabetização matemática. *Horizontes*, Bragança Paulista, v.36, n.1, p.119-31, jan./abr. 2018.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta Curricular para o ensino de matemática 1º grau*. São Paulo, 1988.

VENCO, S. B.; CARNEIRO, R. F. “Para quem vai trabalhar na feira... essa educação está boa demais”: a política educacional na sustentação da divisão de classes. *Horizontes*, Bragança Paulista, v.36, n.1, p.7-5, jan./abr. 2018.

RESUMO – O atual contexto de políticas públicas tem gerado tensões e inseguranças ante as prescrições que chegam até as escolas e seus professores. Se, por um lado, as pesquisas apontam para a necessidade de protagonismo dos professores, por outro, a publicação de um documento como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), atrelada aos sistemas de avaliações externas, engessa o trabalho do professor. Acrescentem-se a isso as ações que vêm sendo adotadas para a implementação dessa base, num visível retorno ao neotecnicismo. Diante dessas questões, o presente artigo se propõe a discutir o contexto do ensino de Matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental, numa retrospectiva histórica das políticas curriculares das últimas décadas. Nessa trajetória, analisa-se como a BNCC interrompe um processo de avanços até então conquistados; o texto do documento aprovado pelo CNE apresenta incompletudes e contradições entre o discurso introdutório e as habilidades específicas para o ensino de matemática e

alguns objetos de conhecimento são propostos de forma reducionista, desconsiderando os avanços da pesquisa em Educação Matemática brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: Políticas de currículo, Base Nacional Comum Curricular, Ensino de Matemática, Anos iniciais do Ensino Fundamental.

ABSTRACT – The current context of public policies has generated tensions and insecurities in face of the prescriptions that reach/affect schools and teachers. If, on the one hand, research points to the need for teachers to take on a leading role, on the other hand, the publication of a document such as Brazil's National Curricular Common Core (NCCB) – linked to evaluation system – stifles the teachers' work. Not to mention the actions that have been adopted to implement the NCCB, in a visible return to neo-technicism. In face with these issues, this paper aims to discuss the context of the teaching of Mathematics in the first years of Elementary School, in a historical retrospective of the curricular policies from the last decades. In this trajectory, we analyze how the NCCB interrupts a process of previously-achieved improvements; the text of the document – approved by the CNE – has several gaps and contradictions between the introductory discourse and the specific abilities required to teach Mathematics, and is reductionist with regard to some kinds of knowledge, disregarding the advances of the research in Mathematical education in Brazil.

KEYWORDS: National Curricular Common Core, Mathematics education, Elementary school, Curriculum policies.

Cármem Lúcia Brancaglioni Passos é doutora em Educação (Educação Matemática) pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), professora da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). @ – carmen@ufscar.br

Adair Mendes Nacarato é doutora em Educação (Educação Matemática) pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), professora da Universidade São Francisco (USF). @ – adamn@terra.com.br

Recebido em 26.8.2018 e aceito em 3.9.2018.

^I Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.

^{II} Universidade São Francisco, Bragança Paulista, São Paulo, Brasil.

Materiais curriculares e professores que ensinam Matemática

JONEI CERQUEIRA BARBOSA^I

e ANDRÉIA MARIA PEREIRA DE OLIVEIRA^{II}

Introdução

A EXPRESSÃO “materiais curriculares” é utilizada para designar aqueles materiais delineados para apoiar a aprendizagem de estudantes (Remillard, 2005) e as ações dos professores em sala de aula (Remillard; Harris; Agodini, 2014). São, portanto, artefatos produzidos para serem utilizados na prática pedagógica, a qual, segundo Bernstein (2000), é qualquer relação entre quem ensina e quem aprende. No caso particular, estamos nos referindo à prática pedagógica escolar, cujo adjetivo denomina aquela que toma lugar na instituição escola. Todo material curricular pode também apoiar a aprendizagem de professores,¹ mesmo que não tenha sido o propósito de seus delineadores (Schneider; Krajcik, 2002; Davis; Krajcik, 2005).

Por sua vez, podemos identificar aqueles materiais que são explicitamente delineados para apoiar a aprendizagem de professores. No presente artigo, nomearemos esses como Materiais Curriculares para Professores, os quais, por vezes, nomearemos pela sigla MCpP para evitar repetições. Qualquer material que apresenta subsídios para o uso de um *material curricular em sala de aula* ou *tarefa para estudantes* pode ser enquadrado nessa modalidade. Um exemplo é o manual do professor no livro didático. Ele apresenta tarefas para apoiar a aprendizagem de estudantes e subsídios sobre os objetivos, os planejamentos, as possíveis dificuldades de estudantes, as respostas etc.

Assumimos como pressuposto que todo material comunica características esperadas para a prática pedagógica que se utilizará dele. Em outras palavras, trata-se de uma expectativa de realização no contexto pedagógico mediado pelos MCpP. Entretanto, é documentado na literatura que as expectativas de delineadores de materiais curriculares podem não corresponder à forma como professores os utilizam em sala de aula (Choppin, 2011). Podemos, assim, dizer que todo material curricular instaura um escopo do que pode ser feito/comunicado com ele, de modo que sua realização específica dá-se em função de cada contexto particular.

Esse entendimento é convergente com as noções de *voz e mensagem* elaboradas por Bernstein (2000). Segundo o teórico, “voz refere-se aos limites do

que poderia ser realizado [...]. Porém, a ‘voz’, embora uma condição necessária para estabelecer o que poderia ser dito e seu contexto, pode não determinar a forma de sua realização contextual; isto é, a mensagem” (ibidem, p.204, tradução nossa). A partir dessa ideia, sustentamos que o material curricular para professores, por representar uma relação pedagógica, pode apresentar uma mensagem, ou seja, uma *expectativa* de realização contextual. Porém, há um escopo de realizações possíveis nos contextos pedagógicos particulares – a voz –, e, em cada um deles, na sua forma de realização, constitui uma mensagem.

Neste artigo, analisamos as diferenças entre a mensagem dos materiais curriculares para professores que ensinam Matemática² e a mensagem da prática pedagógica escolar que os utilizou. A partir dessa análise, desenvolvemos uma discussão sobre as características de MCpP que levem em conta a voz em vez da mensagem. Para dar conta desse propósito, situamos o presente estudo na literatura, apresentamos um projeto de desenvolvimento e pesquisa de materiais curriculares para professores que ensinam Matemática e analisamos dois casos, uma professora em exercício e um futuro professor, que utilizaram tais materiais. Por fim, trazemos as conclusões desse estudo e suas implicações para a prática e a pesquisa com materiais curriculares para professores.

Materiais curriculares para professores na literatura

Materiais curriculares para professores têm sido, nas últimas décadas, um tema presente na literatura (Remillard; Herbel-Eisenmann; Lloyd, 2009; Guedet, Pepin; Trouche, 2012; Watson; Ohtani, 2015). Essa agenda de investigação tem focalizado como professores utilizam aqueles MCpP inspirados nas reformas curriculares (Stein; Kim, 2009; Crecci; Fiorentini, 2014) e como podem apoiar a aprendizagem de docentes (Schneider; Krajcik, 2002; Davis; Krajcik, 2005).

Autores argumentam que o delineamento e a disseminação de materiais especificamente delineados para apoiar professores possuem a potencialidade de viabilizar as reformas curriculares em larga escala (Stein; Kim, 2009; Remillard, Herbel-Eisenmann; Lloyd, 2009). Em relação aos MCpP, há evidências de que eles podem apoiar a aprendizagem de professores, como no estudo conduzido por Souza (2015), que observou mudanças nos padrões de participação dos professores nas aulas que os utilizaram.

Schneider e Krajcik (2002) argumentam que MCpP podem apresentar detalhamentos para apoiar os professores, como planejamentos, sequenciamento de ações, narrativas de professores, soluções de estudantes, vídeos de aula etc. Convergingo com esse entendimento, Remillard (2005) denomina esses elementos de educativos para professores, pois, além de representar possibilidades da organização da aula, constituem-se em fonte de novas aprendizagens.

O argumento de Remillard (2005) inspirou Oliveira e Barbosa (2016) a conduzir um estudo sobre as potencialidades dos MCpP em termos das ações e repercussões na prática pedagógica desenvolvida nas escolas. Os autores iden-

tificaram que MCpP com as características mencionadas no parágrafo anterior podem levar professores a analisar seus saberes-fazer, inspirarem-se para mudanças pedagógicas e familiarizarem-se com diferentes estratégias dos estudantes.

No Brasil, as secretarias municipais e estaduais de educação têm enviado MCpP às escolas para disseminar suas propostas curriculares. Como exemplo, em 2009, a Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, por meio do programa “São Paulo Faz Escola”, distribuiu materiais curriculares padronizados com características de apostilas intituladas “Caderno do Aluno” e “Caderno do Professor”.

O estudo de Crecci e Fiorentini (2014), ao analisar como professores utilizaram os MCpP do programa “São Paulo Faz Escola” nas práticas pedagógicas, mostrou que a maioria dos professores fez mudanças nos materiais devido a heterogeneidade e a defasagem em conteúdos dos estudantes. Esse resultado é convergente com outros estudos da literatura, que também documentaram as transformações operadas pelos professores nos MCpP nas práticas pedagógicas (Silva; Barbosa; Oliveira, 2013; Aguiar; Oliveira, 2014; Crecci; Fiorentini, 2014). Por decorrência, a questão não é se professores vão transformar os materiais, já que todas as evidências convergem para esse resultado, mas a interrogação principal é “como” transformam.

Como apontado na seção anterior, assumimos que todo material pode ser entendido como uma mensagem, ou seja, uma representação de sua realização contextual. Porém, ao ser deslocado para qualquer contexto específico, pode ser utilizado de diferentes modos nos contextos pedagógicos (McClain et al., 2009; Silva; Barbosa; Oliveira, 2013; Aguiar; Oliveira, 2014; Crecci; Fiorentini, 2014). Desse modo, no deslocamento para o contexto escolar, instauram-se várias possibilidades de realização, o que faz esses materiais funcionarem como uma voz, ou seja, um escopo de realizações possíveis. Isso instaura a necessidade de concebermos MCpP para além de uma *mensagem*, mas como uma *voz*.

Para realizar essa conceptualização e derivar suas implicações em termos de delineamento, iremos tomar materiais curriculares para professores e realizar uma análise comparativa entre suas mensagens e aquelas observadas em práticas pedagógicas específicas que os utilizaram. Assim, colocaremos a nu suas diferenças e a forma como os primeiros, ao serem deslocados para a realização contextual, funcionam como voz. Para tanto, focalizaremos MCpP produzidos por um projeto de pesquisa e desenvolvimento do qual fizemos parte da equipe de delineadores.

O projeto Observatório da Educação Matemática na Bahia e seus materiais curriculares para professores

Em janeiro de 2011, inspirados em estudos que analisaram os diferentes usos de materiais curriculares por professores (Remillard; Herbel-Eisenmann; Lloyd, 2009; Gueudet; Pepin; Trouche, 2012), iniciamos um projeto de desenvolvimento e pesquisa, no âmbito do Programa Observatório da Educação

(Obeduc) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). O propósito foi desenvolver materiais curriculares para professores sobre tópicos de Matemática para os anos finais do Ensino Fundamental e investigar as repercussões desses materiais nas práticas pedagógicas escolares. O título do projeto foi “A aprendizagem dos professores de Matemática com materiais curriculares educativos” (Edital n.038/2010/Capes/Inep) e teve duração de quatro anos (2011-2015).

A equipe do projeto foi composta por estudantes da graduação e pós-graduação, pesquisadores e professores que ensinam Matemática na educação básica. O grupo autodenominou-se de Observatório da Educação Matemática na Bahia (OEM-BA). No delineamento dos MCpP, o grupo definiu a seguinte composição para cada material:

a) Material curricular: tarefa destinada ao estudante baseada em resolução de problemas;

b) Material curricular comentado para o(a) professor(a): análises da gestão da aula, tendo sugestões de conteúdos e estratégias que podem ser utilizados nas aulas;

c) Planejamento: um possível sequenciamento de uma aula com o uso do material curricular, organizado em fases como introdução, desenvolvimento da tarefa, socialização e sistematização das respostas;

d) Solução do(a) professor(a): uma possível solução das questões propostas no material curricular;

e) Narrativa: um relato de uma aula, contada pelo(a) professor(a) que utilizou o material curricular na prática pedagógica;

f) Vídeos: episódios da aula considerados importantes, como a introdução, a interação professor(a)-estudantes, a socialização de respostas dos estudantes e a sistematização do conteúdo na resolução da tarefa pelo(a) professor(a);

g) Soluções de estudantes: análises de respostas de estudantes, mostrando as estratégias utilizadas na resolução da tarefa.

O grupo decidiu que os materiais curriculares ou as tarefas destinadas aos estudantes seriam problemas, ou seja, aquelas situações que requerem dos estudantes soluções para as quais eles não foram previamente expostos (Ponte, 2014). Isso permitiria que estudantes se engajassem na produção de estratégias próprias, na observação de padrões e na conjecturação.

Os MCpP elaborados pelo OEM-BA estão disponibilizados em um ambiente virtual (www.educacaomatematica.ufba.br) e são recursos educacionais abertos, portanto, de livre distribuição, edição, uso e reuso. A Figura 1 mostra um dos MCpP do ambiente virtual com seus respectivos elementos.



Fonte: Disponível em: <www.educacaomatematica.ufba.br>.

Figura 1 – Página do site do Observatório da Educação Matemática na Bahia.

Cada um dos materiais curriculares (tarefas destinadas aos estudantes) foi utilizado nas aulas de professores que integravam a equipe do OEM-BA. A partir da documentação, discussão e reflexão sobre a experiência, foi possível delinear os demais elementos de cada MCpP, elencados acima nos itens de (b) a (g). Portanto, cada MCpP que consta no ambiente virtual do OEM-BA comunica uma realização contextual, ou seja, uma mensagem. Isso fica particularmente evidente na apresentação da solução do(a) professor(a), na narrativa da aula, nos vídeos de aulas e nas soluções de estudantes, os quais foram documentados em contextos particulares, que, no caso, foram as salas de aula dos professores que integravam a equipe do OEM-BA. Com isso, convergente com a argumentação desenvolvida por Scheneider e Krajcik (2002) e Remillard (2005), os participantes do projeto tinham a expectativa de que tais MCpP pudessem inspirar outros professores a implementarem propostas de mudanças pedagógicas baseadas em resolução de problemas.

Em paralelo à dimensão do desenvolvimento dos MCpP, o OEM-BA desenvolveu pesquisas sobre a aprendizagem de professores a partir do uso de tais materiais, como o estudo de Souza (2015). Um dos aspectos que atraíram nossa atenção foi justamente as diferenças entre o que está comunicado nos materiais e o que ocorreu nas aulas de professores externos à equipe do OEM-BA que os utilizaram.

Neste artigo, retomamos essa discussão à luz dos conceitos de voz e mensagem, o que ainda não foi realizado nas publicações anteriores (Santana, 2015; Souza, 2015). Para isso, revisitamos os casos de uma professora em exercício e um futuro professor que utilizaram materiais publicados no ambiente virtual do OEM-BA.

O caso da professora Ana³

A professora Ana ensinava a disciplina Matemática no Ensino Médio e teve contato com os MCpP do OEM-BA, por meio de um curso de extensão, que ocorreu em 2014. Ela, assim, decidiu utilizar um dos materiais em uma turma do 1º ano do Ensino Médio. Naquele momento, a pesquisadora Jamille Vilas Boas de Souza acompanhou-a como parte da produção dos dados para seu projeto de pesquisa do doutorado, que teve como objetivo analisar as formas de participação de professores que ensinam Matemática com os materiais nas práticas pedagógicas (Souza, 2015). A produção dos dados ocorreu prioritariamente por meio de observações e entrevistas.

Como anunciado anteriormente, faremos uma releitura dos dados à luz dos conceitos de voz e mensagem. Trata-se, portanto, de dados secundários, ou seja, produzidos e registrados para outra interrogação de pesquisa (Johnson; Christensen, 2014); entretanto, ao revisitá-los, tivemos novos *insights* que trazemos para discussão neste artigo.

Ana escolheu o MCpP que trata de duas das relações métricas no triângulo retângulo: $a \cdot b = b \cdot c$ e $a = m+n$, sendo b a altura do triângulo relativa à hipotenusa, b e c as medidas dos catetos do triângulo e m e n as medidas das projeções dos catetos na hipotenusa. Ela utilizou a tarefa destinada ao estudante tal como foi publicado no ambiente virtual do OEM-BA, conforme a Figura 2. No anexo à tarefa, há orientações para a construção de um *kit* de materiais manipuláveis para serem utilizados na resolução da tarefa, conforme a Figura 3.

Como se pode perceber na Figura 3, o material curricular demanda dos estudantes inferir duas das relações métricas no triângulo retângulo: $a \cdot b = b \cdot c$ e $a = m+n$, a partir da solução às questões com o uso do *kit* de materiais manipuláveis.

O MCpP indicava uma proposta de sequenciamento da aula, com vistas a envolver estudantes na observação de regularidades. Na página de abertura, os momentos da aula são divididos em introdução, momento em que acontece a distribuição da tarefa com o *kit* de materiais manipuláveis e a leitura das questões da tarefa. Na sequência, segue a resolução do problema, momento em que estudantes, organizados em grupos, buscam soluções para a tarefa; a socialização, momento em que são apresentadas as soluções para a turma e a professora, e, por fim, a sistematização, que consiste na formalização pelo professor do conteúdo matemático explorado na tarefa. Este mesmo sequenciamento está presente na narrativa do(a) professor(a) que consta como parte do MCpP.

Entretanto, os dados produzidos por Souza (2015) mostraram que Ana implementou um outro sequenciamento para a aula que utilizou o material cur-

DESCOBRINDO RELAÇÕES MÉTRICAS NO TRIÂNGULO RETÂNGULO

Caro(a) estudante, esta tarefa envolve relações métricas que podemos estabelecer no triângulo retângulo. Inicialmente, iremos nos organizar em grupos e cada grupo receberá um kit com figuras geométricas. Vamos começar?!

- Observe os triângulos que você recebeu e responda as seguintes questões:
 - O que há em comum entre eles?
 - Nos dois triângulos sem identificação nos lados, considere a hipotenusa como a base e trace a altura do triângulo em relação à base. Em seguida, corte os dois triângulos no segmento de reta que você traçou. O que você obteve?
 - Nomeie os lados das figuras que você obteve quando cortou os triângulos. Observe e compare os dois triângulos que tem identificação e registre suas observações.
- Com as peças vermelhas, monte um retângulo qualquer e com as peças azuis, monte outro retângulo com dimensões diferentes do primeiro. Observe os dois triângulos e diga o que podemos afirmar sobre a área deles?

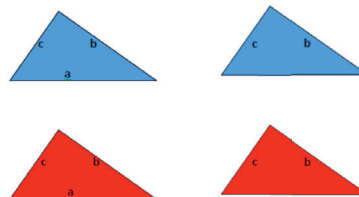
Material produzido pelo OEM-Bahia. Acesse em www.educacaomatem

Fonte: Disponível em: <www.educacaomatemtica.ufba.br>.

Orientações para a construção do kit triângulos:

O kit é composto por quatro triângulos retângulos congruentes, sendo dois na cor azul e dois na cor vermelha. Em um triângulo na cor azul e um na cor vermelha é necessário identificar os três lados, nos outros dois triângulos identifique somente os catetos. Uma sugestão de medida dos lados do triângulo é: 15 cm, 12 cm e 9 cm.

Kit triângulos:



Material produzido pelo OEM-Bahia. Acesse em www.educacaomatem

Fonte: Disponível em: <www.educacaomatemtica.ufba.br>.

Figura 2 – Página do site do Observatório. Figura 3 – Página do site do Observatório.

ricular da Figura 2. Inicialmente, ela fez uma aula expositiva sobre as relações métricas no triângulo retângulo, o que incluiu suas demonstrações formais. Em seguida, ela aplicou uma avaliação desse conteúdo aos estudantes. E, por fim, utilizou o material curricular da Figura 2 como exercício. Desse modo, os estudantes foram demandados a lembrar do conteúdo abordado pela professora Ana anteriormente. Isto fica evidente em um trecho da aula transcrito por Souza (2015):

Ana: Todas são áreas e essas figuras são retângulos, a gente conclui o quê? O que a gente encontrou aqui? A relação?

Estudantes: Que o lado, o lado, um lado do retângulo é...

Ana: Você disse que base vezes [referindo-se a como calcula área do retângulo]. A gente chega a alguma relação métrica do triângulo, *que a gente estudou* [grifo nosso]? Isso é um retângulo. Tem alguma? Tem algum que usa isso aí?

[...]

Ana: É, certo, “a” vezes “h” é igual a quê?

Estudantes: “b” vezes “c”. E?

Estudantes: “a” vezes “h” ao quadrado, eu acho, não é não?

Ana: Não!

Estudantes: “a” vezes “h” é igual a “b” vezes “c”.

Estudantes: “a” vezes “h” é igual a “b” vezes “c”.

No trecho, notamos que a própria professora Ana solicitou que os estudantes se lembrassem da exposição anterior. Além disso, os registros de observação da aula indicam que os próprios estudantes não viram utilidade do *kit* de

materiais manipuláveis, deixando-os de lado. Concentraram-se em lembrar as relações métricas do triângulo retângulo abordadas anteriormente pela professora.

Na entrevista, a professora Ana reconheceu que os estudantes “só fizeram substituir e foi mecânico”. E completa: “É, muitas atividades que a gente faz, a gente acaba conduzindo, fazendo ele ir e fazer, entendeu?”. Esse trecho da entrevista sugere uma certa tradição da Matemática escolar, na qual estudantes são conduzidos a seguirem um exemplo de resolução. A aula da professora Ana seguiu o sequenciamento pertinente a essa tradição, o qual é composto por exposição, exemplos, exercícios e correção (Skovsmose, 2000). Nesse sequenciamento, a tarefa destinada aos estudantes acabou constituindo-se em um exercício, pois foi precedido por uma exposição/explicação sobre o que e como fazer, servindo para consolidar um conteúdo anteriormente apresentado na exposição. Portanto, diferentemente do MCpP, no qual a tarefa era um problema para os alunos, o sequenciamento adotado na aula da professora Ana converteu-o em um exercício.

O caso da professora Ana ilustra a diferença entre o sequenciamento comunicado no material e o sequenciamento da prática pedagógica que se utilizou desse material. Enquanto o primeiro preconiza a organização da aula por meio das fases de introdução, resolução da tarefa pelos estudantes, organizados em grupo, socialização das soluções e sistematização pelo professor, a aula observada da professora Ana organizou-se por meio da exposição do conteúdo, da aplicação de uma avaliação e da resolução da tarefa do MCpP pelos estudantes como um exercício.

Portanto, identificamos as diferenças entre a mensagem do material curricular para professores e aquela da prática pedagógica observada que se utilizou desse último em termos do sequenciamento. Como mencionamos, a diferença entre a mensagem dos materiais e a mensagem das práticas pedagógicas que os utiliza é esperada. Porém, o que instiga é o fato de essa diferença ser marcada por mensagens inconciliáveis. Os dois sequenciamentos analisados não possuem similaridades, bem como a função da tarefa destinada ao estudante como “problema” e “exercício”. Esse aspecto nos fez refletir sobre as características dos MCpP, o que retomaremos adiante. Antes, porém, iremos analisar mais um caso: agora, um futuro professor atuando no Estágio Supervisionado de um curso de Licenciatura em Matemática.

O caso do licenciando Anderson⁴

Anderson era um estudante da Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em 2014. Na componente curricular Estágio Supervisionado, ele foi convidado pela professora da disciplina, Thaine Souza Santana, que integrava a equipe do OEM-BA, a utilizar os MCpP que estão disponibilizados no site do projeto. O caso do futuro professor Anderson foi analisado em Santana (2015) em um estudo sobre como futuros pro-

fessores realizaram a transformação de materiais curriculares para professores ao utilizarem no contexto da componente curricular Estágio Supervisionado. Os dados foram produzidos por meio de observações e entrevistas. Análogo ao caso da professora Ana, na seção anterior, fazemos uma releitura dos dados, com vista à análise das diferenças entre a mensagem do material curricular para professores e a mensagem da prática pedagógica que se utiliza dele.

Anderson escolheu o material que focaliza as relações entre medidas dos lados e ângulos dos triângulos. Na tarefa, conforme a Figura 4, esperava-se que os estudantes, por observação de regularidades, inferissem que um triângulo equilátero possui três ângulos internos congruentes e iguais a 60° ; um triângulo isósceles possui, pelo menos, dois ângulos congruentes; e um triângulo escaleno possui todos os ângulos de medidas diferentes. Para isso, foi entregue aos estudantes um *kit* de figuras triangulares (Figura 5), das quais os estudantes deveriam verificar o número de lados e ângulos de medidas iguais.

CLASSIFICANDO OS TRIÂNGULOS

Caro(a) estudante, esta tarefa envolve explorações com triângulos. Vamos começar?!

1. Utilize os triângulos da folha em anexo para preencher a tabela a seguir:

| | NÚMERO DE LADOS COM MEDIDAS IGUAIS | NÚMERO DE ÂNGULOS COM MEDIDAS IGUAIS |
|--------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Triângulo 1 (T1) | | |
| Triângulo 2 (T2) | | |
| Triângulo 3 (T3) | | |
| Triângulo 4 (T4) | | |
| Triângulo 5 (T5) | | |
| Triângulo 6 (T6) | | |
| Triângulo 7 (T7) | | |
| Triângulo 8 (T8) | | |
| Triângulo 9 (T9) | | |
| Triângulo 10 (T10) | | |
| Triângulo 11 (T11) | | |

2. A partir do preenchimento da tabela, como podemos agrupar os triângulos da folha em anexo? Descreva as características de cada grupo formado.

Material produzido pelo OEM-Bahia. Acesso em www.educacaomatema.ufba.br

Fonte: Disponível em: <www.educacaomatematica.ufba.br>.

Figura 4 – Página do site do Observatório.

ANEXO

Material produzido pelo OEM-Bahia. Acesso em www.educacaomatematica.ufba.br

Fonte: Disponível em: <www.educacaomatematica.ufba.br>.

Figura 5 – Página do site do Observatório.

Diferentemente do caso da professora Ana, o licenciando Anderson seguiu o sequenciamento sugerido pelo material, o qual era composto por introdução, resolução em grupo, socialização e sistematização. Entretanto, foi observado que os estudantes da turma resistiram ao que foi solicitado: explorar o *kit* de figuras triangulares, anotar os dados na tabela e produzir inferências. Essa resistência pode ser explicada pela socialização dos estudantes na tradição da Matemática escolar, no qual seus papéis restringem-se a seguir exemplos dados pelo professor. Isso se manifesta nas questões dos estudantes que, de alguma maneira, solicitam direcionamento por parte dos professores. Por exemplo, mesmo depois da leitura e da provocação inicial, ocorreram perguntas dessa natureza: “o que é que eu vou colocar nessa tabela aqui?”, “explica aí como fazer, professor”.

Os próprios estudantes pareciam requerer um direcionamento sobre os passos a serem executados.

Entretanto, no MCpP em questão, encontramos menções a um padrão comunicativo dialógico, o que se caracteriza por constituir situações em sala de aula em que estudantes elaborem estratégias próprias e engajem-se em discussões (Alrø; Skovsmose, 2006). Por exemplo, na página de abertura do material, lê-se “durante a realização das medidas dos lados e ângulos dos triângulos pelos estudantes, acompanhe-os de modo a esclarecer dúvidas, assim como na resolução das questões, mas não interfira no caráter investigativo da tarefa”.

Aparentemente, como forma de lidar com a resistência dos estudantes, Anderson começou a ser mais diretivo, o que significou guiar estudantes sobre o que e como abordar a tarefa. O trecho da aula, a seguir, é ilustrativo:

Um aluno: Está tudo confuso aqui!

Anderson: Isso aqui é um triângulo [o professor desenha a representação do triângulo na lousa]! O lado do triângulo é o quê? [apontando para o lado do triângulo na lousa] Essa parte aqui corresponde ao primeiro lado, essa parte aqui corresponde ao terceiro, (...) isso aqui são os lados dos triângulos. A gente vai perceber quantos deles têm a mesma medida. Isso aqui são os ângulos de um triângulo (identificando na lousa) e a gente vai perceber quais deles têm a mesma medida. É isso que a gente vai fazer. Esclareceu?

Uma aluna: Não, agora é o outro aí, o ângulo!

Anderson: O ângulo é isso aqui, olha, aluna! É o ângulo! Então, a gente vai ver essas medidas aqui, esses números são iguais.

Outra aluna: E se não houver ângulo?

[...]

Anderson: Aí vocês não colocam. Se não tiver nenhum ângulo em comum, nenhum ângulo igual, vocês vão colocar o que, se não tem? O número que corresponde a nenhum, o zero!

Esse trecho ilustra como Anderson acabou por especificar os passos da tarefa, isentando os estudantes de lê-la e interpretá-la. Esse trecho sugere uma diferença entre a mensagem do MCpP e da prática pedagógica observada, já que a primeira preconiza padrões comunicativos dialógicos, baseados no questionamento aos estudantes e na provocação de discussões na aula; enquanto, na segunda, começamos a observar, em face da própria demanda dos estudantes, um padrão comunicativo caracterizado pelo direcionamento dos estudantes. Podemos notar outra diferença entre a mensagem do material e o que aconteceu na aula na fase de socialização. No material, na aba solução do professor, diz-se o seguinte “incentive os estudantes a descrever com suas próprias palavras as características observadas nos triângulos”. Essa dimensão da mensagem também está presente na narrativa do(a) professor(a) que consta como parte do MCpP. Entretanto, na aula de Anderson, a sistematização ocorreu por meio dele próprio apresentando a conjectura esperada:

Anderson Vamos ver aqui... Esses triângulos aqui possuem o mesmo lado e os ângulos são de 60° ... Já esses com dois lados iguais possuem dois ângulos iguais... E esses que os lados são todos diferentes, os ângulos também são diferentes.

Diferentemente do material que comunica uma prática pedagógica, na qual os estudantes pudessem observar tais regularidades, o professor Anderson acabou por apresentá-las. Na entrevista, ele mostrou que estava preocupado em manter o cunho “investigativo” da tarefa, mas reconheceu que era preciso “explicar algumas coisas” para o sucesso da tarefa.

Eu fiquei muito confuso por ser uma tarefa investigativa e surgiram muitas dúvidas. Eu fiquei com medo, com receio de tentar tirar as dúvidas e tirar o cunho de investigação que a tarefa propõe e aí eu fiquei naquilo, mas se eu não explicasse algumas coisas, eles não iam conseguir fazer a atividade.

Como discutido em Santana (2015), Anderson lidou com o conflito entre manter a tarefa como problema e possibilitar que os estudantes resolvessem a tarefa de modo satisfatório. Para o propósito do presente artigo, entretanto, focamos as diferenças nos padrões comunicacionais representadas no material curricular e aquelas da prática pedagógica da qual Anderson participou como professor.

A partir dos dados mencionados nesta seção, parece-nos claro que inicialmente Anderson planejava manter um padrão comunicacional dialógico, inspirado no contato com o MCpP, mas em face da resistência dos estudantes, manifestada pela demanda de direcionamento, ele acabou por guiar os estudantes sobre o que fazer e a própria identificação da conjectura a partir da tabela preenchida na tarefa. O efeito disso também foi converter o problema em um exercício, já que foi dito aos estudantes o que fazer, bem como a conjectura a ser produzida a partir das regularidades da tabela que consta na tarefa (Figura 4).

Portanto, podemos observar duas mensagens em termos de padrões comunicativos: a do material, caracterizada por questionamentos, discussões e conjecturação, e da prática pedagógica observada, caracterizada por direcionamento dos estudantes sobre o que fazer, como e o que concluir. O que nos instiga no caso do professor Anderson é como seu propósito inicial, inspirado pelo material, de manter o ambiente de resolução de problemas, converte-se em um padrão comunicativo diretivo na realização contextual. Esse aspecto provocou-nos a aprofundar a análise sobre a realização contextual dos MCpP, o que faremos na próxima seção.

O que os casos de Ana e Anderson nos ensinam?

Os MCpP, utilizados por Ana e Anderson, apresentam respectivamente os detalhes de realizações de duas aulas que implementaram a resolução de problemas. Esses comunicam uma realização contextual sobre o uso da tarefa destinada aos estudantes em turmas de professores que integravam a equipe do

OEM-BA. Os MCpP ilustram práticas pedagógicas com características sobre o sequenciamento da aula, o que é demandado dos estudantes, o padrão comunicacional, entre outros aspectos; portanto, cada material comunica *uma* mensagem. Baseado nos argumentos postos na literatura (Schneider; Krajcik, 2002; Remillard, 2005), os delineadores dos materiais publicados no ambiente virtual do OEM-BA tinham a expectativa de que esses servissem de *ilustração*, inspiração, para outros professores interessados em propostas de mudanças.

Entretanto, como também já documentado na literatura (Remillard; Herbel-Eisenmann; Lloyd, 2009), os casos de Ana e Anderson mostram diferentes modos de usos dos materiais quando esses são deslocados para a aula da disciplina Matemática. Os dados analisados sugerem que as diferenças entre as mensagens observadas nas respectivas práticas pedagógicas são conflitantes com as mensagens dos materiais. Para Bernstein (2000, p.202), não é estranho perceber mensagens conflitantes entre diferentes práticas pedagógicas, pois, para o teórico, “conflitos são endêmicos dentro e entre arenas pedagógicas na luta pelo domínio”.

O sequenciamento da aula pela professora Ana e o padrão comunicativo adotado pelo professor Anderson ilustram os conflitos com as mensagens dos materiais produzidos pelo OEM-BA. Como os dados sugerem, a professora Ana reconheceu a dificuldade de desafiar a tradição da Matemática escolar organizada em torno da exposição e exemplos. Por sua vez, o professor Anderson, diante da resistência dos estudantes a um padrão comunicativo dialógico, retomou o direcionamento sobre o que e como fazer e o que concluir.

À luz da sociologia de Bernstein (2000), toda prática pedagógica é regulada por princípios que estabelecem o que é aceitável ou não. Assim, a relação dos professores com MCpP pode ser vista em termos de como eles selecionam, transformam e posicionam as mensagens comunicadas pelos materiais nas práticas pedagógicas. Convergente com os resultados do estudo de Aguiar e Oliveira (2014), Ana e Anderson operaram modificações nas mensagens dos materiais para se enquadrar às especificidades do contexto escolar.

Por conseguinte, o pressuposto de que os materiais curriculares para professores sirvam de ilustração pode ser refutado. No deslocamento dos materiais para as práticas pedagógicas, os MCpP funcionam como voz, já que há várias possibilidades de realizações contextuais, podendo inclusive ser conflitantes com a própria mensagem do material. Pode ocorrer de, assim, ele se constituir como complementar à tradição da Matemática escolar e os MCpP converterem-se em uma fonte de exercícios.

Assim, não queremos sugerir que devemos eliminar os conflitos entre a mensagem do material e aquela de uma dada realização contextual. Além de impossível, como nos ensina Bernstein (2000), isso se configuraria em um postura colonizadora, que reduziria os professores a técnicos para implementar o que os delineadores de materiais concebem.

O propósito ilustrativo de materiais curriculares para professores, como é o caso daqueles até então delineados pelo OEM-BA, acaba por “invisibilizar” os conflitos com outras realizações contextuais. Portanto, os professores que se utilizam dos materiais podem não perceber tais conflitos, o que, por sua vez, pode obstruir a tomada de decisão sobre como utilizar o material dentre as várias possibilidades dadas pela voz. Uma decorrência desse entendimento é questionar a natureza ilustrativa dos MCpP. O argumento posto na literatura já mencionado e que inspirou o OEM-BA mostra-se, portanto, limitado para subsidiar os professores no deslocamento dos materiais para as salas de aula. Somos, assim, instados a reelaborar as mensagens dos MCpP para além da ilustração.

E agora, que mensagens para os materiais curriculares para professores?

No presente estudo, partimos da premissa posta na literatura de que materiais curriculares para professores deveriam servir de ilustração e, portanto, aprendizagem para professores. Examinamos, em particular, os MCpP delineados pelo grupo autodenominado OEM-BA, do qual fizemos parte. Empiricamente, analisamos as diferenças entre as mensagens dos materiais e aquelas das práticas pedagógicas que os utilizaram.

Os resultados mostram que tais mensagens podem ser conflitantes, sugerindo que o propósito ilustrativo dado aos materiais, para servirem de inspiração, não foi alcançado. Uma hipótese é que materiais ilustrativos que apresentam uma única mensagem não mostram os conflitos entre as diferentes mensagens de práticas pedagógicas.

Se a relação entre as mensagens é conflitante, então os materiais curriculares para professores não podem reduzir-se a uma mensagem. Em outras palavras, se qualquer material, ao ser deslocado para sala de aula, instaura um escopo de possibilidades, então o material, ele mesmo, deve comunicar diversas mensagens. Portanto, o material não deveria ser ilustrativo, mas conflitante. Ele deve trazer diferentes maneiras de realização contextual da tarefa para estudantes. Desse modo, o professor pode melhor perceber os desdobramentos de determinadas decisões e, assim, está atento, na aula, para a tomada de decisões.

Suponhamos que, à luz desse *insight*, fossemos reelaborar os materiais curriculares para professores ilustrados nas Figuras 2 e 4. Além do sequenciamento “introdução – trabalho em grupo – socialização – sistematização” apresentado na página inicial do material e na narrativa, poderíamos apresentar e discutir outros sequenciamentos. Dessa maneira, daríamos visibilidade aos conflitos entre tais sequenciamentos e seus efeitos na prática pedagógica. Por exemplo, o material pode, assim, em suas partes constitutivas, também discutir o que pode acontecer na prática pedagógica quando se adotam diferentes sequenciamentos. Analogamente, em vez de apenas representar um padrão comunicativo dialógico, marcado por questionamentos e discussões, o material também pode dar visibilidade ao que pode acontecer na prática pedagógica quando se adota um pa-

drão comunicativo diretivo. E assim podemos proceder para as várias dimensões da prática pedagógica comunicada em um material curricular para professores.

Por consequência, tais conclusões apontam a necessidade de se produzir materiais curriculares para professores com mensagens conflitantes em vez de ilustrativas. Para tal, se seguida a estratégia do OEM-BA de basear-se na prática pedagógica, é preciso utilizar a tarefa para estudantes de diferentes modos em diferentes contextos. Com isso, teremos subsídios empíricos para delinear materiais ancorados em uma diversidade de práticas pedagógicas e, portanto, com diferentes mensagens. Assim feito, novas questões de pesquisa emergem, como retomar a questão que orientou o presente estudo, porém, agora, com materiais com mensagens conflitantes. Esse foco nos ajudaria a entender melhor as potencialidades dos materiais com essas características e seus deslocamentos para as práticas pedagógicas.

Notas

- 1 O papel assinalado aos *materiais curriculares* na *aprendizagem de professores* é válido para qualquer que seja o entendimento teórico desse último conceito.
- 2 Preferimos a expressão “professores que ensinam Matemática” a “professores de Matemática”, pois a primeira denota os profissionais que exercem a tarefa profissional de ensinar Matemática independente da formação inicial.
- 3 Ana é um pseudônimo utilizado aqui para nomear a professora.
- 4 Anderson é um pseudônimo utilizado aqui para nomear o licenciando.

Referências

- AGUIAR, W. R.; OLIVEIRA, A. M. P. A transformação dos textos dos Materiais Curriculares Educativos por professores de Matemática: uma análise dos princípios presentes na prática pedagógica. *Bolema – Boletim de Educação Matemática*, Rio Claro, v.28, n.49, p.580-600, 2014.
- ALRØ, H.; SKOVSMOSE, O. *Diálogo e Aprendizagem em Educação Matemática*. Trad. Orlando de Andrade Figueiredo. Belo Horizonte: Autêntica, 2006. 160p.
- BERNSTEIN, B. *Pedagogy, symbolic control and identify: theory, research, critique*. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, 2000. 230p.
- CHOPPIN, J. Learned adaptations: Teachers’ understanding and use of curriculum resources. *Journal of Mathematics Teacher Education*, New York, v.14, n.5, p.331-53, 2011.
- CRECCI, V. M.; FIORENTINI, D. Gestão do Currículo de Matemática sob Diferentes Profissionalidades. *Bolema – Boletim de Educação Matemática*, Rio Claro, v.28, n.49, p.601-620, ago. 2014.
- DAVIS, E. A.; KRAJCIK, J. S. Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher*, Thousand Oaks, v.34, n.3, p.3-14, 2005.

- GUEUDET, G.; PEPIN, B.; TROUCHE, L. *From text to 'Lived' resources: mathematics curriculum materials and teacher development*. New York: Springer, 2012. 363p.
- JOHNSON, R. B.; CHRISTENSEN, L. B. *Educational research: quantitative, qualitative, and mixed approaches*. 5. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2014. 744p.
- MCCLAIN, K.; ZHAO, Q.; VISNOVSKA, J.; BOWEN, E. Understanding the role of the institutional context in the relationship between teachers and text. In: REMILLARD, J. T.; HERBEL-EISENMANN, B. A.; LLOYD, G. M. (Ed.) *Mathematics teachers at work: connecting curriculum materials and classroom instruction*. New York: Routledge, 2009. p.56-69.
- OLIVEIRA, A. M. P.; BARBOSA, J. C. Potencialidade de Materiais Curriculares Educativos para a Componente Curricular Prática de Ensino. *Educação Matemática em Revista*, Brasília, n.49B, p.116-123, abr. 2016.
- PONTE, J. P. Tarefas no ensino e na aprendizagem da Matemática. In: PONTE, J. P. (Org.) *Práticas profissionais dos professores de Matemática*. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, 2014. p.13-30.
- REMILLARD, J. T. Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, Berkeley, v.75, n.2, p.211-46, 2005.
- REMILLARD, J. T.; HARRIS, B.; AGODINI, R. The influence of curriculum material design on opportunities for student learning. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, New York, v.46, n.5, p.735-49, 2014.
- REMILLARD, J. T.; HERBEL-EISENMANN, B.A.; LLOYD, G. M. (Ed.) *Mathematics teachers at work: connecting curriculum materials and classroom instruction*. New York: Routledge, 2009. 396p.
- SANTANA, T. S. *A recontextualização pedagógica de materiais curriculares educativos operada por futuros professores de matemática no estágio de regência*. Salvador, 2015. 111f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Salvador, 2015.
- SCHNEIDER, R. M.; KRAJCIK, J. Supporting science teacher learning: the role of educative curriculum materials. *Journal of Science Teacher Education*, New York, v.13, n.3, p.221-45, 2002.
- SILVA, M. S.; BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, A. M. P. Materiais curriculares educativos sobre modelagem matemática e a recontextualização pedagógica operada por professores iniciantes. *Unión – Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, La Laguna, n.34, p.47-67, 2013.
- SKOVSMOSE, O. Cenários para Investigação. *Bolema – Boletim de Educação Matemática*, Rio Claro, v.13, n.14, p.66-91, 2000.
- SOUZA, J. V. B. *Professores de matemática e materiais curriculares educativos: participação e oportunidades de aprendizagens*. Salvador, 2015. 102f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Salvador, 2015.
- STEIN, M. K.; KIM, G. The role of mathematics curriculum materials in large-scale

urban reform: an analysis of demands and opportunities for teacher learning. In: REMILLARD, J. T.; HERBEL-EISENMANN, B. A.; GWENDOLYN M. L. (Ed.) *Mathematics teachers at work: connecting curriculum materials and classroom instruction*. New York: Routledge. 2009. p.37-55.

WATSON, A.; OHTANI, M. (Ed.) *Task Design In Mathematics Education: an ICMI study 22*. New York: Springer, 2015. 339p.

RESUMO – O presente estudo focaliza as diferenças entre as mensagens de materiais curriculares para professores que ensinam matemática e as mensagens de práticas pedagógicas que utilizam. Para tal, usamos dados secundários vindos da observação de duas práticas pedagógicas, nas quais, respectivamente, uma professora em exercício e um futuro professor utilizaram-se desses materiais. Dados de entrevistas também foram usados. A análise sugere que materiais curriculares para professores que ilustram apenas uma mensagem de prática pedagógica não mostram os conflitos com outras mensagens. Por decorrência, concluímos que, para dar visibilidade ao escopo de realizações contextuais com um material curricular, esse deve comunicar diferentes mensagens.

PALAVRAS-CHAVE: Professores, Materiais, Currículo, Formação.

ABSTRACT – This study focuses on the differences between the messages of curricular materials for teachers of Mathematics and the messages of pedagogical practices that they use. For this, we use secondary data from the observation of two pedagogical practices, in which a current teacher and a future teacher use these materials. Interview data were also brought into consideration. The analysis suggests that curricular materials for teachers that illustrate only one message of pedagogical practice don't show the conflicts with other messages. Therefore, curricular material for teachers should communicate different messages in order to give visibility to the scope of contextual realizations.

KEYWORDS: Teachers, Materials, Curriculum, Teacher education.

Jonei Cerqueira Barbosa é professor associado da Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia, professor permanente no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS e no Programa de Pós-Graduação em Educação da UFBA. Líder do Grupo de Pesquisa Ensino de Ciências e Matemática (ENCIMA). @ – jonei.cerqueira@ufba.br

Andréia Maria Pereira de Oliveira é professora adjunta da Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia, professora permanente no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS e no Programa de Pós-Graduação em Educação da UFBA. Membro do Grupo de Pesquisa Ensino de Ciências e Matemática (ENCIMA). @ – ampo@ufba.br

Recebido em 9.9.2018 e aceito em 18.10.2018.

^{1 e 2} Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

Conexões extramatemáticas na formação inicial de docentes

YULY VANEGAS^I e JOAQUÍN GIMÉNEZ^{II}

Introdução

VÁRIOS ESTUDOS em Educação Matemática descrevem as dificuldades que os alunos têm para conectar sua aprendizagem com sua vida diária. Para construir essas conexões, sugere-se a criação de ambientes orientados a aprender competência sem perder de vista o significado mediante o uso de problemas reais (Clark; Lampert, 1986) e fazer propostas interdisciplinares. Alguns autores, por outro lado, acreditam que as atitudes criativas devem ser fomentadas por meio da promoção de processos matemáticos como explorar, usar representações diferentes e usar ambientes tecnológicos colaborativos, ou projetos, e colocar atividades de resolução de problemas em contextos do mundo real (Verschaffel; Greer; De Corte, 2000).

Uma abordagem interdisciplinar é um elemento-chave para qualquer empreendimento educacional bem-sucedido que visa preparar gerações futuras para enfrentar a complexidade e a interconectividade do nosso mundo. Neste trabalho, nosso objetivo é reconhecer a ideia de conexão que utilizam futuros professores do Ensino Fundamental, no planejamento e desenho de sequências didáticas, e na reflexão inicial sobre eles. A interdisciplinaridade é considerada uma relação entre ideias para avançar além das fronteiras das disciplinas, articulando noções, gerando conceitos, teorias e métodos, estabelecendo pontes entre diferentes níveis de realidade, diferentes lógicas e diferentes formas de conhecimento (Wanderley, 2013).

A formação de professores não pode ser alheia a essas abordagens e, por isso, consideramos que devam se desenvolver tarefas profissionais que ajudem a reconhecer, para os futuros professores, o valor e a necessidade de conexões na construção de tarefas escolares, avaliação de planejamento e projeto antes mesmo da implementação da escola (Giménez; Vanegas; Font, 2017). Nossa hipótese é que os futuros professores do Ensino Fundamental não valorizam inicialmente as conexões na construção de significados dos objetos matemáticos e contextos como recursos simples provocadores e como elementos de mediação.

Conexões e formação de professores

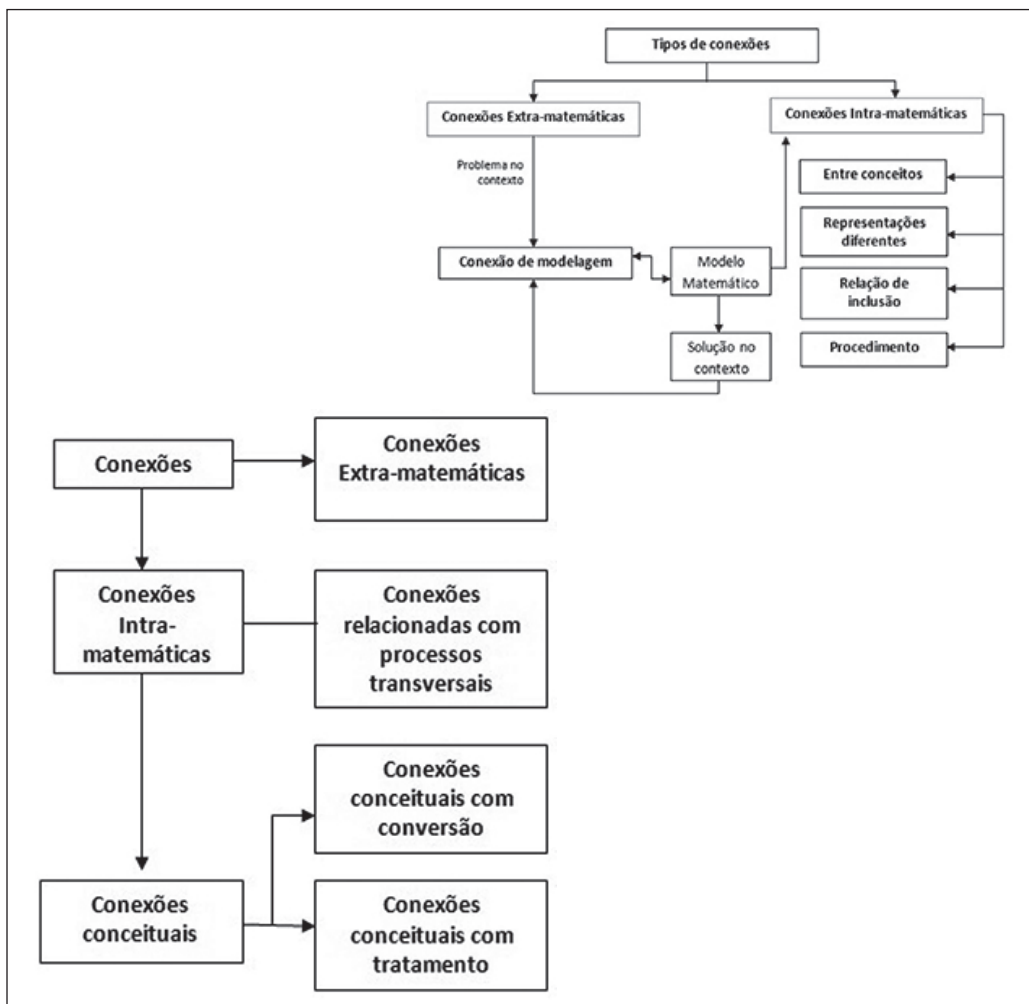
Em nível de aprendizagem, as conexões nos permitem formar uma visão da Matemática como um todo integrado e não como uma coleção de par-

tes separadas, que é como os alunos veem (Evitts, 2004; Mwakapenda, 2008; Mhlolo, 2012). Esses autores argumentam que as conexões matemáticas devem ser desenvolvidas nos estudantes porque permitiriam que eles melhorassem sua compreensão matemática. Elas podem ser úteis para construir a generalização de certos tópicos matemáticos. Também o reconhecimento e o estabelecimento de conexões os ajuda a construir um conhecimento matemático profundo e duradouro (Bamberger; Oberdorf, 2007).

Em trabalhos recentes sobre conexões, como o de Businkas (2008), existem sete tipos de conexões: 1) Representação alternativa – A e B são duas representações do mesmo conceito dadas em diferentes registros, por exemplo, uma representação numérica que é interpretada graficamente; 2) Representação equivalente – se são representações equivalentes do mesmo conceito, ou seja, A e B são representações diferentes do mesmo conceito dados no mesmo registro, como duas representações numéricas do mesmo resultado; 3) Traços comuns – duas ideias matemáticas A e B são conectadas se compartilham alguma característica em uma classe maior; 4) Inclusão – se A estiver incluído em B, ou, em outras palavras, se B incluir A. Esse é o caso em que os elementos das classes são usados para identificar todo o grupo; 5) Generalização – duas ideias matemáticas são relacionadas se A é uma generalização de B, ou, em outras palavras, B é um exemplo de A; 6) Implicação – se a relação entre A e B depende do estabelecimento do raciocínio dedutivo; 7) Procedimento – A e B estão relacionados se A é um procedimento que é usado quando se trabalha com a ideia B. Por exemplo, um diagrama de árvore é um procedimento usado ao definir um espaço de amostra em probabilidade. Aqui, não se fez diferença entre a conexão intramatemática e extramatemática.

Presmeg (2006), ao analisar o estabelecimento de conexões em sala de aula pelo professor sob uma perspectiva semiótica, revela a sua complexidade, argumentando que é a maneira pela qual a cadeia de significados que permite estabelecer uma conexão implica a construção parcial de significados, que por sua vez se conectam com os outros e constroem sucessivamente novos. Nos trabalhos de García (2016) e De Gamboa (2015) outras categorias são propostas para explicar o conhecimento do professor que faz conexões explícitas em um processo de planejamento de atividades escolares. Por exemplo, fala-se da conexão de modelagem (Evitts, 2004) que ocorre quando o aluno, a partir de um problema no contexto, constrói um modelo matemático para dar solução. Uma vez construído o modelo, faz uso de diversos conhecimentos (matemáticos ou não) e executa várias ações (algébricas, gráficas etc.) para chegar a uma resposta coerente à situação apresentada.

Na Figura 1, são mostradas as propostas de García (2016) e De Gamboa (2015) sobre os tipos de conexões matemáticas. Nessas propostas existem algumas diferenças, mas são consideradas categorias semelhantes.



Fonte: García (2016) e De Gamboa (2015).

Figura 1 – Representação gráfica dos tipos de conexões propostas por García (2016) e De Gamboa (2015), respectivamente.

A proposta de Rowland et al. (2009), estabelecendo conexões na sala de aula, representa um elemento-chave na prática de ensino, que está relacionado à capacidade do professor de conectar diferentes lições, conectar ideias matemáticas ou conectar diferentes partes de uma lição. Em relação à sua relação com a classificação do conhecimento proposta por Shulman (2009), a dimensão da conexão constitui uma manifestação de diferentes tipos de conhecimento, como o conhecimento do conteúdo ou o conhecimento pedagógico relacionado ao conteúdo. Conexões extramatemáticas são caracterizadas principalmente por conectar Matemática com situações que: a) tem objetivos claramente diferentes daqueles da Matemática escolar; b) usam um tipo de discurso diferente daquele utilizado na aula de Matemática; e c) requerem uma simbologia e uma linguagem que diferem marcadamente da simbologia e terminologia usadas em

Matemática (Walkerdine, 1988). A maioria dos estudos se concentrara na análise de conexões intramatemáticas. Assim, de todas as conexões possíveis, neste trabalho priorizamos a análise de conexões extramatemáticas.

A partir da perspectiva ontossemiótica, para avaliar se um processo instrucional é adequado, a noção de conexionismo é considerada. Essa noção tem a ver com a explicação e justificação das articulações entre significados, mediante a análise das configurações das práticas associadas. Em estudos anteriores realizados com futuros professores do Ensino Médio observa-se como alguns futuros professores consideram que estabelecem conexões, mas isso nem sempre é verdade. Em Giménez, Font e Vanegas (2013), um exemplo de proposta de ensino sobre o Teorema de Thales é apresentado por um futuro professor, no qual se reconhece que uma boa conexão intramatemática não foi levantada.

No trabalho de Rondero e Font (2015), três tipos de conexões são considerados ao lidar com situações matemáticas complexas: relações semióticas (Godino et al., 2011; Rojas, 2015), *metafóricas* (Acevedo, 2008) e generalizações como aumento de formalismo na construção de objetos matemáticos (Wilhelmi et al., 2007; Pino et al., 2011). No nosso caso, consideramos que um olhar sobre conexões extramatemáticas é relevante, pois são fundamentais para que futuros professores possam realmente propor propostas com foco em competência.

Dessa forma, é possível não apenas a construção de significados matemáticos ligados à realidade e o reconhecimento do potencial de propostas interdisciplinares, mas também ajuda a tornar a Matemática mais significativa para os alunos no contexto escolar. Para conexões extramatemáticas, consideramos seis dimensões definidas em estudos anteriores em que foram analisadas produções de futuros professores do Ensino Médio (Vanegas et al., 2016).

Conexão modelizadora (CMO) refere-se às relações estabelecidas entre um contexto extramatemático e uma ideia matemática. Nesse caso, é possível interpretar que um fenômeno pode ser modelado pelo dito conceito. É permitido fazer uma aproximação precisa do fenômeno através do objeto matemático.

Conexão mediadora (CME) refere-se às relações que são estabelecidas entre um contexto extramatemático com uma ideia ou procedimento matemático, para melhor interpretar um certo significado da ideia matemática, supondo que isso melhora a representatividade do dito significado ou de outros possíveis. Esse é o caso de recursos manipulativos, como o tangram, em que a superposição é usada como a ideia de uma relação de medida, ou o caso do uso do Geogebra, que permite generalizar um certo tipo de propriedade e contrastar hipóteses.

A *conexão interdisciplinar genérica* (CIG) refere-se às relações estabelecidas entre um contexto extramatemático e várias representações que são usualmente expressas de maneira genérica. Com essas relações é possível mostrar algumas características e/ou propriedades de um conceito matemático ou problemas associados.

Conexão semiótica (CS) refere-se ao estabelecimento de relações explícitas entre diferentes representações da mesma noção, de tal forma que características ou propriedades relevantes da dita ideia matemática emergem.

Conexão metafórica (CMC) refere-se ao estabelecimento de relações em que um elemento extramatemático é usado como uma metáfora que me permite reconhecer a particularização e a generalização implícita de alguma noção matemática.

Materialização (CM) refere-se às relações em que um contexto extramatemático é apresentado para materializar uma definição ou processo matemático que é subsequentemente abstraído. Nesse último caso, pretende-se colocar um objeto matemático como emergente de um tipo de problema.

A seguir descrevemos o processo para a identificação de conexões extradisciplinares observado no planejamento de sequências escolares para a aula de Matemática para estudantes de 6 a 12 anos, propostas de um grupo de futuros professores.

Aspectos metodológicos

Nosso estudo é desenvolvido com um grupo de futuros professores da disciplina nomeada “Gestão e inovação na sala de aula de Matemática”, do terceiro ano da formação para professor de ensino primário na Universidade Autônoma de Barcelona.

Dentro das diferentes atividades que são realizadas, os futuros professores devem planejar e projetar uma sequência didática que não será realizada na escola. Para isso, é proposta uma tarefa profissional que inicialmente começa com a busca, análise e seleção de uma notícia. A partir de uma notícia, pretende-se que os alunos identifiquem e reflitam sobre os contextos que podem ajudar o significado das noções matemáticas. Da mesma forma, pretende-se que os futuros professores reconheçam que a Matemática pode ser útil para entender melhor as diferentes situações.

A tarefa profissional é desenvolvida em pares ao longo do processo de treinamento e sua implementação é feita com as fases seguintes: 1) Busca e seleção de notícias; 2) Análise e discussão sobre o potencial que a notícia tem para abordar noções matemáticas; 3) Análise curricular sobre conteúdos e processos matemáticos; 4) Projeto inicial de atividades escolares; 5) Configuração da proposta global; 6) Reflexão sobre o processo de planejamento e design; e 7) Apresentação pública da sequência didática desenvolvida.

Para coletar dados que nos permitem mostrar o surgimento de conexões, usamos o método de estudo de casos múltiplos (Yin, 2014). O registro das informações foi a documentação recebida e organizada na plataforma Moodle (apresentações, leituras, atividades e respostas às atividades, questionários e respostas dos alunos aos questionários). Para reconhecer o uso de conexões e evidenciar a qualidade das contribuições, as produções são identificadas de acordo com o uso de conexões, o tipo de conexão e se justificadas. Para a análise

qualitativa, descrições interpretativas de casos particulares são feitas enfatizando seu nível de profundidade no uso de conexões.

Inicialmente, a partir da revisão das produções dos futuros professores (textos elaborados ao longo do processo e das entrevistas nas sessões tutoriais), são identificadas evidências de conexões. Em um segundo momento, essas evidências de conexões são analisadas e diversos indicadores são associados de acordo com cada uma das categorias de conexões extramatemáticas consideradas, como mostra o exemplo da Tabela 1.

Tabela 1 – Evidências de conexões em um dos textos de futuros professores e indicadores associados

| Comentário de futuros professores | Indicadores |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| “[O trabalho] Conecta educação visual e plástica, cidadania, educação musical e educação física. Nós vemos relações entre ideias matemáticas quando elas têm que entender que figuras planas são sempre independentes de como elas são colocadas” (SD3) | Identifica e valoriza as relações interdisciplinares para ajudar a entender os significados (CIG). Identifica e valoriza conexões intramatemáticas de tipo sistêmico. |

A seguir, explicamos o uso de conexões em diferentes momentos da reflexão, juntamente com evidências das conexões associadas a cada uma delas.

Discussão

Para caracterizar as conexões evocadas pelos futuros professores, os resultados são organizados identificando a compreensão das conexões extramatemáticas em diferentes momentos do processo de formação. Esses momentos correspondem a momentos de reflexão no desenvolvimento da tarefa profissional. Consideramos essencial reconhecer se as visões iniciais dos futuros professores sobre as conexões são transformadas e se o desenvolvimento da tarefa profissional contribui para um melhor significado delas.

Momento 1 – Confronto inicial

Esse primeiro momento de reflexão ocorre após a busca e seleção das notícias. Nesse momento, os futuros professores não identificam explicitamente a relação entre as ideias abordadas no contexto (notícias) e as noções matemáticas que podem ser abordadas.

Em alguns casos, há evidência da conexão interdisciplinar genérica, na qual o relacionamento é aludido, mas os elementos matemáticos e o tipo de representações que são conectadas não são explicitados, como mostrado no seguinte comentário por um casal que escolheu a notícia: “A Colla Castellera de Figueres celebra a grande festa do 20º aniversário”.

La Colla Castellera de Figueres celebra la gran diada del 20è aniversari

Tanca així una setmana d'activitats molt participatives a la ciutat

07.10.2016 | 18:08

La Colla Castellera de Figueres culminarà aquest diumenge una setmana plena d'activitat amb la diada del seu vintè aniversari. Es preveu que sigui una diada de màxims, on la colla intentarà igualar o superar l'actuació del diumenge 25 de setembre al concurs Torredembarra, on van descarregar per primer cop la torre de 7.

Així doncs, diumenge actua a les 11.30 h a la plaça de l'Ajuntament de Figueres, juntament amb els Castellers de Mollet i dels Castellers de l'Alt Maresme. Diumenge, hi haurà un concert amb els grups Acoixats i Trio Calavera a la plaça Catalunya, després del dinar que la Colla organitza per als seus

Disponível em: <<https://www.emporda.info/fets-gent/2016/10/07/colla-castellera-figueres-celebra-gran/331493.html>>.

“A partir das notícias sobre castelos humanos, podemos fazer perguntas de natureza matemática, por exemplo, que forma têm os castelos?

Como é sua estrutura?

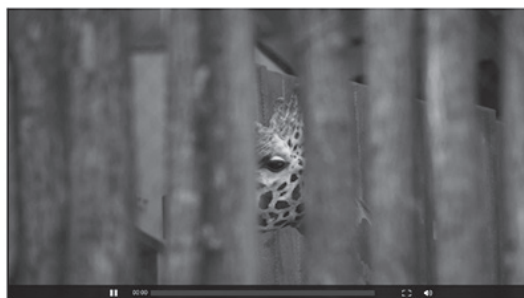
Noções estatísticas podem ser abordadas, pois as crianças poderiam fazer um pequeno estudo, ou seja, conhecer a altura média da população adulta escolhida, e também de as crianças saberem como os desenhos dos castelos de marionetes devem ser posteriores (em relação aos castelos reais)” SD-1.

Em outros casos, somente se evoca a *relação motivadora*. Por exemplo, no caso de um par de futuros docentes que escolhem uma notícia sobre zoológicos, intitulada “Fechamos todos os zoológicos?”.

“Estamos interesados no cuidado dos animais e acreditamos que as crianças também. Mas nós não vemos o que a Matemática pode ser trabalhada. O treinador nos sugeriu lidar com elementos estatísticos. Começamos a pensar com a ideia de que o zoológico não é um lugar onde os animais estão em espaços livres. Ao procurar informações, percebemos que as diferenças de espaço entre o zoológico de Barcelona e Nova York são absurdas. E a partir daí decidimos que haverá coisas interessantes para trabalhar em relação a situações de abuso.” SD-2

¿Cerramos todos los zoológicos?

La reivindicación animalista se filtra a la sociedad, que debate el futuro de esos espacios



Una grifa del zoo de Barcelona. / Foto y video de Gianluca Ballata.

Disponível em: <https://elpais.com/elpais/2016/09/23/ciencia/1474651767_722249.html>.

Momento 2 – Contraste em duplas para evocar significados

Nesse momento de reflexão, um diálogo entre duas duplas é proposto para que as notícias escolhidas possam ser explicadas entre si e discutir o potencial desse contexto para trabalhar com noções matemáticas com crianças do Ensino Fundamental.

O objetivo é que os futuros professores contrastem e/ou reafirmem suas posições iniciais em relação às notícias que selecionaram, identifiquem e incorporem novas conexões, e, dessa forma, terem mais elementos de apoio para suas propostas. Nesse momento, não é fácil estabelecer explicitamente o sentido de conexão extramatemática, indicando o tipo de significado matemático aprimorado. Como pode ser visto na Figura 2, uma dupla fala sobre o trabalho de

outra que selecionou uma história relacionada à questão da fome no mundo.

Em muitos dos comentários analisados, a cultura e a identidade dos grupos sociais aparecem como um elemento a ser considerado, ou a educação em valores como sujeito da fome. Em outros, surge a busca por tópicos interdisciplinares com um componente de formação para a cidadania. A maioria dos tópicos é de origem científica: o ecológico (seca, abuso de animais etc.), a saúde (o açúcar que comemos, o que devemos estar atualizados etc). Também aparecem casos em que há contexto artístico e histórico (pintura, arquitetura etc) ou questões de origem social, como o manuseio de informações de imprensa.

El hambre vuelve a aumentar en el mundo y afecta a 815 millones de personas

• El número de personas con desnutrición crónica ha subido respecto a los 777 millones que había en 2015



Fonte: Disponível em: <<https://www.lavanguardia.com/vida/20170915/431295628954/hambre-vuelve-aumentar-mundo.html>>.

Figura 2 – Resposta de uma dupla de alguns futuros professores às questões de reflexão sobre a seleção das notícias de outra dupla.

P1: Por que você acha que os colegas decidiram selecionar esta notícia?

“A principal razão pela qual acreditamos que os companheiros selecionaram esta notícia é porque é um problema global que afeta muitas pessoas no mundo. Esta notícia permite trabalhar em sala de aula uma realidade emergente e permite fazer um trabalho de conscientização com os alunos sobre esse problema. Além disso, favorece a interdisciplinaridade, uma vez que o

artigo permite uma diversidade de visões, como, por exemplo, a geografia, a matemática ou o ambiente natural. Além disso, esta notícia nos permite trabalhar em um contexto real de forma significativa, o que ajuda as crianças a fazer da Matemática uma ferramenta para entender melhor a sociedade em que vivem”

P2: Quais conteúdos matemáticos você acha que podem ser abordados a partir das notícias?

“Porcentagem, Evolução, Numeração e cálculo; Sistema monetário.”

Na discussão, algumas duplas descobrem que podem lidar com aspectos matemáticos diferentes daqueles que consideraram inicialmente, o que não tem que significar que eles valorizam a realização de conexões intramatemáticas.

Momento 3 – Planejamento e desenvolvimento das atividades da sequência didática

Nesse momento, a reflexão é gerada a partir do diálogo entre o formador e os futuros professores. Os futuros professores comentam suas ideias iniciais sobre as atividades, discutem-nas e, se necessário, solicitam referências ou sugerem artigos específicos nos quais possam ver o uso de determinados conteúdos. Por exemplo, a dupla que lida com a notícia “A fome aumenta novamente no mundo”, a partir desse momento de tutoria torna-se consciente de como um tema de origem social está relacionado aos indicadores métricos. Os alunos refletem sobre o uso do bracelete que o Unicef utiliza para determinar se estão desnutridos ou não, medindo o perímetro do braço. Eles se tornam conscientes da conexão interdisciplinar com o conteúdo matemático, dando significado ao uso de unidades não convencionais de medição e comparação de medidas, como pode ser visto no diálogo seguinte.

Nesse momento, a importância de algumas conexões extramatemáticas é implicitamente discutida, uma vez que não foram dadas orientações teóricas sobre os tipos de conexões. No diálogo anterior, podemos ver que os futuros professores valorizam o uso do bracelete como um elemento de *conexão mediadora* e, talvez, com vislumbres de *conexão metafórica*. Os estudantes parecem perceber que o uso de instrumentos de medição adequados para um fenômeno como a medida da desnutrição é particularizado pelo uso da pulseira e é generalizado pedindo às crianças que usem outros instrumentos.

Prof: Em que nível você pensou para as atividades? Por que você propôs usar várias maneiras de medir?

FP 1: Decidimos propor nossas tarefas para a série 3 (8-9 anos). Primeiro, usaremos cordas para medir o perímetro do pulso das crianças. Mas então achamos importante trabalhar com as pulseiras da Unicef.

Prof: Já descobriram como funcionam?

FP 2: Sim A faixa vermelha significa desnutrição grave, a laranja, moderada e amarela, risco de desnutrição. E uma faixa verde indica uma ótima situação alimentar. O perímetro do braço é medido e a pulseira é projetada para crianças como parâmetro para medir a desnutrição infantil. Os números que vimos não são centímetros e é por isso que é importante. Trabalhamos com comparação e pedido, unidades de medida e instrumentos de medição (como visto no texto de Barba y Calvo, 2014). Pensamos que com as crianças também discutiremos qual seria a unidade de medida mais apropriada para medir.

Momento 4. Configuração global da proposta e apresentação pública

Nesse momento, os futuros professores são convidados a fazer uma reflexão sobre os processos desenvolvidos na construção da sequência didática e discutir os efeitos esperados no caso de sua implementação no documento final da proposta de sequência didática. Nesta reflexão, esperamos encontrar alusões ao uso de contextos e conexões identificadas.

Algumas duplas implementaram uma das atividades de sua sequência para melhor avaliar sua relevância e registraram o que foi encontrado na reflexão final solicitada. Isso nos permite ver como eles interpretam a adequação de sua proposta e o significado que dão à conexão. De fato, a Tabela 3 mostra algumas evidências e os indicadores que associamos, de acordo com a tipologia de conexões extramatemáticas consideradas.

Tabela 3 – Exemplo de evidência reconhecida na reflexão final de futuros professores e indicadores de conexão associados

| Comentários de futuros professores sobre sua própria proposta da SD, após a implementação | Indicador emergente |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>“[...] primeira pergunta que surge para a criança é se ela sabe o que significam as cores do bracelete [...]. Suas hipóteses iniciais são que vermelho significa estar bem, e verde indica que está com muita fome”</p> | <p>A questão consegue conectar o contexto real do instrumento com a ideia de comparação e mensuração da desnutrição (CM)</p> |
| <p>“[...] Depois de ver o vídeo, ele reescreve sua hipótese sobre as cores da pulseira, e nos diz que o verde é bom, e o vermelho está com fome [...]”</p> | <p>O vídeo atua como um mediador de confronto para reformular uma hipótese sobre o grau de desnutrição associado às cores (CIG)</p> |
| <p>“[...] Propomos que, além da pulseira, qual instrumento de medida pode ser usado para medir o braço? A criança propõe uma regra [...]. Quando ele a usa, ele mede o comprimento do braço [...]. Observa-se que o que nos interessa é medir a largura. A criança decide adicionar as peças [como se estivesse fazendo um polígono]. [...] Decide que a regra não é um bom instrumento [...]. E isso nos diz que podemos medir com a fita métrica [...] ou com uma bandagem”</p> | <p>Associa a relevância do perímetro de um objeto curvo ao uso de fita flexível ou banda (CME)</p> |
| <p>“[...] A criança sabe que pelo número 250 [na pulseira], você está bem porque é verde, mas desde 52 você está muito mal, porque você está na cor vermelha [...]. Ele nos diz que está tudo bem, já que número de referência é 182.”</p> | <p>Associa a pulseira como uma metáfora para os graus de desnutrição como intervalos de medição (CIG)</p> |
| <p>“[...] Na unidade de medida de nutrição são 182 é 15.5 cm [...]. Acreditamos que a criança cumpriu nossas propostas que nós levantamos sobre a medida, ou seja, comparar e ordenar, precisa ter uma unidade comum de medida, e o uso de instrumentos”</p> | <p>Conecta a expressão de uma medida com dois números diferentes para o uso de duas unidades diferentes. (Reforça a ideia de que eles estão cientes do CM anterior e do CIG)</p> |

No final do curso, as duplas explicam sua sequência didática para toda a turma. Alguns alunos ficam surpresos com as atividades sugeridas pelos colegas. Por exemplo, muitos estudantes desconheciam o uso de braceletes da Unicef para medir a desnutrição. As reações das duplas que conseguiram realizar a implementação são positivas, pois permitem repensar a atividade. De fato, alguns

não consideraram o uso de materiais concretos e agora eles veem que é necessário. Eles valorizam o significado matemático obtido a partir das notícias, para gerar propostas de competência.

Os futuros professores reconhecem que, ao lidar com um problema, ele permite não apenas conexões interdisciplinares, mas também conecta noções matemáticas umas com as outras. Ao descrever as competências estudadas, no caso da proposta sobre a fome no mundo, encontra-se uma descrição muito melhor que a inicial, em que a relação do contexto com o conteúdo que entendemos por conexão é cuidadosamente explicada como mediadora, conforme pode ser lido no seguinte comentário:

“Quanto à numeração e cálculo, o desenvolvimento do arredondamento de números em contextos, bem como a interpretação e uso de unidades de medida. O uso de propriedades numéricas para coletar, descrever e interpretar dados. Relacionamento e mudança. Interpretação da equivalência no uso de diferentes unidades de medida [...]. Entendendo que a medida obtida é sempre uma aproximação [...]. E com relação à Estatística e acaso: Formulação de questões baseadas em eventos futuros e próprios interesses.” (SD-3)

Na descrição final, as perguntas específicas que ajudariam no desenvolvimento da atividade são explicadas em detalhes e mostram o valor e a consciência que essa dupla tem sobre a conexão do tipo mediadora. No restante das atividades sobre processamento de informações, podemos ver que elas levam em conta algumas conexões que chamamos de tipo semiótico.

“[...] A partir daqui, procuramos gráficos para ver como o desenvolvimento da fome tem sido em todo o mundo desde que os estudantes nasceram em 2009. Para encerrar a sessão, abriremos um debate sobre a opinião das crianças sobre a questão da fome. Fizemos perguntas como: O que você acha que podemos fazer para ajudar a reduzir esse problema? Você acha que fazemos todo o possível para aproveitar os recursos que temos?” (SD-3)

Os futuros professores dão mais valor às conexões relacionadas à motivação dos alunos do que ao apoio que possam ter para avançar no nível cognitivo dos alunos. Vejamos outro exemplo das observações feitas por futuros professores, em que a mudança de representações em uma atividade de design é um sinal de uma conexão mediadora.

“Os estudantes devem usar suas representações sobre simetria para aplicá-la a uma nova situação. Este fato pode ser observado na atividade em que um novo design gráfico de uma capa é criado, uma vez que eles têm que representar tudo o que eles trabalharam na simetria especial e representá-la em uma nova criação” (SD-4)

Nos casos estudados emergem as conexões extramatemáticas e intramatemáticas previstas *a priori*, que são consistentes com o relatado por Businskas (2008). No SD-4, a dupla descreve a alusão a conexões intramatemáticas, como o reconhecimento da simetria como forma invariante (transformação isométrica).

“Vemos conexões intramatemáticas, quando elas precisam entender que figuras planas são sempre independentes de como são colocadas” (SD-4)

Não temos uma explicação plausível para a ausência de conexões do tipo generalização. Para alguns autores, isso poderia ser uma consequência do baixo nível de conteúdo matemático dos futuros professores, que não assumem a generalização/particularização do dualismo que vem da própria perspectiva interdisciplinar do *background*. Assim, por exemplo, a ideia de aplicativos ainda é confundida com a ideia de modelagem em si. Os alunos também fazem conexões inesperadas (Lockwood, 2011) e consideramos que algumas são semióti- cas, embora sejam usadas inconscientemente.

Todos os casos analisados desenvolvem um espírito crítico a partir da primeira fase do trabalho, embora descrevam diferentes desenvolvimentos ao longo da experiência. Mais tarde, passam por uma fase de maior concretização, o que leva a certa estabilidade em suas propostas. Na maioria dos casos, eles se referem à contextualização de maneira superficial, sem explicar explicitamente o conteúdo matemático específico. Fala-se em explicar o conteúdo, o que não mostra que o significado vem da realidade, mas o contrário. Primeiro aparece o conteúdo, que é exibido na situação real.

“Especificamente, partimos de uma história e de uma tradição catalã para poder explicar um conjunto de conteúdos matemáticos, para que todos os alunos sejam motivados e as tarefas sejam contextualizadas em um contexto próximo e real” (SD-2)

Em alguns casos, a existência de contextualização mediadora é sugerida, mas não explicitamente. Assim, diz-se que os estudantes devem aplicar a noção intuitiva de simetria. Isto é, não é explícito que a noção de simetria é vista a partir de capas com repetição simétrica. A simetria bilateral da planta não é distinta.

Reconhecer o valor das crianças participando na tomada de decisão é um progresso no que diz respeito ao posicionamento de propostas focadas apenas em mostrar evidências interdisciplinares do tipo genérico. Temos evidências de que, quando os futuros professores tiverem sido aconselhados, sua análise ganhou em profundidade. É o caso do trabalho sobre castelos humanos que, em sua versão final, mostra a consciência da conexão do fenômeno social com a noção de simetria associada ao equilíbrio e à estabilidade (embora não de forma completamente concatenada). Em sua explicação, parece haver uma alusão de um tipo *metafórico*.

“[...] os castelos são um aspecto cotidiano que permite estabelecer conexões e ver as ideias matemáticas ocultas como simetria. Os castelos são simétricos porque senão não teriam estabilidade [...]. [...] trabalhamos no conceito de simetria e visão de um corpo em uma maneira introdutória de mostrar noções sobre as características dos castelos, que serão posteriormente aplicadas ao construí-los” (SD-2)

Nas atividades, os alunos não são solicitados a reconhecer a estabilidade e o equilíbrio físico como uma metáfora para a igualdade de peso e, portanto, são propriedades de simetria. Nenhuma referência é feita aos planos de simetria, o que mostraria o conteúdo matemático que é dito que funciona (figuras 3D).

A análise feita revela as dificuldades em reconhecer conexões metafóricas que vão além de simples mudanças de representações como conexões de tipo semiótico que talvez resulte na ausência de conexões intramatemáticas de alto nível.

Comentários finais

As conexões extramatemáticas que os futuros professores usam no início da tarefa profissional são fundamentalmente contextualizações, que geralmente são propostas no início da sequência. Os futuros professores exploram a ideia de conexão em diferentes momentos de suas sequências didáticas com maior profundidade em alguns casos, mas não em geral.

Devemos reconhecer que os planos são um trabalho enriquecedor para futuros professores e que, apesar do pouco tempo que tiveram para fazer suas produções, fizeram boas propostas. Eles puderam observar que não só a Matemática é feita no contexto da sala de aula, mas é fundamental saber como matematizar a vida real. Os futuros professores que tiveram a oportunidade de implementar algumas atividades escolares, analisaram com mais detalhes alguns aspectos de sua gestão. Isso permitiu que eles considerassem novas questões que deveriam ser incluídas e reconheceram que, em alguns casos, essa é a parte imprevisível da formulação da atividade matemática, que nem sempre pode ser prevista.

A experiência realizada confirma a importância de promover vários momentos de reflexão no processo de treinamento para um bom planejamento e que seria importante que no treinamento houvesse continuidade do que foi aprendido nesse tipo de assunto com a prática docente. Consideramos que o processo reflexivo deve fazer parte do treinamento, incluindo referências teóricas que ajudam a justificar o planejamento de sequências escolares.

A abordagem interdisciplinar entendida como potencial para o desenvolvimento de conexões é um tanto complexa, mas tornar-se consciente desse tipo de ideia nos permite melhorar a importância do conhecimento. De fato, o uso de propostas de atividades que conheçam o potencial delas proporcionará uma oportunidade de desenvolver melhores sequências didáticas e talvez melhorar a representatividade do conhecimento matemático.

Agradecimentos. Trabalho realizado no âmbito de projetos de pesquisa: EDU2015-64646-P; EDU2015-65378-P (MINECO) y REDICE16-1520 (ICE-UB).

Referências

- ACEVEDO, J. I. *Fenómenos relacionados con el uso de metáforas en el discurso del profesor*. El caso de las gráficas de funciones. Barcelona, 2008. Tesis (Doctoral) – Universitat de Barcelona. Barcelona, 2008.
- BAMBERGER, J.; OBERDORF, C. *Introduction to connections. Grades 3-5*. The Maths Process Standards Series Portsmouth, N. H. Heinemann, 2007.
- BUSINSKAS, A. *Conversations about Connections: how secondary mathematics teachers conceptualize and contend mathematical connections*. 2008. Thesis (PhD) – Faculty of Education, Simon Fraser University. Canada, 2008.
- CLARK, C.; LAMPERT, M. The study of teacher thinking: Implications for teacher education. *Journal of Teacher Education*, v.37, n.5, p.27-31, 1986.
- DE GAMBOA, G. *Aproximación a la relación entre el conocimiento del profesor y el establecimiento de conexiones en el aula*. Barcelona, 2015. Tesis (Doctoral) – Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona, 2015.
- EVITTS, T. *Investigating the Mathematical Connections that Preservice Teachers Use and Develop While Solving Problems from Reform Curricula*. Pennsylvania, 2004. Thesis (Doctor of Philosophy) – College of Education, Pennsylvania State University, Pennsylvania, 2004.
- GARCÍA, F. *Conexiones entre las ideas centrales del Cálculo*. 108. Memoria predoctoral (Doctorado en Ciencias con Especialidad en Matemática Educativa) – Universidad Autónoma de Guerrero, México, 2016.
- GIMENEZ, J.; FONT, V.; VANEGAS, Y. Designing Professional tasks for didactical analysis as a research process. In: MARGOLINAS, C. (Ed.) *Task Design in Mathematics Education* ICMI Study 22. Oxford, UK: ICME, 2013. p.579-88.
- GIMENEZ, J.; VANEGAS, Y.; FONT, V. Conexiones matemáticas en la reflexión sobre prácticas escolares. *ALME* 30, México 1114-1124, 2017.
- GODINO, J. D.; FONT, V.; WILHELMI, M. Y LURDUY, O. Why is the learning of elementary arithmetic concepts difficult? Semiotic tools for understanding the nature of mathematical objects. *Educational Studies in Mathematics*, v.77, n.2, p.247-65, 2011.
- LOCKWOOD, E. Student connections among counting problems: an exploration using actor-oriented transfer. *Educational Studies in Mathematics*, Netherlands, v.78, p.307-22, 2011.
- MHLOLO, M. Mathematical connections of a higher cognitive level: a tool we may use to identify these in practice. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education, South Africa*, v.16, n.2, p.176-91, 2012.
- MWAKAPENDA, W. Understanding connections in the school mathematics curriculum. *South African Journal of Education*, South Africa, v.28, p.189-202, 2008.
- PINO, L.; GODINO, J. D. Y FONT, V. Faceta epistémica del conocimiento didáctico-matemático sobre la derivada. *Educação Matemática e Pesquisa*, v.13, n.1, p.141-78, 2011.
- PRESMEG, N. Semiotics and the “connections” standard: significance of semiotics for teachers of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, Netherlands, v.61, p.163-82, 2006.

- ROJAS, P. J. Objetos matemáticos, representaciones semióticas y sentidos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.33, n.1, p.151-65, 2015.
- RONDERO, C.; FONT, V. Articulación de la complejidad matemática de la media aritmética. *Enseñanza de las Ciencias*, v.33, n.2, p.29-49, 2015.
- ROWLAND, T. et al. *Developing primary mathematics teaching*. London: SAGE publications, 2009.
- SHULMAN, L. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, v.15, n.2, p.4-14, 2009.
- VANEGAS, Y.; GIMÉNEZ, J.; FONT, V. How future teachers improve epistemic quality of their own mathematical practices. In: KRAINER, K.; VONDROVÁ, N. (Ed.) *Proceedings of the ninth Conference of the European Society for Research in Mathematics Education. CERME 9*. (p.2937-2943), Prague, Czech Republic: Charles University in Prague, Faculty of Education and ERME, 2016.
- VERSCHAFFEL, L.; GREER, B.; DE CORTE, E. (Ed.) *Making Sense of Word Problems*, Heereweg, The Netherlands: Swets& Zeitlinger, 2000.
- WALKERDINE, V. *The mastery of Reason: Cognitive Developments and the Production of Rationality*. New York: Routledge, 1988.
- WANDERLEY, L. E. W. Realismo utópico: o público e o intertransdisciplinar. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.27, n.78, 2013.
- WILHELMI, M. R.; GODINO, J. D.; LACASTA, E. Configuraciones epistémicas asociadas a la noción de igualdad de números reales. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v.27, n.1, p.77-120, 2007.
- YIN, R. *Case Study Research: design and methods*. Newbury Park: Sage Publications, 2014.

RESUMO – O objetivo deste artigo é mostrar as conexões que futuros professores do Ensino Fundamental utilizam no planejamento de sequências didáticas para o ensino de Matemática. Uma observação etnográfica participante é feita para caracterizar o tipo de conexões extradisciplinares consideradas. A análise feita nos permite afirmar que os futuros professores valorizam o uso de contextos reais, como motivadores e geradores de conhecimento matemático, embora os desenvolvimentos nem sempre sejam justificados epistemicamente. Verificamos uma dificuldade em considerar as conexões metafóricas.

PALAVRAS-CHAVE: Conexões, Formação de professores, Educação Matemática.

ABSTRACT – The objective of this article is to show how future Primary Education teachers use connections when planning didactic sequences to teach Mathematics. Ethnographic participant observation is undertaken to characterize the type of extra-disciplinary connections considered. This analysis allows us to affirm that future teachers value the use of real contexts as motivators and generators of mathematical knowledge, although the developments are not always epistemically justified. The difficulty in considering metaphorical connections is verified.

KEYWORDS: Connections, Teacher education, Mathematics education.

Yuly Vanegas é professora associada do Departamento de Educação Linguística e Literária, e Didática de Ciências Experimentais e da Matemática da Universidade de Barcelona, Espanha. @ – ymvanegas@ub.edu

Joaquín Giménez é professor catedrático do Departamento de Educação Linguística e Literária, e Didática de Ciências Experimentais e da Matemática da Universidade de Barcelona, Espanha. @ – quimgimenez@ub.edu

Tradução de Joaquín Giménez e Wagner Marques. O original em espanhol – “Conexiones extra-matemáticas en la formación de futuros profesores de Educación Primaria” – encontra-se à disposição do leitor no Instituto de Estudos Avançados da USP para eventual consulta.

Recebido em 17.8.2018 e aceito em 18.9.2018.

^{1 e 11} Departamento de Educação Linguística e Literária, e Didática de Ciências Experimentais e da Matemática, Universidade de Barcelona. Espanha.

A história da álgebra e o pensamento algébrico: correlações com o ensino

FLÁVIO ULHOA COELHO^I

e MARCIA AGUIAR^{II}

A ÁLGEBRA faz parte do desenvolvimento humano e, como tal, surge inicialmente para resolver necessidades práticas, estando bastante presente em nosso cotidiano de várias formas. Por isso, e como não poderia deixar de ser, ela é parte essencial no ensino de Matemática nos níveis Fundamental e Médio. Reconhecendo a sua relevância na formação do cidadão, em 20 de dezembro de 2017 foi homologada a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)¹ que apresenta em seus documentos que a Unidade Temática Álgebra seja desenvolvida desde os anos iniciais do Ensino Fundamental. Na prática, porém, o ensino-aprendizagem da Álgebra tem gerado algumas deficiências que são diagnosticadas em várias pesquisas e nas avaliações governamentais. Acreditamos que isso ocorre em vista da ênfase que se dá a seus aspectos técnicos, deixando de lado, muitas vezes, o desenvolvimento dos conceitos e uma busca por um pensamento mais abstrato. Acreditamos que ao se enfatizar o pensamento algébrico ao invés de apenas se restringir a questões técnicas e operacionais, o ensino de Álgebra poderia contribuir não só no aprendizado da Matemática como também auxiliar no desenvolvimento do pensamento lógico-abstrato do estudante, pensamento esse essencial para o desenvolvimento de um cidadão capaz de viver na sociedade atual.

Ao se olhar para a história da Álgebra, desde os primórdios quando o objeto de estudo eram equações algébricas específicas até o estabelecimento de uma área de pesquisa que hoje é essencialmente abstrata (se levarmos em conta muitos dos problemas considerados atualmente pelos pesquisadores), perceberemos um longo caminho de busca de padrões e sedimentação teórica.

Essa mesma história nos ensina como aconteceu o difícil estabelecimento dessa área de conhecimento. Houve a necessidade da construção de uma linguagem simbólica apropriada às questões tratadas aliada à consequente emersão de conceitos algébricos cada vez mais abstratos. Só assim a Álgebra se consolidou como área de conhecimento, área essa que é, portanto, fruto de um desenvolvimento histórico e não inata ao ser humano. Dito de outra forma, o conhecimento da Álgebra precisa do meio social para ser aprendido e assimilado pelo

indivíduo. De acordo com a nossa estrutura social, esse ensino compete à escola ou, mais especificamente, à disciplina de Matemática.

Nosso objetivo aqui é apresentar certos recortes sobre esse desenvolvimento histórico a partir de relatos de alguns historiadores da matemática e compreender qual conceito algébrico estava explícito ou implícito nesse citado percurso.

A partir dessa compreensão, pretendemos identificar desenvolvimentos históricos que podem ou não ser utilizados no processo de ensino da Álgebra, não esquecendo que estamos buscando um ensino que enfatize mais a forma de pensar do que a mera resolução de exercícios.

Assim, estamos interessados em responder a seguinte pergunta: De que forma a compreensão do desenvolvimento da história da Álgebra ao longo dos tempos pode nos dar subsídios para repensarmos o processo de ensino-aprendizagem do ensino de Álgebra na Educação Básica?

Esse trabalho originou-se durante o ano sabático do primeiro autor junto ao Instituto de Estudos Avançados da USP no ano 2016, que deixa registrado aqui seus agradecimentos ao apoio institucional recebido do IEA durante esse estágio de pesquisa.

A Álgebra sob o âmbito escolar

Há algumas décadas, as avaliações governamentais apontam possíveis deficiências no aprendizado da matemática, em especial no da Álgebra, como podemos verificar em Silva (2008), que apresenta dados estatísticos do desempenho dos alunos em matemática no SAEB-2003. Da mesma maneira, Ribeiro (2001) analisa o desempenho de estudantes do Ensino Fundamental em Álgebra, com base em dados do Saresp.

Outras pesquisas, igualmente, também indicam as dificuldades apresentadas pelos estudantes na aprendizagem da Álgebra (Lins; Gimenez, 2001). Essas constatações não ocorrem apenas no Brasil, mas também em muitos países. Citamos como exemplo o 12^o ICMI Study² em 2001, que foi dedicado ao ensino de Álgebra e falou da necessidade de desenvolver nos estudantes a capacidade de abstração (Stacey; Chick, 2004). Encontramos pesquisadores que discutem e investigam sobre as deficiências no ensino e aprendizagem da Álgebra (Blanton; Kaput, 2005; Kaput; Blanton; Moreno, 2008; Ribeiro; Cury, 2015; Wasserman, 2016).

Os resultados que a aprendizagem da Álgebra vêm apresentando nas últimas décadas provêm, na verdade, de um processo que o ensino dessa área vem sofrendo ao longo dos anos e que se mantém em voga na escola atual. No Brasil, mesmo com várias reformas educacionais, novas diretrizes e orientações propostas para o sistema educacional, o ensino de Álgebra permaneceu com poucas alterações na Educação Básica. Muitos pesquisadores afirmam que, no ensino de Álgebra, ainda prevalece a aprendizagem de um conjunto de técnicas operatórias que busca apenas resolver equações sem contextualizá-las, porém (Barbosa; Borralho, 2009; Aguiar, 2014).

Nesse cenário, cabe questionarmos se o ensino atual está proporcionando aos estudantes uma aprendizagem de fato. Para entendermos essa situação, não basta olharmos apenas para o momento atual e, sim, compreendermos como o ensino de Álgebra se desenvolveu ao longo dos tempos e quais as concepções que permearam esse caminho. Para isso, apoiamo-nos em Fiorentini, Miguel e Miorim (1993) que procuram descrever cada momento do desenvolvimento do ensino de Álgebra.

De acordo com Fiorentini, Miguel e Miorim (1993), há, ao menos, três concepções com características distintas que influenciaram esse ensino de forma significativa.

Em primeiro lugar, esses autores destacam o chamado *transformismo algébrico* que foi a base do ensino de Álgebra, tanto no Brasil quanto em outros países, durante todo o século XIX e a primeira metade do século XX. Entende-se por isso o processo de obtenção de expressões algébricas equivalentes entre si mediante o emprego de regras e propriedades válidas, resultando, em última instância, em um mero jogo, muitas vezes artificial, de habilidades visando a resolução de problemas. Acreditava-se que isso fosse o suficiente para que o aluno adquirisse a capacidade de resolver problemas, problemas esses na maioria das vezes deslocados da realidade.

Porém, a partir da década de 1950, e estendendo-se até os anos 1970, começou a se destacar o Movimento da Matemática Moderna que fez um contraponto à concepção acima mencionada. Aqui, o papel pedagógico a ser desempenhado pela Álgebra passa a ser o de fundamentar todo o ensino da Matemática. Nessa direção, prevaleceu a ideia de, ao se justificar as passagens presentes no *transformismo algébrico* via a introdução de propriedades estruturais das operações, isso bastaria para se capacitar o estudante na identificação dessas estruturas em outros contextos, assim como nas suas aplicações.

Para tanto, os tópicos algébricos foram reorganizados de tal sorte que se ensinasse em primeiro lugar os conjuntos numéricos, suas propriedades estruturais, as sentenças abertas e fechadas, o conjunto-universo e o conjunto-verdade e as equações e inequações do 1º grau. Só após esse estudo é que seriam abordadas as expressões algébricas, valores numéricos, operações e a fatoração. Por fim, na sequência, seriam introduzidos os novos conteúdos algébricos, isto é, as funções (Fiorentini; Miguel; Miorim, 1993).

Em um terceiro momento, tentou-se fazer uma síntese entre as duas concepções descritas aqui ao se buscar mesclar o caráter de justificação das passagens presentes no *transformismo algébrico* com o valor instrumental da Álgebra que era a base da Matemática Moderna. O que caracterizou, no entanto, essa nova forma de pensar foi a utilização de recursos analógicos geométricos, portanto visuais. Dito de outra forma, acredita-se aqui que, ao se justificar certas identidades algébricas por meio de construções geométricas, o estudante teria mais facilidades no aprendizado do que uma abordagem estritamente lógico-

-simbólica. Conscientemente ou não, esse enfoque vai ao encontro de uma das características que envolvem a história da Álgebra, pois, por muito tempo, as justificativas para a resolução de equações algébricas se baseavam em construções geométricas.

Os adeptos dessa concepção, porém, acreditavam que essa etapa geométrico-visual constituiria um primeiro estágio nesse aprendizado e que, a seguir, poder-se-ia apresentar então aos estudantes a abordagem simbólica. Entendemos, porém, que essa passagem se constitui na grande dificuldade do aprendizado, e, recorrendo novamente à história da Álgebra, foi justamente a não percepção de que a Álgebra sobreviveria independentemente de justificativas geométricas que atrasou, de certa forma, o desenvolvimento do que chamamos atualmente de pensamento algébrico-abstrato.

Cabe ressaltar aqui que, dentro dessa concepção, eram normalmente utilizados recursos como balanças e gangorras para a justificação de certas passagens do *transformismo algébrico*, recorrendo assim a materiais concretos e a leis do equilíbrio físico. Com tudo isso, apesar de se caracterizar de forma distinta, aqui também é conferido o papel principal do ensino às regras algébricas, aproximando-se muito nesse aspecto do *transformismo algébrico*.

A nosso ver, essas três abordagens parecem incorrer no mesmo equívoco de reduzir o ensino de Álgebra à mera manipulação de regras algébricas.

É justo dizer que essa visão de focar no treinamento de técnicas algébricas ainda prevalece no ensino de Álgebra. Segundo Usiskin (1994), o foco desse ensino na escola básica ainda é medir a capacidade de manejar diversas técnicas operatórias, o que, cabe ressaltar, se constitui em uma habilidade que, por si só, já não é mais tão necessária na vida adulta, dado o desenvolvimento tecnológico atual.

Por outro lado, Aguiar (2014), ao analisar livros didáticos, percebeu que a maioria dos livros do Ensino Fundamental ainda privilegia o ensino de regras e técnicas operatórias, e poucos apresentam propostas voltadas para o desenvolvimento dos conceitos algébricos e do pensamento algébrico. Como fruto desse trabalho, percebe-se que “as inovações aparecem, mas esbarram nos conteúdos arraigados que não perdem o seu espaço no Ensino Fundamental” (Aguiar, 2014, p.286).

Assim, concordamos também com Machado (1991) que defende um ensino que não se concentre tanto na escrita algébrica e mais na compreensão da forma de pensar. Mais especificamente, ele escreve:

Pensamos que a Matemática tem sido ensinada em quase todos os níveis com uma ênfase que consideramos exagerada na linguagem matemática. A preocupação central parece ser escrever corretamente, falar corretamente, em detrimento essencial do papel que a Matemática pode desempenhar quanto ao favorecimento de um pensamento, e um tempo, ordenado e criativo.

Evidentemente, não se trata de contrapor o pensamento à linguagem; não se pode pretender considera-los desvinculadamente, ou entificá-los, tratando-os um por vez, uma vez que é só na relação entre ambos que se pode aprendê-los. No entanto, em Matemática, com uma frequência muito grande, o pensamento situa-se a reboque da linguagem matemática. Numa parte considerável dos textos, mesmo nos didáticos, o caminho escolhido para a obtenção dos resultados é o mais curto, o mais cômodo ou o esteticamente mais agradável, sempre de um ponto de vista linguístico. (Machado, 1991, p.97-8)

O que se depreende de Machado (1991) é que, para ensinar Álgebra, o desenvolvimento do pensar, em particular o do raciocínio algébrico, deve estar associado com a forma de escrever esse pensamento, e essas habilidades devem ser conjuntamente desenvolvidas sem enfatizar nenhuma delas em detrimento da outra. Deve-se, portanto, vincular os resultados obtidos com a forma de pensar daquele momento de ensino e não com a forma mais fácil de resolução de problemas.

Da mesma maneira, Fiorentini, Miguel e Miorim (1993) discutem essa tendência da crença de que, para o ensino de Álgebra, só por meio da manipulação de sua linguagem específica é que o pensamento algébrico pode se manifestar. Para esses autores, essa é uma abordagem equivocada, pois “essa relação de subordinação do pensamento algébrico à linguagem desconsidera o fato de que, tanto no plano histórico quanto no pedagógico, a linguagem é, pelo menos em princípio, a expressão de um pensamento” (Fiorentini; Miguel; Miorim, 1993, p.85).

Os órgãos governamentais seguem essa mesma tônica ao defender, no que compete ao ensino de Álgebra, a proposta de se evidenciar as habilidades e competências juntamente ao desenvolvimento da forma de pensar algebricamente, como declara os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN):

Embora nas séries iniciais já se possa desenvolver alguns aspectos da álgebra, é especialmente nas séries finais do ensino fundamental que as atividades algébricas serão ampliadas. Pela exploração de situações-problema, o aluno reconhecerá diferentes funções da álgebra (generalizar padrões aritméticos, estabelecer relação entre duas grandezas, modelizar, resolver problemas aritmeticamente difíceis), representará problemas por meio de equações e inequações (diferenciando parâmetros, variáveis, incógnitas, tomando contato com fórmulas), compreenderá a “sintaxe” (regras para a resolução) de uma equação.

Esse encaminhamento dado a álgebra, a partir da generalização de padrões, bem como o estudo da variação de grandezas possibilita a exploração da noção de função nos terceiros e quarto ciclos [atualmente de 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental]. Entretanto, a abordagem formal desse conceito deverá ser objeto de estudo do ensino médio. (Brasil, 1998, p.50-1)

Mais adiante, quando os PCN pretendem orientar os professores para o trabalho com o ensino de Álgebra, é enfatizado que

[...] é mais proveitoso propor situações que levem os alunos a construir noções algébricas pela observação de regularidades em tabelas e gráficos, estabelecendo relações, do que desenvolver o estudo da álgebra apenas enfatizando as “manipulações” com expressões e equações de uma forma meramente mecânica. (ibidem, p.116)

Nos últimos anos, deparamos com a proposta dos órgãos governamentais para incluir o ensino de Álgebra desde os anos iniciais. O Programa Nacional de Alfabetização na Idade Certa (PNAIC)³ já havia iniciado essa discussão e colocado algumas ideias sobre o reconhecimento de padrões e regularidades nos anos iniciais visando o ensino de Álgebra. Em 2017, após muita discussão, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) já estabelece os conteúdos mínimos que deverão ser desenvolvidos nos anos iniciais dentro da Unidade Temática Álgebra.

Atualmente, pesquisadores como Ponte, Branco e Matos (2009, p.10) defendem que o grande objetivo do estudo da Álgebra tanto no Ensino Fundamental quanto no Médio é “desenvolver o Pensamento Algébrico nos alunos”. Assim, o pensamento algébrico pode ser entendido “como uma forma de estruturação do pensamento – passível de ser desenvolvida desde a Educação Infantil, percorrendo toda a escolaridade – que pressupõe a generalização, transpondo situações particulares a ideias gerais” (Ferreira, 2017, p.20-1).

Resta-nos compreender o que seria esse Pensamento Algébrico e como podemos desenvolvê-lo na sala de aula. Para tanto, nas próximas seções, discutiremos alguns aspectos da história da Álgebra e do pensamento algébrico.

Questões sobre o pensamento abstrato

Apesar de muitas vezes não nos darmos conta, conceitos abstratos nos rodeiam e interferem em nosso cotidiano. A noção de número é um bom exemplo.

É fato comumente aceito que no início da civilização, assim que os seres humanos deixaram de ser nômades e se fixaram em agrupamentos de pessoas, a necessidade de controle da produção agrícola e pecuária levou à criação de registros numéricos.

Em um primeiro momento, lançou-se mão de alguns outros objetos para fazer essa contagem. Por exemplo, se fosse necessário verificar quantos tonéis de óleo existiam armazenados era comum relacionar, por exemplo, a cada um desses tonéis uma pedra que era separada e colocada em algum outro recipiente, criando-se assim o que chamamos de uma *correspondência biunívoca* entre tonéis e pedras. A verificação, *a posteriori*, do número de tonéis ficava imediata: se, em uma próxima *contagem* sobrassem pedras, isso significava que tonéis foram utilizados, e se faltassem, isso significava que tonéis foram acrescentados ao armazém. Claro está que esse método ainda não indicava que havia números disponíveis. Também, apesar de atualmente podermos caracterizar isso de forma abstrata, ainda esse procedimento não envolvia um grau elevado de abstração,

pois baseava-se em uma simples ideia de correspondência biunívoca entre dois conjuntos de objetos.

Em um passo posterior, os primeiros registros numéricos específicos representavam não só o número em si, mas também o objeto a ser contado. Dito de outra forma, números estavam atrelados, em um primeiro momento, aos objetos. A maneira como atualmente contamos os objetos demorou ainda um pouco para se consolidar e só veio quando os registros numéricos apareceram desvinculados dos objetos, o que pode ser entendido como um passo rumo à abstração.⁴

Essa sutileza passa despercebida muitas vezes, aprendemos cedo a contar, de certa forma muito automaticamente, e não nos damos conta de que o simples ato de contagem se baseia em um processo mental de abstração.

Quando se aprende a pensar abstratamente? É claro que alguns conceitos abstratos são mais facilmente aceitos que outros e mais naturalmente assimilados em nosso sistema educacional. Por outro lado, o nosso cotidiano está cheio de momentos em que o pensamento abstrato se faz necessário, quer seja quando discutimos política ou religião ou mesmo esporte, quer seja quando buscamos padrões ou analogias em nossas argumentações. O pensamento abstrato não aparece apenas na matemática ou na Álgebra, especificamente, é algo que nos auxilia no desenvolvimento do ato de raciocinar e, por não ser uma característica inerente ao ser humano, ele pode ser desenvolvido de acordo com o meio social em que vivemos.

Nosso objetivo aqui é discutir como a Álgebra, ou mais especificamente a história da Álgebra, pode ser útil no desenvolvimento de um “tipo” de pensamento abstrato. Ao contrário de outras grandes áreas da matemática, a construção da Álgebra como área do conhecimento ao longo dos tempos se deu por um processo de passagem do tratamento de questões concretas a questões abstratas. Esse processo foi gradativo ao longo dos séculos e é isso que gostaríamos de explorar neste texto.

Voltando rapidamente aos números, sabemos que eles não servem apenas para efeito de contagem pura e simplesmente. Há operações embutidas com propriedades que se repetem ou não se consideramos distintos conjuntos numéricos. A percepção de que há padrões em comum a vários conjuntos, a formulação das propriedades iniciais e de suas consequências, tudo isso se torna parte de um mesmo processo no caminho da abstração. Antes de discutirmos isso em mais profundidade, vamos ver como esse pensamento se dá na educação escolar.

O pensamento algébrico na educação escolar

Acreditamos na ideia de que o pensamento abstrato, para emergir dentre os cidadãos, precisa de um meio para se desenvolver e ser aprendido. Nesse sentido, e na escola em especial, o ensino de Matemática possui um papel relevante. Faz parte das habilidades matemáticas auxiliar os estudantes a desenvolverem

tais ferramentas para a sua vida em sociedade. Em especial, a Álgebra pode corroborar se, em seu ensino, o enfoque for o de desenvolver no estudante um pensamento que o auxilie na busca de padrões e analogias quando enfrentar problemas cotidianos.

A isso, poderíamos chamar, em uma primeira aproximação, de pensamento algébrico. No entanto, se nos aprofundarmos, torna-se difícil definir, claramente, o que é de fato o pensamento algébrico. Seria esse uma forma de pensar a partir de um conhecimento algébrico? Quais seriam, então, as habilidades e as características que permeariam indubitavelmente tal pensamento?

Não existe um consenso na literatura a respeito do que significa o pensamento algébrico e o pensar algebricamente.

Blanton e Kaput (2005, p.413) definem o pensamento algébrico como “um processo no qual os alunos generalizam ideias matemáticas de um conjunto particular de exemplos, estabelecem generalizações por meio do discurso de argumentação, e expressam-nas, cada vez mais, em caminhos formais e apropriados à sua idade”. No mesmo sentido, Kaput, Blanton e Moreno (2008) consideram que a generalização e a simbolização são os cerne do pensamento algébrico.

Para Ponte, Branco e Matos (2009, p.28), aprender Álgebra significa ser capaz de pensar algebricamente, e que isso inclui o conhecimento das propriedades das operações pois “a identificação destas propriedades e a sua generalização desde os primeiros anos de escolaridade constituem uma base importante para o pensar algebricamente”.

Wasserman (2016) salienta que os professores precisam perceber como as propriedades das operações estão sendo trabalhadas pelos estudantes explícita ou implicitamente e precisam saber como problematizá-las.

Blanton e Kaput (2005), p.413 categorizam quatro formas de pensamento algébrico:

[...] o uso da aritmética como domínio da expressão e a formalização da generalização (aritmética generalizada); a generalização de padrões numéricos para descrever as relações funcionais (pensamento funcional); a modelação como um domínio para a expressão e formalização das generalizações; e a generalização sobre sistemas matemáticos abstratos do cálculo e das relações.

Todos esses autores contribuem com visões que, a nosso ver, se complementam no que entendemos ser o pensamento algébrico a ser ensinado nas escolas.

Um pouco da história da Álgebra

Quando se olha especificamente para a história da álgebra ou, de outro modo, para o desenvolvimento dos métodos algébricos, nota-se que esse acontece em, ao menos, três estágios distintos. Iremos destacar aqui apenas os pontos que mais se relacionam com a nossa discussão sobre o desenvolvimento

do pensamento algébrico no processo de ensino-aprendizagem da Álgebra na Educação Básica. Para detalhes, indicamos, por exemplo, Hollingdale (2006), Roque (2012) e Struick (1987) que propiciam essas discussões.

Em um primeiro momento, trata-se da resolução de problemas envolvendo equações de primeiro ou segundo grau que são normalmente descritos, problemas e soluções, de forma retórica. Também, como tais equações tinham como motivação, em geral, resolver problemas de cunho geométrico, tanto resolução quanto justificativas, quando as havia, apresentavam esse viés. A própria terminologia usada então refletia, e ainda reflete, isso: raízes quadradas, equações quadráticas e cúbicas são exemplos claros dessa relação.

Observemos também que os números, ainda não compreendidos da forma que hoje os são, embutiam também características geométricas. Não por acaso, números negativos e até mesmo o número zero demoraram a ser aceitos no mesmo nível que os positivos. Mesmo quando, no século XVI, Cardano publicou o seu *Ars Magna* que tratava de soluções de equações de 3º e 4º graus, resultados envolvendo números negativos eram denominados de *soluções falsas* (Cardano, 2007; Roque, 2012).

Não que os números negativos não tivessem alguma interpretação quando escritos separadamente (como indicando uma dívida), mas o que faltava era uma noção de *operacionalidade* entre eles, ao contrário do que ocorria quando se pensava no universo dos números positivos. Por exemplo, o que significava o produto de dois números negativos? Cabe ressaltar que, muito provavelmente não por acaso, essa é uma dificuldade que os estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental ainda têm.

Interessante notar, a propósito, a contribuição dos matemáticos indianos no que diz respeito a essa questão. Se, por um lado, o sistema posicional decimal indiano (que utilizamos até hoje) chegou à Europa no século XII, por intermédio do matemático Fibonacci, via influência árabe, o mesmo não se pode dizer do entendimento que os indianos tinham dos números negativos e do zero. Alguns matemáticos indianos, como Brahmagupta que viveu no século VII, já tinham uma noção de como operacionalizar tais números. Com um sentido mais utilitário e pragmático no que diz respeito a essas questões, eles também não tinham grandes problemas com operações de números irracionais.

Podemos dizer que a estranheza com números negativos e com o zero ainda iria perdurar por um longo tempo, dividindo opiniões, e isso só seria resolvido quando a matemática já estivesse madura para uma formalização dos conjuntos numéricos e de suas operações.

Um segundo momento é caracterizado pela busca de padrões e regras. A história da matemática, e a da Álgebra, é exemplar nesse aspecto, caracteriza-se pela busca de padrões que definam as estruturas a serem estudadas. Entendemos por isso a busca de elementos e propriedades comuns a estruturas que, em princípio, podem parecer bem distintas.

Por exemplo, o conjunto dos números inteiros⁵ e o conjunto das funções bijetoras definidas no domínio $\{1, 2, 3\}$ ⁶ possuem comportamentos muito distintos. No entanto, em ambos os conjuntos é possível se definir uma operação. Considerando no conjunto dos números inteiros a operação soma, e no conjunto das funções bijetoras a operação de composição, essas operações compartilham três propriedades (a chamada associatividade, a existência de um elemento neutro dessa operação e a existência de elementos inversos, também relativos a essa operação) e que, por isso, merecem o nome de grupo algébrico (Herstein, 1995). No entanto, existem muitas diferenças entre esses conjuntos: por exemplo, a operação soma considerada no conjunto dos inteiros é uma operação comutativa, pois não importa a ordem dos elementos em que se faz essa soma, mas, no entanto, a operação considerada no conjunto de funções (a composta de funções) não é comutativa.

Sem entrarmos em mais detalhes, o que queremos enfatizar é que conjuntos, mesmo distintos, compartilham padrões matemáticos (operações, propriedades etc.). No caso da Álgebra, um ponto importante para se clarificar os padrões existentes foi o desenvolvimento de uma linguagem própria. Nada mais natural, então, que tal estágio esteja muito ligado ao desenvolvimento das notações matemáticas, que se estabilizaram razoavelmente apenas a partir do século XVI. Mais do que a geometria, a Álgebra dependeu desse desenvolvimento para se fixar como uma área do conhecimento.

O desenvolvimento das notações é, normalmente, dividido em três fases: a retórica, a sincopada e, finalmente, a simbólica. Trabalhar em sala de aula esse percurso a partir de um problema retórico até chegar a uma expressão, digamos, algébrica é bastante salutar e tem sido feito em muitos casos. Mas basta isso para se convencer da importância de boas notações? Acreditamos que é necessária uma integração maior entre esse processo e a busca de padrões.

Com a incorporação de uma simbologia própria substituindo a retórica e, por outro lado, com a necessidade de se achar justificativas que não dependessem tanto da geometria, tornou-se importante olhar as bases em que os métodos algébricos poderiam se fundamentar.

Por sua vez, a formalização dos conjuntos numéricos e de suas propriedades definidoras só se completou nos finais do século XIX e só a partir de então a Álgebra adquiriu finalmente uma fundamentação abstrata que propiciou o seu desenvolvimento como área de pesquisa.

Métodos algébricos

O significado da palavra *Álgebra* modificou-se ao longo dos séculos. A rigor, essa palavra, que vem do árabe “*al-jabr*”, só apareceu após o século IX, mas isso não invalida a discussão feita, pois antes muito dos métodos que hoje chamamos de algébricos eram referidos como *métodos aritméticos*. Aritmética e Álgebra poderiam, nesse sentido, se referir à mesma coisa.

Por todos os estágios pelos quais a Álgebra passou, do mais concreto ao mais abstrato, são usualmente chamados igualmente de Álgebra e, por isso,

muitas definições são possíveis, mas não iremos entrar nessa polêmica. Assim também não nos interessa aqui nomear qualquer matemático como o *pai da Álgebra*, pois isso foge e muito de uma discussão na qual gostaríamos de enfatizar aspectos outros que apenas os factuais.

Antes de prosseguirmos, é importante conceituar o que entendemos por métodos algébricos. Eles estão relacionados à manipulação de operações em conjuntos e suas propriedades básicas. Objetivando um melhor entendimento do que temos em mente, poderíamos focar, inicialmente, na fórmula que é usualmente chamada de Bhaskara,⁷ a fórmula que nos propicia achar as soluções de uma equação de segundo grau. Por exemplo, consideremos uma equação genérica

$$ax^2 + bx + c = 0,$$

sendo os coeficientes a, b, c pertencentes a algum conjunto numérico, por exemplo, o conjunto dos números reais. Achar uma solução para tal equação é encontrar um elemento r (nesse mesmo conjunto numérico) tal que, ao substituir x por r , a relação

$$ar^2 + br + c = 0,$$

seja verdadeira. Por trás dessa sentença matemática estão embutidas, obviamente, duas operações: a da multiplicação (indicadas na notação acima por $r^2 = r \cdot r$, $ar^2 = a \cdot r^2 \cdot br - b \cdot r$); e a da adição (por exemplo, $ar^2 + br$, $br + c$). Essas operações, a depender do conjunto numérico usado, satisfazem certas propriedades que serão descritas mais adiante.

É usual escrever a solução dada pela fórmula de Bhaskara mencionada anteriormente por:

$$r = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a},$$

sendo os números a, b, c os coeficientes da equação inicial. Observe que, aqui, aparece também a radiciação ($\sqrt{\cdot}$) e, em vista disso, há a necessidade de uma análise sobre a possibilidade de se fazer tal operação considerando o fato de $b^2 - 4ac$ ser positivo ou não. A operação evidente de divisão que aparece na fórmula pode ser interpretada como uma multiplicação pelo elemento inverso de $2a$. Sem entrarmos em mais detalhes, o que queremos enfatizar é o fato de estarmos aqui também dependentes das mesmas operações de multiplicação e adição e de certas propriedades (aqui fica claro que precisamos, por exemplo, que os elementos do conjunto em que estamos trabalhando necessitam da propriedade de existência de elementos inversos).

Em suma, o que entendemos por métodos algébricos nessa nossa discussão serão aqueles que envolvem operações em conjuntos predeterminados. A essas operações estão relacionadas propriedades como associatividade, comutatividade, existência de elemento neutro da operação e existência de elementos opostos (ou inversos) também relativos à operação considerada. Propriedades

distributivas são igualmente importantes se, no conjunto, forem consideradas mais do que uma operação.

Esse processo de percepção de que existem conjuntos nos quais operações são feitas e que dependem necessariamente de certas propriedades é que queremos explorar. Historicamente, a humanidade só se deu conta disso no nível descrito nesta seção após séculos de cálculos e dependeu de um desenvolvimento, em paralelo, de uma linguagem apropriada e de um sistema de numeração adequado do ponto de vista operacional (sistema posicional e, no nosso caso, de base decimal).

Relacionando história e ensino de Álgebra

Acreditamos que o conhecimento histórico do desenvolvimento de uma ciência, e aqui estamos focando na Álgebra, é essencial para se perceber quais são as bases teóricas em que ela se sustenta. Isso, porém, não quer dizer que o mesmo percurso deva ser percorrido, do ponto de vista didático, em sala de aula.

Para exemplificarmos esse nosso argumento, voltemos um pouco aos números. Como vimos anteriormente, os primeiros números a serem considerados foram os naturais em vista de problemas de contagem. No entanto, uma conceitualização formal do que eles são só surgiu nos finais do século XIX com o trabalho de Peano. Nessa mesma direção, os chamados números complexos foram introduzidos (com suas regras algébricas) por Bombelli no século XVI antes mesmo de um entendimento formal dos números reais, o que só viria no século XIX ou mesmo da aceitação global dos números negativos (Hollingdale, 2006).

Didaticamente, porém, faz mais sentido inverter um pouco essa ordem ensinando números naturais, seguidos dos inteiros, racionais, reais e complexos ao invés de se usar a ordem cronológica de suas fundamentações teóricas.

Nessa direção de se discutir a fundamentação que está por trás da Álgebra, poderíamos mencionar a famosa frase “a ordem dos fatores não altera o produto”. Dito dessa forma, e sem uma crítica, mesmo que *a posteriori*, restará ao estudante a certeza de uma regra universal que impõe a igualdade na multiplicação de dois termos independentemente da ordem em que a fazemos. No entanto, após alguns anos, o mesmo estudante, convencido dessa verdade universal, irá deparar com a multiplicação de duas matrizes e, agora sim, a ordem dos fatores irá influenciar o produto.

Referindo-se às matrizes, o próprio produto definido não é algo que se impõe arbitrariamente ou por mero capricho algébrico, mas sim reflete, em sua origem, questões envolvendo sistemas de equações lineares (Coelho, 2016).

Mais do que a mecanicidade da operação de multiplicação de matrizes, o que deveria sobrar é a ênfase do que está por trás desses cálculos. A ordem dos fatores em um produto importa sim, dependendo do produto definido e do conjunto no qual ele está definido. A propriedade que irá nos garantir a igualdade do produto independentemente da ordem dos fatores é chamada de *comutatividade* e, longe disso, não é uma “verdade universal”.

A discussão desse ponto, isto é, a da validade da propriedade de comutatividade, ganhou importância quando Hamilton, em 1843, definiu uma operação entre os números que ficariam conhecidos como quatérnios⁸ e que não satisfazia a propriedade comutativa. Do ponto de vista histórico, esse é o primeiro exemplo de uma estrutura algébrica coerente com um produto formalmente definido na qual a ordem dos fatores alterava o produto final.

Antes de finalizarmos essa discussão, gostaríamos de analisar outra propriedade algébrica importante. Anteriormente, ao comentarmos a fórmula de Bhaskara, vimos que essa envolvia uma divisão. É possível se ver a divisão de um número a por outro b (não nulo) como sendo o produto desse a pelo elemento inverso de b (por exemplo, o inverso de 2 é $\frac{1}{2}$, o de $\frac{2}{3}$ é $\frac{3}{2}$ e assim por diante). Assim teríamos que

$$\frac{a}{b} = a \cdot \frac{1}{b}.$$

Isso embute a necessidade de se ter no conjunto em que estamos trabalhando a possibilidade de se inverter elementos. Por exemplo, no conjunto dos números inteiros, só os elementos 1 e -1 possuem inversos, enquanto que, no conjunto dos reais, todo elemento não nulo possui um inverso. É fácil ver então que a propriedade de existência de inversos em um conjunto é outro exemplo de uma propriedade que não é universal para todos os conjuntos.

Por trás dessa ideia de se olhar a divisão de dois elementos de um conjunto como o produto de um elemento pelo inverso do outro pode ser justificada a regra da divisão de dois números racionais. Lembrando que o inverso do número racional $\frac{a}{b}$ com $a, b \neq 0$ é o número $\frac{b}{a}$. Dessa forma, a divisão de um número racional não nulo $\frac{a}{b}$ por outro também não nulo $\frac{c}{d}$ é dada pela regra

$$\frac{c/d}{a/b} = \frac{c}{d} \cdot \frac{b}{a}$$

Apesar de essa regra ser efetivamente ensinada no Ensino Fundamental, acreditamos que nem sempre é feita essa relação acima descrita, o que poderia ser bem adequada.

Vamos retornar um pouco ao conjunto de matrizes quadradas de um determinado tamanho, que é um conjunto no qual podemos definir a multiplicação usual de duas matrizes. Aqui também nem todas as matrizes possuem inversos, isto é, existem matrizes que, ao multiplicarmos por qualquer outra, nunca resultarão na matriz identidade. Por isso, uma divisão de matrizes do jeito que fazemos com os números reais não é possível e isso, talvez, mereça ser explorado em sala de aula.

Considerações finais

Ao olharmos para os momentos da história da Álgebra descritos neste trabalho percebemos o quanto foi importante para a Álgebra nos dias atuais o

desenvolvimento de um sistema de numeração posicional; a compreensão do conceito de número; a compreensão, identificação e utilização das propriedades das operações; a capacidade de se identificar padrões nas propriedades para diferentes conjuntos numéricos; a generalização dessas propriedades das operações; o desenvolvimento e a utilização de uma linguagem própria e adequada; a busca pelos padrões ou a identificação da falta deles em várias relações. Em cada momento aqui citado, como exemplos, do desenvolvimento da história da Álgebra ficaram evidenciadas a necessidade e a importância de se reconhecer o padrão existente ou não. Queremos enfatizar que cada momento analisado vai ao encontro do que os educadores matemáticos compreendem sobre desenvolver uma forma de pensar algebricamente (Ponte; Branco; Matos, 2009) e as quatro formas de pensamento algébrico explicitadas por Blanton e Kaput (2005).

Essa aproximação entre a história e a discussão dos educadores só reforça a necessidade de desenvolvermos essas ideias dentro da sala de aula, ao longo de todo o período escolar.

Da mesma forma, concordamos com a National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2000), organização de referência mundial na área da Educação Matemática, que coloca a Álgebra como um tema transversal que deveria permear todo o período da escolaridade desde os primeiros anos.

Com isso, acreditamos que o ensino, ao invés de tratar inicialmente das técnicas de resolução de problemas propriamente ditas, deveria focar mais na discussão dos significados dos conceitos algébricos. Como dissemos, não defendemos que as técnicas devam ser abandonadas, apenas que não devam ser a preocupação inicial, ou única, para o bom aprendizado. Entender, em um primeiro momento, que existem padrões e propriedades por trás das operações é mais importante do que a mera memorização de técnicas operatórias. Mesmo as fórmulas, quando for o momento de aprendê-las, podem, e devem, ser justificadas a partir dos mesmos parâmetros conceituais.

Entendemos também que, para o processo de ensino e aprendizagem, quer seja de Álgebra, quer seja de qualquer outra área da matemática, o entendimento de como as ideias se desenvolveram ao longo dos tempos é crucial para se discutir conceitos. Pelas características que discutimos neste trabalho, acreditamos que essa correlação é mais necessária e relevante para o ensino.

Dependendo do nível em que o aluno se encontra, ele pode não estar ainda maduro para entender ou assimilar muito do que discutimos. Acreditamos, porém, que, independentemente de qualquer outro fator, o professor deve ter muito claras essas questões para poder desenvolvê-las junto aos alunos.

Concordamos com Fiorentini, Fernandes e Cristóvão (2005) que dizem que o pensamento é uma ação cognitiva do sujeito. Por isso, cabe ao estudante utilizar ou não o pensamento algébrico para resolver uma tarefa de sala de aula, dependendo muito das ferramentas cognitivas que ele possui. Por outro lado, concordamos com Ferreira, Ribeiro e Ribeiro (2017) que, estando a par disso, caberia

ao professor proporcionar tarefas que estimulassem o pensamento algébrico e não somente proporcionar tarefas que reforcem a utilização de técnicas operatórias.

Notas

- 1 A BNCC estava prevista na Constituição de 1988, na Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996 e no Plano Nacional de Educação de 2014. Esse documento foi elaborado por especialistas de cada área do conhecimento, com a valiosa participação crítica e propositiva de profissionais de ensino e da sociedade civil. O objetivo desse documento é definir o que é essencial para a aprendizagem dos estudantes de todo o país nos diferentes anos de escolaridade e nos diferentes componentes curriculares. A BNCC está disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc>>.
- 2 12^o ICMI Study – 12^o International Commission on Mathematical Instruction Study que foi realizado de 9 a 14 de dezembro de 2001 na Universidade de Melbourne, Austrália e tinha como tema “The Future of teaching and learning of algebra”, ou seja, “O futuro do ensino e aprendizagem da Álgebra”. Esse encontro reuniu 110 pesquisadores do mundo todo para discutirem sobre o ensino de Álgebra.
- 3 O PNAIC é um compromisso formal e solidário assumidos pelo governo Federal, do Distrito Federal, dos Estados e dos municípios, desde 2012, para atender a Meta 5 do Plano Nacional da Educação (PNE), que estabelece a obrigatoriedade de “Alfabetizar todas as crianças, no máximo, até o final do 3^o (terceiro) ano do ensino fundamental”. Disponível em: <[http:// pacto.mec.gov.br/index.php](http://pacto.mec.gov.br/index.php)>.
- 4 Para uma discussão sobre o processo de abstração do significado dos números, ver: Roque (2012, p.40-4 ou p.86-9); Struick (1987, p.10); ou Hollingdale (2006, p.1-2).
- 5 Para detalhes da definição do conjunto dos números inteiros como grupo ver Herstein (1995, p.41-2).
- 6 Para ver mais detalhes do conjunto das funções bijetoras que é representado pelo S_3 , ver Herstein (1995, p.108-111).
- 7 Usaremos essa terminologia que é a mais utilizada para indicar essa fórmula, mesmo reconhecendo a polêmica em torno dela. Indicamos Roque (2012,p.237-242).
- 8 Para uma discussão sobre as origens dos números quatérnios indicamos Hollind Gale (2006, p.339-342).

Referências

- AGUIAR, M. *O percurso da didatização do pensamento algébrico no Ensino Fundamental: uma análise a partir da Transposição Didática e de Teoria Antropológica do Didático*. São Paulo, 2014. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.
- BARBOSA, E.; BORRALHO, A. *Pensamento algébrico e explorações de padrões*. Disponível em: <apm.pt/files/_Cd_Borralho_Barbosa_4a5752d698ac2.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2009.
- BLANTON, M.; KAPUT, J. Characterizing a classroom practice that promotes algebraic reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education*, v.36, n.5, p.412-46, 2005.

- BRASIL. MEC. SEF. *Parâmetros Curriculares Nacionais - Matemática*: terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- CARDANO, G. *The rules of Algebra (Ars Magna)*. Trans. T. Richard Witmer. New York: Dover Publications, Inc., 2007.
- COELHO, F. U. *Introdução à Álgebra Linear*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- FERREIRA, M. C. N. Álgebra nos anos iniciais do Ensino Fundamental: uma análise dos documentos Curriculares Nacionais. *REnCIa*, v.8, n.5, p.16-34, 2017.
- FERREIRA, M. C. N.; RIBEIRO, M.; RIBEIRO, A. J. Conhecimento matemático para ensinar Álgebra nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. *Zetetiké*, Campinas, v.25, n.3, p.496-514, set./dez. 2017.
- FIORENTINI, D.; FERNANDES, F. L. P.; CRISTÓVÃO, E. M. Um estudo das potencialidades pedagógicas das investigações matemáticas no desenvolvimento do pensamento algébrico. In: SEMINÁRIO LUSO-BRASILEIRO DE INVESTIGAÇÕES MATEMÁTICAS NO CURRÍCULO. 2005. Portugal. Disponível em: <http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/Jponte/seminario_lb.htm>. Acesso em: 13 ago. 2016.
- FIORENTINI, D.; MIGUEL, A.; MIORIM, M. A. Contribuição para um Repensar... a Educação Algébrica Elementar. *Pro-Posições, Revista Quadrimestral da Faculdade de Educação – Unicamp*. Campinas, v.4, n.1[10], p.78-91, 1993.
- HERSTEIN, I. N. *Abstract Algebra*. 3.ed. s. l.: John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- HOLLINGDALE, S. *Makers of Mathematics*. New York: Dover Publications, Inc., 2006.
- KAPUT, J.; BLANTON, M.; MORENO, L. Algebra from a symbolization point of view. In: KAPUT, J.; CARRAHER, D. W.; BLANTON, M. L. (Ed.) *Algebra in the early grades*. New York: Lawrence Erlbaum Associates, 2008. p.19-55.
- LINS, R. C.; GIMENEZ, J. *Perspectivas em aritmética e álgebra para o século XXI*. Campinas: Papirus, 2001.
- MACHADO, N. J. *Matemática e realidade: análise dos pressupostos filosóficos que fundamentam o ensino de matemática*. 2.ed. São Paulo: Cortez, 1991.
- NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS – NCTM. *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM, 2000.
- PONTE, J.; BRANCO, N.; MATOS, A. *Álgebra no Ensino Básico*. Ministério da Educação, Portugal. Direção Geral de Integração e de Desenvolvimento Curricular (DGIDC). Portugal, 2009.
- RIBEIRO, A. J. *Analisando o desempenho de alunos do Ensino Fundamental em álgebra, com base em dados do SARESP*. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica. São Paulo, 2001.
- RIBEIRO, A. J.; CURY, H. N. *Álgebra para a formação do professor: explorando os conceitos de equação e de função*. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2015. (Col. Tendências em Educação Matemática).
- ROQUE, T. *História da matemática: uma visão crítica, desfazendo mitos e lendas*. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.
- SILVA, V. A. D. Relação com o saber na aprendizagem matemática: uma contribuição

para a reflexão didática sobre as práticas educativas. *Revista Brasileira de Educação*, v.3, n.37, jan./abr. 2008.

STACEY, K.; CHICK, H. Solving the problem with Algebra. In: STACEY, K. et al (Ed.) *The Future of teaching and learning of algebra: The 12th ICMI Study*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. p.1-20.

STRUIK, D. J. *A concise history of Mathematics*. 4.ed.rev. New York: Dover Publications, Inc., 1987.

USISKIN, Z. Concepções sobre a álgebra da escola média e utilizações das variáveis. In: COXFORD, A. F. E SHULTE, A. P. *As ideias da álgebra*. The National Council of Teachers of Mathematics. Trad. Hygino H. Domingues. São Paulo: Atual, 1994.

WASSERMAN, N. H. Abstract algebra for algebra teaching: Influencing school mathematics instruction. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v.16, n.1, p.28-47, 2016.

RESUMO – O ensino de Álgebra tem se restringido a questões técnicas e operacionais, deixando de lado, muitas vezes, o desenvolvimento de conceitos e do pensamento algébrico. Acreditamos que esse enfoque está por trás das deficiências diagnosticadas em várias pesquisas e avaliações governamentais. Neste texto, apresentamos como os conceitos que foram relevantes para o desenvolvimento da álgebra ao longo dos séculos podem e devem participar do processo de ensino da álgebra.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Álgebra, Pensamento algébrico, História da álgebra, Pensamento abstrato.

ABSTRACT – The teaching of Algebra has been restricted to technical and operational issues, often leaving aside the development of concepts and so-called algebraic thinking. We believe that this approach underlies the deficiencies diagnosed in various government surveys and assessments. In this text, we present how concepts that were relevant to the development of Algebra over the centuries can and should participate in the process of teaching Algebra.

KEYWORDS: Algebra teaching, Algebraic thinking, History of Algebra, Abstract thinking.

Flávio Ulhoa Coelho é professor titular do Instituto de Matemática e Estatística (IME) da Universidade de São Paulo (USP) e pesquisador do Instituto de Estudos Avançados da USP (IEA-USP). @ – fucoelho@ime.usp.br

Marcia Aguiar é professora adjunta do Centro de Matemática, Computação e Cognição (CMCC) da Universidade Federal do ABC (UFABC). @ – marcia.aguiar@ufabc.edu.br

Recebido em 6.3.2018 e aceito em 10.4.2018.

¹ Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

^{II} Centro de Matemática, Computação e Cognição, Universidade Federal do ABC, Santo André, São Paulo, Brasil.

Etnomatemática, justiça social e sustentabilidade

UBIRATAN D'AMBROSIO¹

Introdução

O PROGRAMA ETNOMATEMÁTICA é um programa de pesquisa que tem como foco entender como a espécie humana desenvolveu seus meios para sobreviver na sua realidade natural, sociocultural e imaginária, e para transcender, indo além da sobrevivência. Recorre à análise da história das ideias e à origem e evolução do comportamento e do conhecimento da espécie humana, em distintos ambientes naturais e socioculturais. A ideia central é a Etnomatemática, que surge do reconhecimento de que diferentes culturas têm maneiras diferentes de lidar com situações e problemas do cotidiano e de dar explicações sobre fatos e fenômenos naturais e sociais. Neste trabalho vou propor uma fundamentação para a análise de como essas diferentes maneiras se manifestam na matemática e também nas religiões, nas artes e nas práticas profissionais e do cotidiano, focalizando modos de observar, comparar, organizar, classificar, medir, quantificar e contar e inferir, que são as categorias básicas do fazer matemático. A proposta pode ser uma contribuição às reflexões sobre a epistemologia. Há um conflito, certa hostilidade, entre os enfoques tradicionais à epistemologia e aqueles que recorrem aos mais recentes desenvolvimentos da cognição e da neurofisiologia. Procuo superar esse conflito com um tratamento mais amplo da epistemologia a partir das reflexões sobre Etnomatemática, no sentido amplo que será apresentado neste trabalho. Como área de pesquisa em História e Filosofia da Matemática e suas implicações pedagógicas, a Etnomatemática surge na década de 1980 (D'Ambrosio 1985).

O surgimento de ideias matemáticas é reconhecido desde a pré-história (D'Ambrosio; Almeida, 2017). Diferentes maneiras do fazer matemático foram notadas na Antiguidade grega quando Heródoto descreve, na sua clássica *História*, outros povos e civilizações então conhecidas (Heródoto, 1988). Como são e como se originaram essas diferentes modos do fazer matemático é um tema de crescente interesse entre etnógrafos, antropólogos, linguistas, neurocientistas e, naturalmente, entre historiadores e educadores. No mundo contemporâneo, são muito importantes os livros pioneiros sobre Etnomatemática de autoria de Claudia Zaslavsky (1973) e do casal de matemáticos e antropólogos Marcia e Robert Ascher (1981).

Embora relativamente nova, a Etnomatemática é uma área florescente e muito ativa. O primeiro grupo internacional de pesquisa sobre Etnomatemática

é o ISGEm International Study Group on Ethnomathematics, que foi fundado em 1985, numa reunião do NCTM/National Council of Teachers of Mathematics, em San Antonio, Texas. Logo foram criados grupos nacionais e regionais. Nesse curto período, foram realizados congressos internacionais e nacionais e existem várias revistas especializadas no Brasil e no exterior. O Primeiro Congresso Internacional de Etnomatemática, o ICEm-1 realizou-se em 1998, em Granada, Espanha. Os demais, a cada quatro anos, foram em Ouro Preto (MG), em Auckland, Nova Zelândia, em Towson, MD, nos Estados Unidos, em Maputo, Moçambique. O ICEm-6 realizou-se em julho de 2018 em Medellín, Colômbia. O ICEm-7 será em 2022, em Papua Nova Guiné.

O Programa Etnomatemática

O Programa Etnomatemática inicialmente focalizou história e filosofia da matemática, com implicações pedagógicas óbvias (D'Ambrosio, 1992). O foco do Programa Etnomatemática foi expandido para contemplar o sistema complexo de comportamento e conhecimento gerado e organizado por cada indivíduo (desde o nascimento até a morte) e por toda a espécie humana. Ambos, cada indivíduo e a espécie humana, desenvolvem estratégias para lidar com a realidade ampla em que está inserido. É importante esclarecer desde o início que considero realidade no sentido lato de fenômenos e fatos naturais, fisiológicos, sensoriais, emocionais e psíquicos, imaginários e as interações sociais. Simplesmente tudo, que está permanentemente mudando. A realidade é dinâmica. Logo o Programa Etnomatemática não é uma teoria final, e essa é a razão para considerar essa proposta um programa de pesquisa. É um programa necessariamente transcultural e transdisciplinar e utiliza métodos de pesquisa das ciências, da cognição, da mitologia, da antropologia, da história, da sociologia (política, economia, educação) e de estudos culturais em geral.

A proposta se concentra na geração e evolução de comportamento e conhecimento em dois focos aparentemente distintos:

- cada indivíduo da espécie humana e
- a espécie humana como um todo.

Ambos se inspiram mutuamente, como foi muito bem mostrado nos programas de pesquisa de Jean Piaget, Lev Vygotsky, entre outros. Eles mostram o quanto crianças e adultos podem nos sugerir o comportamento de toda a espécie humana. Deixam também claro que as emoções e tomadas de decisão resultam tanto de processos cognitivos quanto de processos emocionais e sociais. As relações com educação são óbvias.

O conceito de Etnomatemática é muito mais ambicioso do que o estudo das ideias e práticas matemáticas e das técnicas reconhecidas em diferentes grupos étnicos e em artesanato e profissionais e mesmo em civilizações diferentes, como é o foco principal da etnografia, da etnologia e da antropologia. Como será explicado adiante, eu uso o prefixo *etno* em um sentido muito mais amplo

do que étnico e também *matema* e *tica* com significados mais amplos que na matemática como disciplina acadêmica.

A Matemática Acadêmica, que é universalmente praticada nos institutos de pesquisa e nos sistemas educacionais, é uma categoria ampla de conhecimento, uma construção abstrata originada nas culturas da bacia do Mediterrâneo e da Mesopotâmia (Iraque antigo) e das civilizações do vale do Nilo. Podemos dizer que a Matemática Acadêmica (e portanto a Matemática Escolar) tem como origem a Etnomatemática dessa ampla região ao redor do Mediterrâneo. Essa construção abstrata, muitas vezes chamada o estilo euclidiano, é baseada na lógica do *tertium non datur*. O estilo euclideano é o protótipo de rigor matemático. Mas esse estilo e os resultados obtidos a partir dele têm se mostrado insuficientes e inadequados como estratégia para lidar com a complexidade de fatos e fenômenos de todos os ambientes naturais e socioculturais. Muitos matemáticos acham que essas insuficiências não devem ser consideradas na matemática elementar, não devem ser consideradas nas escolas, desde o Fundamental ao Superior. Insistem que o estilo euclidano é a base de toda a evolução do pensamento, não só matemático e científico, mas de todas as áreas de conhecimento. O estilo euclideano é considerado padrão de rigor. Mas a dicotomia do “é ou não é”, “certo ou errado”, “bom ou mau” e tantas outras formulações do *tertium non datur* vêm sendo contestada, particularmente como estratégias de desenvolvimento cognitivo. O “pode ser”, “talvez seja” vêm ganhando presença entre pensadores, particularmente entre matemáticos e cientistas. Os trabalhos de Max Planck, Albert Einstein, Luitzen E. J. Brouwer, Kurt Gödel e outros evidenciam isso, assim como a matemática *fuzzy*.

Como aprendemos do eminente matemático Wen-Tsun Wu, a matemática na China antiga tinha um método de pensamento e estilo de apresentação muito diferente da matemática grega. Havia rigor seguindo um modelo distinto do estilo euclideano (Wu, 1987).

Reconhecemos construções abstratas ao estudar a história da matemática na Índia antiga, nas civilizações andinas, na África subsaariana, na Polinésia, de fato em todas as civilizações do mundo. Pode haver alguma semelhança nas construções abstratas em civilizações diferentes, mas elas são essencialmente distintas. Temos de compreender os intelectuais, os artesãos, os profissionais, as pessoas, a sociedade invisível nestas regiões, seus mitos e sistemas de valores, seus sistemas de conhecimento. Tudo está em permanente mudança. Temos também de considerar a dinâmica dos encontros de civilizações.

O Programa Etnomatemática é conceitualmente projetado como um programa de ampla investigação da evolução das ideias, das práticas e do conhecimento da espécie humana em diferentes ambientes culturais. Essencialmente, implica uma análise de como grupos de seres humanos geraram formas, estilos, artes e técnicas de fazer e de saber, de aprender e explicar, como lidam com situações e resolvem os problemas do seu cotidiano, do seu ambiente natural e

sociocultural. Ao conceituar Etnomatemática, no sentido amplo, pratiquei um abuso etimológico com a apropriação “livre” de raízes gregas: *techné* [*tica*] significando maneiras, estilos, artes e técnicas; *matema* significando fazer e saber, as explicações, os entendimentos, o ensinar e apreender para lidar com situações e resolver problemas de seu próprio *etno*, que significa o meio ambiente natural, socioculturais e imaginário. Assim, usando essas raízes gregas, as maneiras, estilos, artes e técnicas [*ticas*] para fazer e saber, explicar, entender, ensinar e apreender [*matema*] no meio ambiente natural, sociocultural e imaginário [*etno*], podem ser sintetizados em uma palavra composta: *ticas* de *matema* em distintos *etnos* ou *tica+matema+ etno* ou, reorganizando a frase, *etno+matema+tica* ou simplesmente *Etnomatemática*. É fácil entender como essa construção etimológica conceitual deu origem à palavra *Etnomatemática*. Embora vários especialistas, particularmente antropólogos, etnógrafos e sociólogos, pesquisem disciplinas acadêmicas em diferentes *etnos*, como são a etno+botânica, a etno+musicologia, a etno+linguística, a etno+metodologia e várias outras *etno+disciplinas*, inclusive etno+matemática, eles baseiam suas pesquisas do ponto de vista de um observador, e recorrem a categorias do pesquisador, tentando encontrar semelhanças entre a cultura do pesquisador e a cultura do pesquisado. Sem dúvida, são pesquisas válidas. Mas é muito importante, para fundamentar essas pesquisas, identificar categorias próprias da cultura que se está estudando. Minha conceituação de *etno+matema+tica* reconhece estratégias cognitivas específicas de uma cultura para lidar com a realidade e categorias adequadas para construir conhecimento dessa cultura.

Um exemplo são os conceitos de tempo e de medição de tempo, que estão ligados ao desenvolvimento da aritmética. Expressam conhecimentos produzidos a partir de observações astronômicas e de uma visão específica de mundo. As culturas mediterrâneas desenvolveram uma forma específica de medir o tempo. Culturas da Amazônia, assim como culturas do Ártico e de outras regiões do planeta, terão outras observações astronômicas e, como consequência, outras visões de mundo. Produzem, socializam, atualizam e ensinam seus conhecimentos sobre tempo e sobre a medição do tempo. A pesquisa de João Severino Filho, junto ao povo *Apyãwa*, na Amazônia, mostra como essa cultura conceitua tempo e sua medição e como produz, atualiza e ensina esse conhecimento como parte intrínseca à sua prática cultural. A pesquisa só pode ser desenvolvida liberando-se das categorias acadêmicas e, tratando-se de culturas orais, recorrer a narrativas para entender suas maneiras de explicar e justificar essas práticas. Isso possibilitou ao autor contemplar, em toda sua complexidade, conceitos de rigor apoiados na personalidade e no jeito, do povo *Apyãwa*, de interagir com o outro e com seu meio natural (Severino Filho, 2015).

O Programa Etnomatemática vai muito além do conhecimento das culturas indígenas. Reflete também sobre impactos de novos desenvolvimentos científicos e tecnológicos no conhecimento matemático estabelecido no mundo acadêmi-

co. O uso dos computadores para provar o teorema das Quatro Cores, há quase cinquenta anos, nos leva inevitavelmente a estender as fronteiras do saber e fazer matemático, questionando a lógica tradicional sobre as quais se baseia a matemática no estilo euclidiano. Essa temática também foi abordada por Wu-Wen Tsun. Observando que na China antiga havia mais preocupação com calcular, principalmente áreas e volumes, do que com demonstrar, como era o caso da Grécia antiga, Wu introduz o conceito e a metodologia de mecanização de provas, com ampla utilização de computadores. Seu foco é o desenvolvimento de algoritmos em vez de axiomatização e de abstrações para resolver sistemas de equações polinomiais multivariadas e aplicações à geometria elementar (Wu, 2000).

O Programa Etnomatemática focaliza as práticas matemáticas no cotidiano de profissionais, artesãos, do homem comum, da sociedade invisível. Por exemplo, Evanilton Rios Alves, em uma pesquisa exemplar com marceneiros, ouviu de um de seus entrevistados “A minha matemática é mais ou menos simples, uso medida linear, profundidade, altura, largura. Tiramos a medida de um quarto, uma sala, divide pra achar a medida dos móveis. É isso, matemática simples (sic)”. A proposta do pesquisador foi como utilizar o que apreendeu dos marceneiros na formação inicial de professores no curso de Licenciatura (Alves, 2010). Um outro exemplo é a pesquisa de Tod L. Shockey sobre a prática de cirurgias cardíacas, cujas perguntas diretrizes são: i) que matemática esses cirurgiões utilizam para lidar com quantidade, espaço e probabilidades na prática cirúrgica; ii) qual o papel de procedimentos e conhecimentos conceituais e intuitivos nesse contexto (Shockey, 2000; 2002).

Seguem dois exemplos de orientandos que mostram, conceitual e metodologicamente, quão amplo é o Programa Etnomatemática. Ao conversar com meu aluno Ricardo Morelo sobre sua história de vida e seu interesse de pesquisa, prática que sempre adoto com meus orientandos, soube que ele é neto de imigrantes libaneses e lembra-se de que, quando criança, sua avó lhe ensinara como fazer operações no modo libanês. Assim surgiu o tema de sua pesquisa: descrever a maneira apreendida com a avó, relacionar com a maneira ensinada nas escolas brasileiras e procurar raízes históricas para ambos os métodos e como se influenciaram mutuamente (Morelo, 2016). Outro exemplo é do aluno Sergio Perine que em conversa me disse que sua religião era a umbanda. Interessei-me sobre o que é umbanda, uma religião brasileira surgida no início do século XX como uma mescla de kardecismo e de candomblé. Ficou clara a apropriação de símbolos, de natureza geométrica, própria dos cultos africanos. Assim surgiu a Geometria Sagrada presente nos cultos da umbanda. A partir daí a pesquisa de Sergio orientou-se para estudos de Geometria Sagrada, uma área muito ativa no mundo acadêmico (Perine, 2017).

Os exemplos apontados mostram como a recuperação de valores culturais revela conhecimentos matemáticos muito relevantes e podem ser um componente importante na redução da ansiedade matemática, um dos responsáveis

pelo mau desempenho de alunos nas escolas.

Em todos esses exemplos, nota-se a capacidade de representar, em forma analógica, uma semelhança dos objetos e eventos da realidade externa e interna. A partir daí há condições para representações simbólicas e para os *matema* que se organizam como linguagem e a “matemática mais ou menos simples” a que se refere o artesão entrevistado por Alves. Está assim preparado o caminho para memória do fazer/saber, para imaginação e criatividade, para sentimentos, como belo e feio, e para fantasia. Tudo isso constitui a cultura do indivíduo.

A vertente historiográfica do Programa Etnomatemática é essencial, pois o programa trata da geração e da evolução do conhecimento na academia e nas práticas do cotidiano da sociedade invisível. A conceituação de pesquisa se aplica aos estudos históricos de culturas extintas e da dinâmica de encontro de culturas, no presente e no passado. Um exemplo na história da matemática é como, no século XIII, a introdução da nova tecnologia da aritmética com algarismos indo-arábicos por Leonardo Fibonacci mudou radicalmente não só a matemática dominante, mas também a Filosofia Natural e as demais ciências, e possibilitou a emergência da economia capitalista e as implicações em um novo modelo de organização social. Particularmente importante foi o desenvolvimento das grandes navegações e as conseqüentes conquistas e colonização. Em praticamente todos os períodos de história da humanidade algo semelhante se passa. Na pré-história isso é bem mostrado em (D’Ambrosio, 2017).

O Programa Etnomatemática recorre a fontes materiais, como monumentos e artefatos, escritos e documentos, mas também a fontes orais, preservadas nas memórias e nas práticas. Fatos, datas e nomes dependem de registros, mas também de outras conceituações de tempo e de lugar. O conceito amplo de fontes mostra que é necessário o diálogo com informantes, que são intelectuais, artesãos, profissionais, o povo, membros da chamada sociedade invisível.

A metodologia de pesquisa do Programa Etnomatemática consiste essencialmente nas etapas:

- Como práticas *ad hoc* e solução de problemas se desenvolvem em métodos?
- Como métodos se desenvolvem em teorias?
- Como as teorias se desenvolvem em invenção científica?

Não vou dar exemplos de como essa metodologia é praticada. Isso pode ser visto em inúmeras publicações, incluindo dissertações e teses. Recomendo a coletânea de trabalhos publicada na revista *ETD-Educação Temática Digital* (ETD, 2017) e no site *Meus Recursos Etnomatemáticos*, mantido por Daniel C. Orey.

A globalização provoca um questionamento sobre as culturas locais. Há um consenso internacional que culturas milenares lidaram com sabedoria com seu meio ambiente, embora seja muito difícil conciliar conhecimentos que foram organizados e estruturados em diferentes ambientes naturais e sociocultu-

rais. Isso foi muito bem estudado pelo historiador inglês G. E. R. Lloyd, FRS. Embora seu principal interesse seja medicina, sua observação aplica-se a todas as áreas de conhecimento:

[...] a biomedicina [com dependência em uma bateria de testes] pronuncia-se sobre um caso individual e pretende afirmar o que os pacientes efetivamente sentem. Mas também as elites mais ou menos articuladas de estilos alternativos de medicina, focalizam a complexidade do que se acredita sentir-se verdadeiramente bem, e certamente seria temerário supor que a biomedicina nada tem a aprender com suas rivais [que são as medicinas tradicionais]. (Lloyd, 2009, p.101)

O mesmo se aplica à matemática, particularmente no seu ensino.

No encontro se reconhece o outro, o diferente, a essencialidade do outro e a dependência mútua de si mesmo e do outro e a natureza como a sustentação comum da vida. Isso leva a um comportamento primordial, o que implica a continuidade da vida, em seu sentido mais amplo. Esse comportamento primordial eu chamo a ética da diversidade:

- respeito pelo outro com todas as diferenças;
- solidariedade com o outro na satisfação de todas as suas necessidades;
- colaboração com o outro na preservação do suporte comum para a vida.

Essa ética precede qualquer noção de cultura e é mais ampla do que a subordinação a um sistema de valores. De fato, é transcultural.

Educação, justiça social e sustentabilidade da civilização

O que se passa nas escolas é preocupante. Os índices são cada vez mais baixos. Têm-se notícias de escolas depredadas por irresponsáveis, verdadeiros criminosos, do descaso de alguns governantes, igualmente criminosos, da burocracia oficial que impede inovação, de professores que desistem da profissão e buscam alternativas para uma vida com maior dignidade. Crianças fora das escolas são cooptadas e recrutadas para ingressar no crime organizado. Esse quadro terrível é constatado pelo noticiário da mídia e é evidente por uma leitura crítica de relatórios oficiais, nos quais se mostra friamente a situação, acompanhada de narrativas vazias e incoerentes e de promessas mentirosas. Lamentável, mas incontestável. O que fazer? Como educadores matemáticos, nos toca diretamente o fato que nossa disciplina tem sido instrumental na manutenção dessa situação. Matemática e alfabetização são as disciplinas que mostram pior rendimento nas escolas. Atribuo como causa os currículos obsoletos, desinteressantes e inúteis e a formação deficiente de professores. Tudo contribui para desencantar alunos e agravar esse quadro.

As consequências são o aumento da desigualdade social. As raízes da desigualdade social são muito complexas, intrínsecas ao modelo de civilização que a humanidade construiu desde os tempos primitivos, quando grupos se organizaram em cidades e surgiu uma estrutura de poder e de governança baseada na

dicotomia entre “homem opressor” e “homem oprimido”. A superação dessa situação é o surgimento, pela educação, de uma nova organização, de um “homem novo”, como diz Paulo Freire (2013) na sua obra máxima, *Pedagogia do oprimido*, onde propõe igualdade, respeito, solidariedade e cooperação. Não basta dar aos oprimidos a oportunidade de acesso social para que eles ocupem a posição dos opressores. Um alerta sobre essa visão equivocada de Justiça Social nos é dado por Paulo Freire:

O “homem novo”, em tal caso, para os oprimidos, não é o homem a nascer da superação da contradição, com a transformação da velha situação concreta opressora, que cede seu lugar a uma nova, de libertação. Para eles, o novo homem são eles mesmos, tornando-se opressores de outros. A sua visão do homem novo é uma visão individualista. A sua aderência ao opressor não lhes possibilita a consciência de si como pessoa, nem a consciência de classe oprimida.

Desta forma, por exemplo, querem a reforma agrária, não para se libertarem, mas para passarem a ter terra e, com esta, tornarem-se proprietários ou, mais precisamente, patrões de novos empregados.

Raros são os camponeses que, ao serem “promovidos” a capatazes, não se tornam mais duros opressores de seus antigos companheiros do que o patrão mesmo. Poder-se-á dizer – e com razão – que isto se deve ao fato de que a situação concreta, vigente, de opressão, não foi transformada. E que, nesta hipótese, o capataz, para assegurar seu posto, tem de encarnar, com mais dureza ainda, a dureza do patrão. Tal afirmação não nega a nossa – a de que, nestas circunstâncias, os oprimidos têm no opressor o seu testemunho de “homem”. (Freire, 2013, p.18)

A busca desse “homem novo” está implícita no apelo, de 1955, de Bertrand Russell e Albert Einstein quando, em plena guerra fria, dizem:

Tentaremos não dizer qualquer palavra que apele para um grupo em detrimento de outro. Todos, igualmente, estão em perigo, e, se o perigo é compreendido, há esperança de que eles possam coletivamente evitá-lo. Temos que aprender a pensar de uma outra forma. Temos que aprender a perguntar a nós mesmos que passos podemos dar... [pois] [...] Como seres humanos apelamos aos seres humanos: lembrem-se de sua humanidade e esqueçam o resto. Se vocês podem fazer isso, o caminho está aberto para um novo Paraíso; se não forem capazes, perante vocês se apresenta o risco da morte universal. (Manifesto Pugwash, 1955)

Parafraseando Freire, Russell e Einstein, digo que é necessário um novo pensar sobre justiça social, básica para manter equilíbrio e segurança na sociedade. Devemos ir muito além da justiça social como correção de falta de oportunidades de acesso, inegavelmente necessário, mas buscar um novo pensar, um “homem novo”, como diz Paulo Feire. Como matemáticos e educadores matemáticos sabemos que temos que desenvolver novos conceitos e técnicas nas nossas especialidades para lidar com a ameaça de extinção da civilização.

Ao longo da minha carreira, tenho me preocupado com o que está acon-

tecendo nas escolas, nas práticas discriminatórias, na intolerância. Infelizmente, em alguns casos, esse comportamento é tolerado e até mesmo estimulado por professores, por administradores e até pelos pais, que se satisfazem em ter um lugar para deixar filhos enquanto tocam, das maneiras mais diversas, seu dia a dia. Muito tem sido dito e pesquisado sobre essa situação.

Em 1993, expressei minhas preocupações com a sobrevivência da civilização na Terra com dignidade para todos:

Embora a principal preocupação desta reunião seja a Educação Matemática, eu acredito estar autorizado a subordinar os meus comentários a um objetivo maior: a sobrevivência da civilização na Terra com dignidade para todos. E não se trata de meros jargões. O mundo está ameaçado, não só por agressões contra a natureza e o meio ambiente. Estamos igualmente preocupados com o aumento de violações à dignidade humana. Enfrentamos mais e mais casos da vida subordinada ao medo, ao ódio e à violação dos princípios básicos sobre os quais repousa a civilização. (D'Ambrosio, 1993)

Como educadores, nossa missão é preparar gerações para um futuro sem fanatismo, sem ódio, sem medo e com dignidade para todos. Mas pode não haver qualquer futuro. Nossa existência, como espécie, está ameaçada. Os nossos objetivos devem ir além de justiça social e dignidade para a espécie humana, devemos pensar na própria sobrevivência da espécie, que está ameaçada por um colapso social.

Como matemáticos e educadores matemáticos devemos nossa responsabilidade perante questões de sustentabilidade, de alterações climáticas e de pandemias, que são urgentes. O chamado à nossa responsabilidade foi bem colocado por Christiane Rousseau em 2011, como vice-presidente da Comissão Executiva da IMU/International Mathematical Union. Ela se refere ao crescente interesse na ciência da sustentabilidade e a atenção que o IMU deve dedicar a isso, como resposta a um apelo do ICSU/International Council of Scientific Unions. Ela diz:

Embora não seja novidade que os cientistas estejam envolvidos no estudo das alterações climáticas e questões de sustentabilidade, um novo sentimento de urgência se desenvolveu. Os sinais de alerta, cada vez mais numerosos, mostram que são necessárias medidas urgentes se quisermos salvar o planeta de um futuro desastroso, já que podemos não estar longe de um ponto sem volta: a mudança climática com eventos climáticos mais extremos, elevação do nível do mar com o derretimento das geleiras, escassez de alimentos e de água em um futuro próximo, devido ao aumento da população mundial e as alterações climáticas, perda de biodiversidade, novas epidemias ou espécies invasoras, etc. (Rousseau, 2011)

Esse apelo foi reiterado, em 2013, pelo cientista Martin Rees, FRS:

As principais ameaças à existência humana sustentável agora vêm de pessoas, não da natureza. Choques ecológicos que irreversivelmente degradam a biosfera poderiam ser desencadeados pelas exigências insustentáveis de uma crescente população mundial. As pandemias que se espalham rapidamente

causariam estragos nas megacidades do mundo em desenvolvimento.

E as tensões políticas provavelmente resultam da escassez de recursos, agravada pelas alterações climáticas. Igualmente preocupantes são as ameaças imponderáveis das poderosas e novas tecnologias cibernéticas, biotecnologias e nanotecnologias. Na verdade, nós estamos entrando em uma era em que alguns indivíduos poderiam, através de erro ou do terror, provocar um colapso social. (Rees, 2013)

Qual a posição dos matemáticos com relação a isso? O matemático Mikhail L. Gromov, laureado com o Prêmio Abel em 2009, diz:

A terra ficará sem os recursos básicos e não podemos prever o que vai acontecer depois disso. Vamos ficar sem água, ar, solo, metais raros, para não mencionar petróleo. Tudo chegará, essencialmente, à escassez no prazo de cinquenta anos. O que vai acontecer depois disso? Estou assustado. Pode ficar tudo bem se nós encontrarmos as soluções, mas caso contrário, tudo pode chegar a um fim muito rapidamente. A matemática pode ajudar a resolver o problema, mas se não formos bem-sucedidos, não haverá mais matemática, estou com medo! (Gromov, 2010, p.403)

Juntando todos os alertas e relatórios e as sérias preocupações dos órgãos científicos responsáveis, não podemos ignorar uma possível situação de caos. Matemáticos e educadores matemáticos têm que evoluir nas suas práticas, tendo como objetivo uma civilização sustentável, com paz em todas as suas dimensões (paz individual, paz social, paz ambiental e paz militar) para construir uma sociedade com justiça e dignidade para todos. Mas o ensino da Matemática, em todos os níveis, inclusive a pesquisa matemática, tende a ignorar essas questões críticas que ameaçam a sobrevivência da civilização e ainda permanecem repetindo temas que deixam de ser prioritários em face da urgência da crise que ameaça a continuidade da civilização. Deve ser lembrado o que disse David Hilbert no Congresso Internacional de Matemáticos, em 1900, em Paris: “A história nos ensina a continuidade do desenvolvimento da ciência. Sabemos que cada época tem seus próprios problemas, que na era seguinte são resolvidos ou colocados de lado, como sem interesse, e substituídos por novos problemas” (Hilbert 2003, p.5).

Matemáticos e educadores matemáticos devem tomar essa observação de David Hilbert como um apelo para pensar de uma maneira nova. A mesmice não melhora o mau estado da Educação Matemática. Peça atenção especial para a ilusão perigosa de que melhores resultados na avaliação e testes são relevantes para a verdadeira qualidade da educação. É impossível negar que precisamos de um novo pensamento dentro da Educação Matemática.

Muitos dos que completam a educação média e superior, mesmo com péssimo aproveitamento em matemática, serão os futuros tomadores de decisão nas empresas privadas e em cargos públicos. Será impossível atingir esses tomadores de decisão e profissionais de outras áreas com um ensino obsoleto e desinteressante da matemática. Na verdade, insistir nesses programas é um esforço inútil quando pensamos em atingir setores importantes da sociedade.

Esse é um desafio que deve ser enfrentado em estreita cooperação de matemáticos e de educadores matemáticos. Mais uma vez, cito Gromov na mesma entrevista: “É uma questão muito difícil, porque temos de projetar ideias matemáticas para as pessoas que trabalham muito longe da matemática - para as pessoas que tomam decisões na sociedade”.

Vejo como o principal problema a inacessibilidade da narrativa matemática aos não iniciados, principalmente a população como um todo, pois seu linguajar é inacessível.

Durante alguns anos, tenho utilizado o conceito de “gaiola epistemológica” como uma metáfora para descrever sistemas de conhecimento. O conhecimento tradicional é como uma gaiola de pássaros. Os pássaros na gaiola comunicam-se numa linguagem somente conhecida por eles. São alimentados com o que está na gaiola, voam apenas no espaço da gaiola, veem e sentem apenas o que as grades da gaiola permitem. Eles se repetem, reproduzem e procriam. Mas não podem ver a cor exterior da gaiola. Uma situação semelhante pode acontecer com os estudiosos especializados. Os estudiosos na gaiola desenvolvem seu próprio jargão e aderem a padrões metodológicos e ontológicos rigorosos. Superar a mesmice acadêmica é um grande desafio. É frequente ver pesquisadores subordinando os seus alunos a temas propostos pelos orientadores, restringindo o seu espaço para a criatividade.

Não se trata de destruir as gaiolas epistemológicas. A organização em disciplinas conduz ao necessário avanço do conhecimento especializado. Mas, metaforicamente, as portas da gaiola devem estar abertas para sair e voltar com ideias novas apreendidas do mundo exterior. Essa é a proposta na obra de ficção *Nova Atlântida*, de Francis Bacon, publicada postumamente em 1627, na qual navegadores no Pacífico encontram uma ilha com uma sociedade perfeita. Nessa ilha imaginária, os cientistas e intelectuais estão na *Casa de Salomão*, mas periodicamente saem, viajam incógnitos pelo mundo, aprendem o que há de novo e voltam para sua casa. Lembro que o eminente filósofo Francis Bacon (1561-1626), autor de *Novum Organum*, é considerado um dos precursores da Modernidade.

A mesma ideia é proposta por Mikhail Gromov Na entrevista já citada:

Eu não apenas me concentraria em matemática, mas na ciência e na arte e em tudo o que pode promover a atividade criativa em jovens. Quando isso se desenvolve, podemos ter alguma influência, mas não antes disso. Estando dentro da nossa torre de marfim, o que podemos dizer? Estamos dentro desta torre de marfim e estamos muito confortáveis nela. Mas nós realmente não podemos dizer muito, porque não vemos bem o mundo. Temos que ir para fora, mas isso não é tão fácil. (Gromov 2010, p.401)

Como sair da gaiola e estimular a criatividade ampla

Criatividade é essencial. Precisamos de novas ideias, novas abordagens, para enfrentar os problemas que afetam o mundo. A nossa geração e as nossas

abordagens não estão produzindo as mudanças globais para evitar o desastre total. Precisamos permitir que as novas gerações pensem de uma nova forma.

Para isso, precisamos de uma nova concepção de rigor, em que a integração de todas as ciências, particularmente matemática, com os conhecimentos tradicionais possa ser materializada de forma espontânea, sem traumas de natureza epistemológica. Isso exige coragem e audácia. Não podemos estar aprisionados a padrões rígidos de rigor. Imre Lakatos observou que os cientistas devem ser ativistas revolucionários, caracterizados como aqueles que acreditam que os quadros conceituais podem ser desenvolvidos e substituídos por outros melhores. Lakatos faz uma espécie de *mea culpa* filosófica, dizendo que “Nós somos os únicos que criamos nossas prisões e podemos também, criticamente, demoli-las” (Lakatos 1978, p.20).

Devem-se considerar a importância, os métodos, o passado e o futuro da matemática e sua conexão entre matemática e áreas afins. M. Gromov sugere novas direções para o desenvolvimento da matemática, resultantes do contexto sociocultural e não apenas de necessidades conceituais e detalhes intrínsecos às teorias matemáticas estabelecidas. Precisamos de uma nova matemática.

Em um trabalho notável, M. Gromov faz considerações muito profundas sobre a natureza da matemática. Inspirado em reflexões históricas, ele diz:

Natureza e naturalidade das questões. Aqui estão algumas observações (breves, incompletas, pessoais e ambíguas) com a intenção de tornar mais claras, pelo menos terminologicamente, as questões levantadas durante as discussões que tivemos nesta reunião. “Natural” pode se referir a estrutura ou a natureza da matemática (admitindo que isto existe para poder argumentar), ou “natural” pode se referir à natureza humana. Nós dividimos o primeiro sentido em *matemática (pura)*, *lógica e filosofia*, e o segundo, de acordo com estímulos (internos ou externos) de recompensa, em *intelectual, emocional e social*. Como podemos confiar que nossa mente, pressionada por ideias intelectuais, emocionais e sociais, vai chegar a verdadeiras questões de matemática, lógica e filosofia? (Gromov 2010, p.129)

E concluí o parágrafo dizendo: “quanto a mim, eu amo problemas não naturais, loucamente não naturais, mas muito raramente se encontram esses problemas!”.-

As ideias de Gromov indicam claramente que os cientistas, engenheiros e, obviamente, matemáticos da nova geração vão precisar de atitudes mais amplas em relação à matemática.

Embora as considerações de Gromov destinem-se principalmente a pesquisadores matemáticos, é inegável que se constituem num grande desafio para os educadores matemáticos. É questionável se deveríamos insistir em consumir tempo de escola e energia ensinando conteúdo obsoleto. Deveríamos avançar mais rapidamente para os novos conceitos de matemática, recorrendo ao intelectual, emocional e social, a situações que estão fora da gaiola.

O domínio de técnicas de efeitos visuais revolucionários, por exemplo, utilizando imagens e personagens irreais, gerados por computador, é o domínio de jovens equipados com software muito acessível, especialmente jogos, que lhes permitem criar cenários fantásticos, frutos de fantasia e criatividade.

A escola deve ser um espaço não só para instrução, mas principalmente para a socialização e para criticar o que é observado e sentido na vida cotidiana. Isso pode estimular a criatividade levando a uma nova forma de pensar.

A vida é caracterizada por estratégias para sobreviver (todos os comportamentos e ações básicas, visam “como” sobreviver), que é comum a todas as espécies, e para transcender (entender e explicar fatos e fenômenos, indo além da sobrevivência e perguntando “por quê”), que é um traço único das espécies *homo*. As estratégias de sobrevivência e de transcendência são geradas por cada indivíduo e, graças à sociabilidade e comunicação, são compartilhadas e socializadas com outros e constituem a cultura do grupo. Tudo isso é ignorado na abordagem tradicional, mecanicista, da Educação Matemática.

Conclusão

Nos anos 1970, propus o Programa Etnomatemática, que é um programa de pesquisa em História e Filosofia da Matemática, com implicações pedagógicas. A essência do programa é lidar com situações reais e problemas recorrentes ao conhecimento acumulado do indivíduo, como mencionado nos parágrafos anteriores. Para trazer isso para as escolas, há o duplo desafio de inovar conteúdos e métodos. Conteúdos e métodos são inseparáveis. Descartes deixou isso bem claro no *Discurso do Método*.

As implicações pedagógicas do Programa Etnomatemática para o ensino da Matemática escolar, em todos os níveis de escolaridade, recorrem a conteúdos abrangentes, provenientes de tradições e também a recentes avanços da matemática. Os conteúdos na Educação Matemática tradicional são um arranjo engegado de teorias e técnicas desenvolvidas, muitas vezes há centenas de anos, acumuladas em ambientes acadêmicos, em gaiolas epistemológicas e em torres de marfim. Mesmo assim, é possível, no ensino tradicional, organizar as aulas procurando atalhos e novas organizações e aplicações de técnicas e teorias, sobretudo com os amplos recursos oferecidos pelas novas tecnologias de informação e comunicação. Os professores podem contextualizar os conteúdos através de problemas formulados em termos da vida real, do cotidiano. Lamentavelmente, muitos criam problemas e questões artificiais, descontextualizadas, como mero mecanismo repetitivo para ilustrar teorias. O que podemos chamar de situações e problemas “realmente reais” estão lá, fora das gaiolas, não “inventadas” pelo professor. Deverão ser reconhecidas e tratadas com métodos *ad hoc* criados pelos indivíduos, alunos ou pesquisadores. Isso foi claramente mostrado por Descartes no *Discurso do Método*. As formas *ad hoc* para lidar com fatos e fenômenos, situações e problemas, podem evoluir para métodos individuais e compartilhados, socializados. Tudo isso é muito dinâmico, em diferentes níveis de compreensão.

Esclareço que me refiro a situações e problemas “realmente reais” como aqueles que estão relacionados a fatos e fenômenos percebidos pelos indivíduos, de acordo com suas estruturas sensoriais e mentais. Eu entendo a realidade como artefatos, tudo que é material, que existe, existiu ou existirá, mais mentefatos, que são as abstrações, o imaginário, as ilusões e desilusões, sonhos e crenças, mesmo a ficção, que pertencem à mente de cada indivíduo. Os mentefatos são acessíveis e informam apenas o indivíduo que os gerou. De muita importância são os símbolos, responsáveis pela transição de artefatos a mentefatos. Os símbolos são artefatos, mas adquirem valor e significado como mentefatos. Sobre tudo nas religiões, é da maior importância o simbólico associado a artefatos. Um exemplo é a cruz. Artefatos e mentefatos socializados são chamados sociofatos. As palavras artefatos, mentefatos e sociofatos foram introduzidas pelo biólogo Julian Huxley (1887-1975) como base para uma teoria da cultura (Huxley, 1955). Essas palavras são usadas também em semiótica cultural.

Os artefatos, naturais e artificiais, são acessíveis e informam, através dos sentidos e da comunicação, indivíduos que os interpretam e os assimilam como mentefatos. A partir daí, os indivíduos criam representações, modelos da realidade, originados dos artefatos a que tiveram acesso. Esse é o princípio básico da modelagem, especialmente a modelagem matemática, uma disciplina de crescente importância e afinidade com o Programa Etnomatemática (D’Ambrosio, 2018).

O maior objetivo da Educação, em um sentido amplo, é ajudar as pessoas a se comunicarem. Para isso é necessário que as pessoas produzam, a partir dos mentefatos por elas criados, artefatos que possam ser captados por outros. Esse é o passo para a comunicação. Aprender a gesticular, a falar, a desenhar, a contar, a escrever e outras produções, particularmente artísticas, permitem que o indivíduo materialize seus mentefatos, suas ideias, em artefatos, e somente assim poderão ser captados e interpretados por outros. Na verdade, esses são passos evolutivos iniciais de cada criança, bem como passos evolutivos das espécies *homo*. As práticas assim encaminhadas são típicas do Método de Projetos, uma das mais significativas tendências da Educação Matemática e a metodologia mais adequada em resposta à vertente pedagógica do Programa Etnomatemática.

Referências

ALVES, E. R. *Etnomatemática*. Multiculturalismo em sala de aula: a atividade profissional como prática educativa. São Paulo: Porto de Ideias, 2010.

ASCHER, M.; ASCHER, R. *Mathematics of the Incas: Code of the Quipu*. New York: Dover Publications, 1981.

D’AMBROSIO, U. Ethnomathematics and its Place in the History and Pedagogy of Mathematics. *For the Learning of Mathematics*, v.5, n.1, p.41-8, 1985.

_____. Ethnomathematics: A Research Program on the History and Pedagogy of Mathematics with Pedagogical Implications. *Notices of the American Mathematical Society*, v.39, n.10, p.1183-5, December 1992.

D'AMBROSIO, U. Diversity and Equity: An Ethical Behavior. In: PROCEEDINGS OF THE 15TH ANNUAL MEETING OF THE NA CHAPTER OF PME, Pacific Grove, CA 1993 (ERIC ED 372 917), p.31.

_____. Mathematical Modelling in Education Research and Practice: Cultural, Social and Cognitive Influences. In: STILLMAN, G. A.; BLUM, W.; BIEMBENGUT, M. S. (Ed.) *International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*. S. l.: Springer International Publishing AG, 2018.

D'AMBROSIO, U.; ALMEIDA, M. C. Ethnomathematics and the Emergence of Mathematics. In: ADAM, J. W.; BARMBY, P.; MESOUDI, A. (Ed.) *The Nature and Development of Mathematics: Cross Disciplinary Perspectives on Cognition, Learning and Culture*. New York: Routledge, 2017. p.69-85.

ETD. Dossiê sobre Etnomatemática na revista eletrônica *ETD – Educação Temática Digital*, Campinas, v.19, n.3, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/issue/view/1404>>.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 17.ed. São Paulo: Paz e Terra, 2013.

GROMOV, M. Interviewed by M. Raussen & C Skau. *Notices of the AMS*, v.57, n.3, p.391-409, march 2010a.

_____. Spaces and questions. In: ALON. N. et al. (Ed.) *Visions in Mathematics: GAFA 2000 Special Volume, Part 1*. New York: Birkhäuser, 2010. p.118-161.

HERÓDOTO: *História*. 2.ed. Trad. Mário da Gama Kury. Brasília: Editora UnB, 1988.

HILBERT, D. Problemas Matemáticos. *Revista Brasileira de História da Matemática*, v.3, n.5, p.5-12, 2003.

HUXLEY, J. S. Evolution, Cultural and Biological, *Yearbook of Anthropology*, 1955, p.2-25.

LAKATOS, I. *The methodology of scientific research programmes*. Philosophical Papers Volume 1. Ed. John Worrall and George Currie. Cambridge: Cambridge University Press, 1978. p.20.

LLOYD, G. E. R. *Disciplines in the Making*. Cross-cultural Perspectives on Elites, Learning and Innovation. Oxford: Oxford University Press, 2009. p.92.

MANIFESTO PUGWASH: Statement: The Russell-Einstein Manifesto, 1955. Disponível em: <<https://pugwash.org/1955/07/09/statement-manifesto/>>.

MEUS RECURSOS ETNOMATEMÁTICOS. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/meuetnomate/>>.

MORELO, R. G. *Etnomatemática – uma visão sobre o processo de multiplicação árabe - Geloia*, São Paulo, 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Anhanguera. São Paulo, 2016.

PERINE, S. *Os significados mítico-religiosos das figures geométricas como símbolos na religião de Umbanda Sagrada*. São Paulo, 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Anhanguera. São Paulo, 2017.

REES, M. Editorial. *Science*, v.339, 8 Mar. 2013.

ROUSSEAU, C. Editorial. *Newsletter International Mathematical Union, IMU-Net 47*: May 2011.

SEVERINO FILHO, J. *Marcadores de tempo Apyãwa. A Solidariedade entre os povos e o ambiente que habitam*, Rio Claro, 2015. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro, 2015.

SHOCKEY, T. L. Ethnomathematics of a Professional Class: Thoracic Cardiovascular Surgeons, *Topic Study Group 21 [Ethnomathematics] in ICME 9*, Tokyo, 2000.

_____. Etnomatemática de uma Classe Profissional: Cirurgioes Cardiovasculares, *BOLEMA*, v.15, n.17, p.1-19, 2002.

WU, W.-T. Recent studies of the history of Chinese mathematics. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONGRESS OF MATHEMATICIANS, v.1, 2, Berkeley, Calif., 1986, 1657–1667, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 1987.

_____. Mechanical geometry theorem-proving, mechanical geometry problem-solving and polynomial equations-solving. *Mathematics and its Applications*, 489. Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht; Science Press, Beijing, 2000.

ZASLAVSKY, C. *Africa Counts: Number and Pattern in African Culture*. Chicago: Lawrence Hill Books. 1973.

RESUMO – O Programa Etnomatemática será apresentado como um programa de pesquisa sobre conhecimento e comportamento humanos, tendo como foco principal História e Filosofia da Matemática em diversas culturas e suas implicações pedagógicas. São dados exemplos de pesquisa recente sobre Etnomatemática e será feita uma discussão sobre justiça social e o estado do mundo e sustentabilidade. Será mostrado como a Etnomatemática pode contribuir para fazer face às ameaças à sustentabilidade e colaborar para evitar o que pode ser um colapso da civilização.

PALAVRAS-CHAVE: Etnomatemática, Justiça social, Sustentabilidade, Gaiolas epistemológicas.

ABSTRACT – The Ethnomathematics Program will be presented as a research program on knowledge and human behavior, focused on the History and Philosophy of Mathematics in different cultures and their pedagogical implications. Examples of current research on Ethnomathematics will be given, and social justice and the state of the world and sustainability will also be discussed. It will be shown how Ethnomathematics can contribute to face the threats to sustainability and cooperate with efforts to avoid the collapse of civilization.

KEYWORDS: Ethnomathematics, Social justice, Sustainability, Epistemological cages.

Ubiratan D’Ambrosio é doutor em Matemática pela Universidade de São Paulo, professor emérito da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Anhanguera de São Paulo (Unian) e professor credenciado dos Programas de Pós-Graduação em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. @ – ubi@usp.br

Recebido em 23.7.2018 e aceito em 15.8.2018.

¹ Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil.

Formação de professores de Química no Brasil e no mundo

CARMEN FERNANDEZ¹

Introdução

O ENSINO de Ciências, e o de Química em particular, tem atravessado muitas dificuldades no Brasil e no mundo. Das disciplinas escolares, a Química é aquela usualmente considerada a mais impopular, difícil e abstrata, e boa parte dos conceitos químicos aprendidos na escola não faz sentido para um número significativo de estudantes. Por outro lado, o conhecimento de Química num país é a base para a inovação, a alfabetização científica e a melhor saída para a solução de problemas em conexão com o desenvolvimento sustentável (Risch, 2010)

Nesse sentido, se faz importante refletir sobre a formação de professores de Química, pois são eles, em última instância, os responsáveis por ensinar esse conhecimento. Tal formação se faz de modos diferentes em distintos países. Dentre os vários trabalhos que tratam da temática da formação de professores, um livro em particular apresenta capítulos relacionados a diversas nações, totalizando 25 países nos diferentes continentes, abordando a estrutura curricular, as questões de investimento, como ocorre o ensino de Química nos diferentes níveis e como se dá a formação de professores de Química (Risch, 2010). Outro livro que complementa o primeiro trata especificamente da formação de professores em geral ao redor do mundo, abordando oito países (Darling-Hammond; Lieberman, 2012). Tomando por base principalmente esses dois textos e complementando com vários outros foi realizada uma compilação de informações relevantes à formação dos professores de Química e serão analisadas semelhanças e diferenças nos distintos contextos.

A relevância dos professores

De maneira geral e nos discursos, os professores quase sempre são reconhecidos em todos os lugares do mundo como sujeitos relevantes para o sucesso de uma nação. Na prática, porém, nem sempre esse reconhecimento se traduz em valorização social e/ou econômica.

Na história da humanidade, o processo da educação não se deu como o conhecemos hoje em dia em salas de aulas, dentro de escolas e com um professor no comando. Assim,

[...] o processo de educação, tal como se conhece hoje em dia, realizado formalmente nas escolas é relativamente recente na nossa sociedade. Nos povos primitivos a educação dos novos membros da comunidade acontecia como socialização direta, mediante a participação das crianças nas atividades da vida adulta. Esse processo, entretanto, deixou de ser eficiente com o desenvolvimento histórico das comunidades humanas e outras formas de socialização secundária passaram a existir que terminou por conduzir aos sistemas de escolarização obrigatória para todas as camadas da população. (Pérez Gómez, 2000, p.13)

Por outro lado, e por conta de demandas da sociedade, a função educativa da escola é imersa numa tensão entre reprodução e mudança pois:

[...] a escola deve provocar o desenvolvimento de conhecimentos, ideias, atitudes e pautas de comportamento que permitam sua incorporação eficaz no mundo civil, no âmbito da liberdade de consumo, da liberdade de escolha e participação política, da liberdade e responsabilidade na esfera da vida familiar. Características bem diferentes daquelas que requer sua incorporação submissa e disciplinada, para a maioria, no mundo do trabalho assalariado. (Pérez Gómez, 2000, p.15)

No processo de socialização e por conta dessa função dialética que ocorre nas escolas, o professor é considerado o elemento crucial. No Brasil, entretanto, até os dias atuais, essa profissão não conseguiu ainda atingir o mesmo *status* das demais. O salário médio dos professores da Educação Básica é em torno de 60% dos salários de outros profissionais com igual escolaridade. Houve, nos últimos anos, uma expansão muito grande no número de alunos na escola sem a necessária formação de professores, o que provocou uma série de improvisações, resultando num ensino de baixa qualidade. Além disso, não há consenso sobre a existência de um corpo de conhecimentos que defina a profissão de professor. Ainda há muita controvérsia em como esse profissional deve ser formado e quais os conhecimentos base que definem alguém como professor. Soma-se a isso o fato que a profissão professor tem que acompanhar as mudanças da sociedade e do conhecimento que não são poucas. Como exemplo dessa falta de profissionalização, na Educação Infantil (antigo Ensino Primário) a professora polivalente brasileira ainda muitas vezes é chamada de “tia” e acaba por exercer um papel mais maternal do que profissional (Masetto, 1998). Por outro lado, no Ensino Médio e no Superior, a ideia difundida é que para ser professor basta saber algum conteúdo (Kind, 2009). Em nenhum dos casos parece se exigir um profissionalismo semelhante àquele exigido para o exercício de qualquer outra profissão (Masetto, 1998).

Nesse contexto, a formação de professores de Química assume um papel relevante no processo de ensino e aprendizagem. Quando se está em sala de aula tem-se a impressão de que a Química é ensinada da mesma forma em qualquer parte do mundo. Mas, de fato, há muitas diferenças entre os países. Na Europa há, de forma geral, duas abordagens para a formação de professores: a *consecu-*

tiva, onde o estudante primeiro faz as disciplinas de uma determinada área (por exemplo, química) e, na sequência, faz disciplinas pedagógicas, ou a *concorrente*, onde os estudos pedagógicos e a preparação para ensinar são realizados em conjunto com as disciplinas de conteúdo específico. Entretanto, a situação é bastante complexa e há de fato algo como vinte modelos diferentes de formação de professores atualmente em uso em toda a Europa. Por exemplo, professores de química são formados em faculdades de educação em algumas universidades e em faculdades ou institutos científicos em outras. (Maciejovska; Byers, 2015). No Brasil, em particular, há muitos problemas educacionais a serem enfrentados e a formação dos professores é uma parte crucial dessa história. Historicamente a formação se dava num currículo que ficou conhecido como 3+1 que se constituía em três partes do curso de disciplinas de conteúdo específico (no caso, químicas) e uma parte em disciplinas pedagógicas. Seria o equivalente à abordagem *consecutiva* europeia.

Assim, este artigo aborda o ensino de Química em alguns países e trata mais especificamente da formação de professores de Química nesses países. Foram selecionados seis países, além do Brasil, para abordar o tema. São eles: Alemanha, Austrália, Canadá, Estados Unidos, Finlândia e Índia. A escolha desses se deu primeiramente por uma limitação de espaço, mas tentando atender alguns critérios, a saber: países que tivessem uma dimensão territorial expressiva e uma diversidade cultural para que se pudesse ter uma relativa aproximação com a complexa realidade brasileira. A exceção foi feita à Finlândia e à Alemanha. A primeira foi escolhida pois apresenta uma educação almejada por todos, e a segunda, por ser uma das grandes potências econômicas mundiais. Deixaram-se de fora, assim, os denominados Tigres Asiáticos, embora tenham um desempenho educacional excepcional, pois são sistemas educacionais que contam com um número muito menor de estudantes que o sistema brasileiro. Os países são apresentados em ordem alfabética deixando o Brasil por último.

Alemanha

Panorama geral da educação na Alemanha

A Alemanha é uma república federativa e compreende 16 estados. Cada um é responsável pelo seu sistema escolar, mas existe um currículo básico que deve ser seguido por todos os estados. De forma geral, as aulas vão das 7h45 às 13h00 e cada aula tem duração de 45 minutos. Ultimamente várias escolas têm estendido esse período para as tardes aumentando o número de escolas integrais.

A pré-escola vai dos 3 aos 5 anos de idade e não possui um currículo obrigatório. O nível primário vai dos 6 aos 10 anos de idade (níveis 1 a 4). Depois do primário os alunos fazem o nível secundário I e a partir daí há quatro diferentes percursos educacionais: Hauptschule, Realschule, Gesamtschule (todos esses possuindo níveis 5 a 10) ou Gymnasium (níveis 5 a 9). Houve uma grande reforma educacional nos últimos anos e o estado deixou de prescrever os fundamentos do currículo de modo a deixar explícitos conteúdos e temas aos professores e

também enxugar os quatro percursos para somente dois – Gymnasium e Gesamtschule. Atualmente o objetivo é desenvolver um currículo orientado por competências. Mais especificamente, o ensino da Química se inicia no nível 7, sendo disciplina obrigatória e é ensinada duas vezes por semana em aulas de 45 minutos. O nível secundário I se completa com 9 anos totais no caso do Gymnasium ou 10 anos totais no caso do Gesamtschule. Para os estudantes que seguiram pelo Gymnasium no nível secundário I não há obrigação de seguir pelo secundário II. Para aqueles que seguem uma trajetória profissional há dois caminhos possíveis: um estudo vocacional junto com o trabalho ou uma escola vocacional. Por outro lado, aqueles que vão para a Universidade precisam seguir pelo Gesamtschule e realizar ao final o Abitur que é um exame escrito e oral onde as competências adquiridas são testadas e difere de estado para estado (Risch, 2010).

Esses diferentes caminhos não são opcionais, os estudantes são encaminhados para uma ou outra rota de acordo com suas competências definidas pelos seus professores ao final da escola primária (9 anos de idade). Há muitas críticas ao sistema que é considerado socialmente injusto e altamente seletivo. Essa divisão rígida dos estudantes em tenra idade influencia as chances de cada um em termos de educação e chances de emprego. Estudos mostram que esse sistema é particularmente prejudicial para pessoas com um menor nível socioeconômico, especialmente aos filhos de imigrantes. Por outro lado, é esse sistema educacional eficiente que faz da Alemanha uma das maiores economias do mundo e uma das democracias mais estáveis (Risch, 2010).

Formação de professores de Química na Alemanha

A formação de professores na Alemanha é uma preocupação de estado e, assim, cada estado tem suas próprias regras. A formação inclui o estudo em duas áreas específicas na universidade, ou seja, os professores são formados para atuar em duas disciplinas na escola. Além dos conteúdos específicos, o curso compreende disciplinas de teorias da especialidade e da ciência da educação em geral. As disciplinas específicas de conteúdo na licenciatura são diferentes das disciplinas do bacharelado. As disciplinas químicas na licenciatura preparam especificamente os alunos para se formarem professores e diferem de acordo com a Universidade. O contato com os alunos reais nas escolas é feito por um período de dois anos durante os estágios supervisionados (Risch, 2010).

Existem em torno de 50 universidades na Alemanha que possuem professores especialistas na área de didática da Química e que atuam na formação de professores. Os licenciandos (Bachelors' Chemistry Teacher Education) necessitam escrever uma monografia (Bachelors' thesis) e uma dissertação de mestrado relacionada ao ensino de algum conteúdo químico. A formação termina com um Exame Nacional. Aqueles que completam o programa são então treinados como professores para o tipo de escola que irão lecionar. Professor na Alemanha é uma profissão valorizada socialmente e há um investimento grande do sujeito que quer se tornar professor. Em geral são bons alunos que seguem por esse caminho.

Austrália

Panorama geral da educação na Austrália

A Austrália compreende seis estados e dois territórios e a educação é obrigatória entre 6 e 16 anos de idade (ano 1 a 10) e compreende 13 anos com pequenas variações entre os estados. A estrutura básica do sistema educacional compreende um período preparatório de 1 a 2 anos anterior ao ano 1 que não é obrigatório, mas quase que universalmente feito; o nível primário – anos 1-6 ou 1-7 e nível secundário – anos 7-12 ou 8-12, dependendo do estado. Depois há um exame para entrada na Universidade. O ano letivo compreende quatro termos, cada um de dez semanas e separados por algumas pausas sendo a mais longa de dezembro a janeiro durante o verão australiano (Treagust; Chandrasegaran, 2010).

Formação de professores de Química na Austrália

A maioria dos estados e territórios exige, pelo menos, quatro anos de curso universitário para formar professores para a escola primária e secundária. Os programas de formação de professores se constituem de estudos profissionais (conhecimento teórico e habilidades), estudos curriculares (conhecimento específico da disciplina e habilidades pedagógicas, e experiência profissional supervisionada por 12 a 20 semanas. Para professores de Química em nível secundário os programas fornecem uma integração de estudos profissionais e curriculares em uma ou duas disciplinas, uma das quais Química. Existem programas diferentes em várias universidades na Austrália. Os professores de Química em nível secundário geralmente obtêm um diploma de Bacharelado em Educação com especialização em Química. Por exemplo, no curso de quatro anos da Universidade de Curtin, os futuros professores estudam Química durante os três primeiros anos e pelo menos mais uma outra ciência ou matemática. No terceiro ano os estudantes são selecionados para o programa de honras (que inclui um projeto de pesquisa) ou podem continuar com o curso padrão de formação de professores.

Canadá

Panorama geral da educação no Canadá

O Canadá teve uma ampla reforma educacional no início na década de 1990. As mudanças ocorreram nos quadros administrativos escolares que se fundiram para melhorar a eficiência, na criação de conselhos escolares visando maior envolvimento dos pais, no melhor controle dos gastos com educação, entre outras (Silva, 2015). O Canadá passou por processo similar ao do Brasil, em relação à expansão da educação. A ampliação de oferta de matrículas não acompanhou a qualidade requerida.

De um modo geral, o sistema de ensino canadense é organizado em quatro níveis, a saber: pré-elementar, elementar, secundário e pós-secundário (ou universitário). No Canadá, cada província tem departamentos ou ministérios de educação os quais são os responsáveis pela organização, provisão e avaliação da educação nos níveis elementar e secundário. Um aspecto que não se pode

deixar de enfatizar é que o Canadá apresenta uma grande diversidade cultural e os sistemas de ensino preocuparam-se bastante com esse aspecto na reforma objetivando unir diferentes elementos históricos, geográficos e étnicos. Em 1988, foi criada a Lei do Multiculturalismo consagrando dois princípios essenciais: liberdade de conservação e compartilhamento do patrimônio cultural para todas as pessoas da sociedade canadense, e a criação de políticas, programas e práticas que garantam oportunidades iguais focando o entendimento e o respeito pela diversidade da sociedade canadense (Silva, 2015).

Descreve-se aqui o processo de mudança que teve a abordagem educacional adotada em Ontário, Canadá, que desde 2003 tem resultado numa melhora significativa nos estudantes. A educação em Ontário apresenta grandes desafios – grandes áreas urbanas, e áreas rurais remotas; níveis de pobreza significativas nas áreas rurais e urbanas; grande diversidade na população e muitos estudantes que tem o Inglês como segundo idioma; entre outros (Levin, 2012).

As mudanças em Ontário foram sistematicamente planejadas, como o monitoramento do desempenho dos alunos, da qualidade da escola e das competências dos professores em relação aos padrões profissionais. Assim, Ontário foi reconhecida pela sua experiência educacional bem-sucedida aliada à excelência técnica e à competência de seus docentes.

Até 2003 o sistema educacional em Ontário se mostrava bastante caótico. De 1995 até 2003 o governo acusava os professores de serem preguiçosos, impunha um teste de múltipla escolha para certificação dos professores, cortava financiamento de escolas, removia alguns privilégios e impunha um novo currículo, todas mudanças muito rápidas. As avaliações dos estudantes mostravam estagnação ou diminuição no caso do número de formados na escola secundária. A moral nas escolas era baixa e as greves muito frequentes. O número de professores que abandonava a profissão era grande e muitos alunos trocavam as escolas públicas pelas privadas. Em 2003 foi eleito um novo governo que fez da reconstrução da educação pública a sua maior prioridade. O novo primeiro ministro da Educação de Ontário veio imbuído de um forte compromisso de reconstruir uma relação positiva com a profissão de professor como um elemento chave para o sucesso dos estudantes. Em 2007 a educação em Ontário estava numa situação muito diferente. Todos os resultados de avaliações de estudantes melhoraram, os atritos com os professores diminuíram dramaticamente e o crescimento de matrículas em escolas particulares estacionou. Esses resultados não foram consequência de uma única ação. Em Ontário eles foram devidos a alguns elementos chave: liderança política forte e positiva do primeiro ministro da Educação através de financiamento, legislação e outros suportes; agenda clara com objetivos simples mas poderosos que promoveram engajamento do público e da profissão; forte engajamento positivo do setor da educação para construir a sua identidade e compromisso com a estratégia e um foco central na capacidade de construção, aumentando a capacidade das pessoas em atingir bons resulta-

dos (Levin, 2012). De modo geral, o processo de mudança de Ontario focou em poucos objetivos-chave. A abordagem foi respeitosa com os conhecimentos profissionais dos professores e com a prática desses.

Formação de professores de Química no Canadá

No final dos anos 1980, Canadá e Estados Unidos começaram um movimento de reforma na formação inicial de professores da educação básica que tinha por objetivo a valorização profissional dos professores. Essa ideia partiu dos trabalhos de Shulman (1986, 1987) que defende o princípio de que existe uma base de conhecimento para o ensino, com o intuito de melhorar a formação dos professores. Dentre esses conhecimentos destaca-se o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK, *Pedagogical Content Knowledge*) que é considerado o conhecimento profissional específico dos professores. O PCK é o conhecimento que distingue um professor de Química de um químico (Fernandez, 2014a). Nessa época iniciou-se um processo de profissionalização que favoreceu a legitimidade da profissão, distinto do entendimento da docência como uma vocação ou ainda missão. Nos últimos anos, aspectos relevantes têm contribuído para aumentar o *status* dos professores para o fortalecimento profissional. Dentre esses podemos citar: admissão seletiva à capacitação docente, desenvolvimento de padrões profissionais de ensino, supervisão mais rigorosa – em alguns casos, pelas autoridades escolares – e tempo adicional para capacitação em serviço.

Diretores de escolas e superintendentes devem possuir qualificações específicas em Ontário. Essas, assim como as qualificações dos professores, são controladas por lei pela Faculdade de Educação de Ontario (Ontario College of Teachers, OCT), que é governada por um conselho próprio, formado por professores. Assim, para lecionar em Ontário, um professor formado nessa província ou em outra precisa se tornar membro do Ontario College of Teachers. A inscrição no OCT é o requisito necessário para lecionar em escolas financiadas por fundos públicos em Ontário. Os professores que trabalham nas escolas públicas de Ontário devem ser membros do OCT e possuir um Certificado de Qualificação e Registro ou um Certificado de Transição de Qualificação e Registro emitido pelo OCT. Esses certificados são licenças para ensinar nas escolas públicas de ensino fundamental e médio do Ontário (OCT, 2018).

O certificado de um professor descreve as disciplinas que ele está qualificado para ensinar. Para se tornar um professor em Ontário, os candidatos devem concluir um curso de pós-graduação e concluir um programa inicial de formação de professores oferecido por uma faculdade de educação credenciada. A faculdade credencia programas de formação inicial de professores (por vezes referidos como programas de pré-serviço) oferecidos em Ontário e revê programas para garantir que os requisitos de acreditação sejam mantidos (OCT, 2018). A partir de 2015, o programa inicial de formação de professores nas faculdades de educação de Ontário foi expandido para quatro semestres e inclui o dobro do tempo de prática de ensino (80 dias, ao invés e 40).

Assim, a formação de professores em Ontário é bastante regulada. O Ontario College of Teachers licencia, regulamenta e regula a profissão docente de Ontário no interesse público. Professores que trabalham em escolas públicas em Ontário devem ser certificados para ensinar na província e serem membros do OCT. Esse órgão estabelece padrões éticos de prática, emite certificados de ensino e pode suspendê-los ou revogá-los, credencia programas e cursos de formação de professores e investiga se houve reclamações sobre os membros. Sua atuação é semelhante aos Conselhos Regionais que regulamentam diversas profissões no Brasil.

Estados Unidos

Panorama geral da educação nos Estados Unidos

Os Estados Unidos compreendem 50 estados e comportam um dos maiores sistemas educacionais do mundo. Cada estado é responsável pela sua educação pública e tal responsabilidade é geralmente delegada aos distritos e escolas. A educação é obrigatória por dez anos e se inicia aos 4-5 anos de idade e se completa aos 15-18 anos de idade. Essas idades variam de acordo com os estados. A estrutura do dia escolar é tão diversa quanto o número de distritos. Em geral o ensino médio começa mais cedo – em torno de 7h30 – do que o ensino fundamental ou primário. Como as escolas públicas em distritos suburbanos e rurais fornecem transporte público, os alunos mais velhos são transportados mais cedo. O dia escolar termina por volta das 14h30 para os mais velhos e às 15h00 para os mais novos. O sistema educacional inclui as creches (de 3 a 5 anos), a educação primária (de 6 a 13 anos) e a educação secundária (de 14 a 17 anos). Não há um currículo nacional, mas os esforços da reforma em educação em ciências produziram dois documentos. O primeiro, National Science Education Standards, estabelece padrões para conteúdo, ensino, avaliações, desenvolvimento profissional, programas e sistemas. Esses padrões, entretanto, não são obrigatórios. O segundo, American Association for the Advancement of Science (AAAS), representa a maior organização de cientistas e engenheiros do mundo e publicou o Projeto 2061: Ciência para todos os americanos que estabelece o que uma pessoa alfabetizada cientificamente deve possuir (Scantlebury, 2010).

Muitas escolas secundárias nos Estados Unidos são ditas “abrangentes” pois oferecem todas as disciplinas. Existem também as escolas que tem um foco específico como ciências e matemática ou artes. E ainda existem as escolas técnicas profissionalizantes em alguns estados. Uma porcentagem pequena de estudantes frequenta as escolas com foco em ciências mas existe uma grande variedade de requerimentos necessários ao estudo de ciências no país. Assim é impossível dizer qual currículo de Química um estudante do ensino médio possui.

Formação de professores de Química nos Estados Unidos

A formação de professores de Química é feita nas Universidades. Mas são os Conselhos Estaduais de Educação que certificam as pessoas para ensinar. A legislação prevê que as crianças devam ser ensinadas por professores altamente

qualificados. Isso significa professores com grau de bacharelado, certificação do estado ou licenciatura e tem de provar que conhecem cada disciplina que ensinam. Em escolas rurais ou urbanas o professor pode ser muito bem qualificado para ensinar uma disciplina, mas será designado para ensinar uma segunda disciplina na qual ele não seja tão qualificado. Muitos estados usam nessas ocasiões um teste de conteúdo desenvolvido pelo Serviço de Testes Educacionais conhecido como PRAXIS II para testar o conhecimento especializado de professores de seus tópicos. Por exemplo, se um professor de Biologia passa no PRAXIS II de Química, então ele pode ser considerado altamente especializado em Química também. Entretanto, há discrepâncias entre os resultados oficiais dos professores nesse Teste Educacional e as autoavaliações dos professores. Muitos professores não se consideram altamente especializados em disciplinas das quais eles passaram no PRAXIS II. Pode ocorrer também que em algumas escolas rurais não haja um interesse muito grande dos estudantes em aprender Química e então não se contrata um professor altamente qualificado, mas sim um professor de outra disciplina. Como resposta à obrigação de contratar professores altamente qualificados, os estados têm usado uma série de estratégias para certificar professores. Esses programas de rotas alternativas de certificação reduzem a ênfase no potencial dos professores aprenderem pedagogia e/ou conhecimento pedagógico do conteúdo. A maneira de formar professores de Química nos Estados Unidos é muito diversa. Alguns programas são alocados nas Faculdades de Educação enquanto outros residem nos Departamentos de Química nas Universidades. A tendência, entretanto, é que o professor possua uma graduação em Química e então entre na profissão de professor através de um programa alternativo de certificação ou ainda, realize uma pós-graduação para atingir o conhecimento do conteúdo e apresente experiência necessária para uma certificação (Scantlebury, 2010).

Finlândia

Panorama geral da educação na Finlândia

A Finlândia implementou uma reforma na educação nas décadas de 1970 a 1990 e teve como princípio oferecer oportunidades iguais aos seus estudantes e proporcionar aprendizagem ao longo de toda a vida. Segundo Silva (2015), no período de 1999 a 2003 o sistema educacional finlandês investiu em idiomas estrangeiros, avaliações em busca de melhor qualidade na educação, aprimoramento da cooperação entre as escolas e o mundo do trabalho, e estabeleceram-se padrões para capacitação de professores pré-serviço e em-serviço. Em 2003, um Conselho de Avaliação foi criado, em nível nacional, com objetivo de coordenar procedimentos de verificação e avaliação.

O Sistema Educacional na Finlândia compreende nove anos de escolarização básica para todas as crianças a partir de 6 anos, três anos de educação secundária (pode ser geral ou profissionalizante) e educação superior. Antes dos seis anos há pré-escolas não obrigatórias (Lampiselkä, 2010). O ano letivo é com-

posto de 190 dias e a taxa de evasão é uma das menores no mundo, 99,7% das crianças completam a escolarização. O governo, autoridades locais e outras entidades financiam a escola básica (graus 1 a 9) que é gratuita para os estudantes. O financiamento inclui livros, suprimentos, transporte, pelo menos uma refeição quente, atendimento médico e dentário. O ensino médio e o superior também são gratuitos, mas nesses níveis os alunos têm de comprar os próprios livros e computadores. Em geral os alunos selecionam as escolas pela proximidade do local de onde moram, mas algumas escolas apresentam uma maior popularidade e realizam testes de seleção de estudantes. Até os anos 1990 o currículo nas escolas era centralizado e o governo definia o que seria trabalhado nas escolas. Para tanto, o Conselho Nacional de Educação fiscalizava os conteúdos dos livros e os inspetores de matemática e ciências visitavam as escolas e monitoravam as aulas. Depois dessa data, houve uma mudança radical na administração escolar nacional e o currículo passou a ser descentralizado. A partir daí a participação dos professores na preparação dos currículos foi condição central para as mudanças das atividades nas escolas. O Conselho Nacional de Educação passou a fornecer apenas algumas orientações para o currículo e a responsabilidade passou a ser de cada escola de escrever seu próprio currículo com envolvimento dos professores, das famílias e dos alunos. A consequência prática foi que a reforma enfatizou a profissionalização dos professores.

Formação de professores de Química na Finlândia

O grande segredo do sucesso da educação na Finlândia é a qualidade de seus professores. A profissão de professor é muito intimamente ligada à cultura finlandesa. Historicamente a Finlândia brigou por manter sua identidade nacional, sua língua materna e seus valores primeiro durante quatro séculos sob o domínio da Suécia, depois mais de um século sob domínio do império russo, e depois um outro século como uma nação independente (Sahlberg, 2012). Mas educação sempre foi parte integral da sociedade finlandesa. Ainda no século XVII a alfabetização era responsabilidade dos padres e outros religiosos e se exigia dos casais que quisessem se casar pela Igreja que soubessem ler e escrever. Depois os professores foram gradualmente assumindo essa responsabilidade no sistema público de educação e exerceram um papel preponderante na manutenção da identidade finlandesa durante os domínios sueco e russo. Até 1960 o nível educacional na Finlândia era comparável à Malásia e ao Peru e estava muito atrás de seus vizinhos escandinavos.

Os professores gozam de grande respeito e confiança da sociedade finlandesa. A profissão de professor na Finlândia está entre as mais admiradas e desejadas e possui *status* semelhante ao de médico e advogado. Para ser professor primário na Finlândia, os candidatos precisam atingir notas altas, ter personalidade positiva e excelentes habilidades interpessoais. Hoje em dia somente um em cada dez candidatos é aceito para se preparar para se tornar um professor nas escolas primárias finlandesas.

A formação de professores é feita nas Universidades (para professores da educação pré-primária, primária e da educação secundária) e em faculdades vocacionais (politécnicas) para professores de disciplinas profissionais. Os professores para nível primário precisam ter mestrado em educação. A especialização como professor requer passar num teste de aptidão. O tempo médio para completar a formação é cinco anos. A formação de professores para o nível secundário (por exemplo, de Química) se dá na Universidade nos Institutos disciplinares e em nível de mestrado na disciplina que irão lecionar. Além disso, eles têm de cursar outras disciplinas para além da área de especialização (por exemplo, física) e disciplinas pedagógicas nos Departamentos de Formação de Professores. Nos níveis de 1 a 6 os professores são polivalentes, ensinando todas as disciplinas. Professores especialistas lecionam nos níveis 7 a 9 e no nível secundário e eles normalmente ensinam uma ou duas disciplinas. Exceção é feita aos professores de Matemática, Física e Química que ensinam as três disciplinas, além de ensinar também tecnologias da informação como uma disciplina optativa (Lampiselkä, 2010).

O programa de formação de professores de Química compreende disciplinas avançadas de Química dentro do curso principal (*major studies*), estudos de temas no curso menor (*minor studies*) e estudos básicos no outro. Assim que uma disciplina de estudo é escolhida, o licenciando precisa escolher os estudos pedagógicos para professores como tema menor (*minor subjects*). A primeira parte do mestrado no Departamento de Química fornece a base científica para estudos posteriores. Perto do final do curso o estudante escolhe se quer se especializar em Química analítica, inorgânica, orgânica, físico-química ou ainda educação química. A graduação se encerra com uma dissertação de mestrado no campo selecionado. As disciplinas de didática química são distribuídas durante o curso. O Departamento de Química fornece seis cursos de Química pedagogicamente orientados em nível avançado: Química como Ciência e como Disciplina; Modelos e Visualização em Química; Áreas Centrais da Educação Química 1 e 2; e Trabalho Prático em Educação Química 1 e 2. Em geral a dissertação de mestrado apresenta uma orientação didática. Os estudos durante a formação de professores possuem uma abordagem baseada no Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) que é o conhecimento necessário para a profissão professor (Shulman, 1986, 1987; Kind, 2009; Fernandez, 2014a, 2014b, 2015).

A formação prática ocorre em escolas especiais para formação de professores que pertencem a faculdades dentro das universidades (denominadas escolas normais) embora sejam administrativamente independentes e os licenciandos são supervisionados por professores que tenham no mínimo mestrado e dois anos de experiência. Os licenciandos participam de um a dois períodos de estágios. Nesses treinamentos práticos os alunos percorrem as etapas de estudos curriculares e intencionalidades como base para o processo de ensino, planejamento, implementação, avaliação e reflexão, assim como desenvolvem habilidades para justificar e explicar suas próprias decisões pedagógicas entendendo a efetividade

e adequação de métodos de ensino diferentes para situações de aprendizagem particulares (Lampiselkä, 2010).

Índia

Panorama geral da educação na Índia

A Índia é um estado federativo consistindo de 35 estados. Há aproximadamente 29 línguas oficiais no país. Existem muitos sistemas formais que governam e guiam a educação na Índia – em nível nacional, estadual, escolar e em escolas internacionais. O calendário escolar vai de abril a março. A escola começa às 7h45 e termina às 14h00 com aulas de 35 a 40 minutos. A estrutura do sistema educacional compreende os níveis elementar (de 2 a 5 anos), primário (6 a 10 anos), primário superior (11 a 13 anos), secundário (14-15 anos) secundário superior (16-17 anos). A evasão dos alunos é alta. Aproximadamente 30% dos alunos abandonam a escola ainda no nível primário e em torno de 17% evadem na transição para o primário superior. Somente entre 15%-20% dos estudantes atingem o secundário superior devido ao *status* socioeconômico ruim (Baxi, 2010).

Há muitos sistemas formais que governam e orientam a educação na Índia. Entre eles, o Conselho Central de Educação Secundária que governa as escolas em nível nacional; o Conselho Estadual; o Conselho para o Exame de Certificado de Escolas Indianas que governa as escolas afiliadas e o Programa Internacional de Bacharelado que orienta as escolas internacionais.

A educação química na Índia não tem sido especialmente boa. Apenas um pouco de Química é encontrada no sistema educacional indiano como parte dos cursos de ciências gerais durante os primeiros oito anos de escolaridade. No nível primário a escola é dividida em cinco graus denominados classe 1 a 5. De 1 a 3 os alunos estudam Hindi, Inglês, Matemática, Conhecimentos Gerais e Ciências do dia a dia. Há cinco aulas por semana de Ciências do dia a dia. Nas classes 4 e 5 a disciplina Ciências do dia a dia é dividida em duas: uma mais focada para as Ciências e outra para os Estudos Sociais e há quatro aulas de cada. No primário superior há cinco aulas de Ciências por semana e, durante esses anos a Ciência emerge como uma disciplina separada com complexidade aumentada rapidamente. Até a classe 5 há um predomínio da Biologia que depois é dividida entre Física, Química e Biologia. Em Química os tópicos incluem separação de misturas, ácidos, bases e sais, metais e não metais. No nível secundário há um grande salto das classes 9 para a 10. Na classe 10 os alunos se preparam para o primeiro exame regulamentado (Baxi, 2010).

Nos 9º e 10º anos de escola, a Química é ensinada como uma disciplina separada, e nos dois anos seguintes seu estudo é opcional. Além disso, os estudantes aparentemente não consideram a Química uma opção atraente e os números diminuem significativamente em todas as etapas educacionais (Sait, 2015).

Formação de professores de Química na Índia e desafios

Ciência não é um tópico atraente para os estudantes indianos. A infraestrutura nas escolas é um grande desafio em termos de coisas básicas como

água potável e *playground*, mas também em termos de materiais curriculares para os professores. O estado dos laboratórios deixa muito a desejar e faltam computadores e acesso à rede. Os professores enfatizam o ensino voltado para a preparação para os exames seletivos. Falta incentivo à inovação dos professores por conta na natureza do currículo e do processo de exames de seleção. Estudos da educação na Índia apontam que os estudantes até o primário superior têm interesse em ciências, mas o perdem por conta de um ensino muito tradicional e com um aumento exagerado de dificuldade de um nível a outro (Baxi, 2010).

Brasil

Panorama geral da educação no Brasil

A estrutura básica do Sistema Educacional no Brasil compreende a Pré-escola (antes dos 6 anos), Ensino Fundamental I (6-10 anos), Fundamental II (11-14 anos), Ensino Médio (15-17 anos). Atualmente a Química aparece mais formalmente nos dois últimos anos do Ensino Fundamental II e se estende por todo o Ensino Médio. Durante o Ensino Médio há a possibilidade de realizar um ensino profissional concomitante. Há também a Educação de Jovens e Adultos (EJA) para aqueles que não tiveram oportunidade de estudar no tempo adequado e que ocorre geralmente no período noturno. As escolas de maneira geral funcionam em três turnos, manhã (~7h00-12h30), tarde (~13h00-17h30) ou noite (~19h00-23h00). Assim, o mesmo prédio é utilizado nos três turnos. O número de alunos por classe varia em geral de 35-50 (Corio; Fernandez, 2010). As diretrizes da educação são nacionais e seguem a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Brasil, 1996). Recentemente foi aprovado um currículo nacional – Base Nacional Comum Curricular – em que a Química foi incorporada ao estudo da área de ciências da natureza. A previsão é que esse currículo esteja em atividade a partir de 2019 nas escolas. A entrada na Universidade se dá por um exame seletivo feito ao final do Ensino Médio (Exame Nacional do Ensino Médio, Enem, e outros exames específicos para ingresso em universidades estaduais). Uma contradição importante na educação brasileira é que a maioria dos alunos estuda em escolas públicas (~90%) durante a educação básica e somente a elite estuda em escolas particulares que são consideradas em geral de melhor qualidade. Entretanto, no Ensino Superior a situação se inverte, no sentido que as universidades públicas são consideradas as melhores. A contradição está em que os alunos da elite, que puderam pagar por um ensino de maior qualidade durante a educação básica são os que, em geral, conseguem ser selecionados para estudar nas universidades públicas (Fernandez, 2012). Várias iniciativas têm sido feitas para melhorar essa situação (uso de cotas e/ou bônus para alunos de escolas públicas) sem, no entanto, dar conta do problema principal que é a baixa qualidade da educação básica nas escolas públicas. Nos últimos anos houve uma expansão significativa do número de estudantes no Ensino Médio sem a devida expansão na formação de professores. Soma-se a isso o fato de a carreira de professor não ser atrativa no Brasil e, assim, muitos licenciados acabam por seguir

outras carreiras depois de formados em busca de melhores condições salariais. Segundo um grupo de estudos da Educação Básica pública brasileira:

[...] a efetiva falta de professores em algumas áreas está diretamente relacionada às condições de trabalho usualmente oferecidas; eis o problema real a ser enfrentado. Mantidas tais condições, não adianta muito ofertar oportunidades de melhoria na formação: quanto mais bem preparado se torna um professor, mais ele se afasta da sala de aula da escola básica, buscando trabalho em outros espaços. (Machado, 2018, p.3)

As escolas públicas enfrentam também muitos problemas de infraestrutura. Há falta de itens básicos como bibliotecas e laboratórios em muitas escolas. Os prédios não têm manutenção e a merenda nem sempre é de qualidade. Muitos alunos necessitam viajar por horas até chegarem à escola mais próxima e normalmente não há transporte escolar. Por outro lado, há um Programa Nacional de Livros Didáticos coordenado pelo Ministério da Educação que distribui aos alunos das escolas públicas livros gratuitamente de todas as disciplinas. Os livros são avaliados a cada três anos por equipes de especialistas. Esse é um dos raros programas de sucesso na educação brasileira.

Formação de professores de Química no Brasil

A expansão do número de alunos no Ensino Médio não foi acompanhada do aumento no número de professores e a carreira de professor no Brasil não é valorizada. Há muitos problemas salariais além de condições estruturais ruins nas escolas. O professor que há aproximadamente 40 anos era valorizado, hoje perdeu seu *status* social. Muitos trabalham em até três escolas para conseguir sobreviver. Assim há muito pouca atratividade para a carreira de professor, especialmente nas disciplinas de química, física e matemática, onde há falta desses professores.

Hoje em dia a formação de professores se dá em cursos superiores, nas Universidades e nos Institutos Federais. Há também muitos cursos de Licenciatura no formato EaD. Para ser professor no Ensino Fundamental I e primeiros anos do Fundamental II é necessário cursar a Pedagogia, enquanto para atuar nos últimos anos do Ensino Fundamental II e no Ensino Médio é necessário o curso de Licenciatura (no caso, Licenciatura em Química) feito tanto em universidades públicas, particulares, institutos federais ou cursos a distância. Essa determinação de ter um curso universitário para ser professor é bastante recente. As qualidades dos cursos são muito distintas dependendo da instituição que oferece o curso. As disciplinas que compõem os cursos de formação de professores de Química (licenciatura em Química) são um conjunto de disciplinas de Química e outro de disciplinas pedagógicas. Algumas instituições oferecem disciplinas integradoras que congregam conteúdos químicos e pedagógicos. Há também a exigência de 400h de estágios supervisionados de modo que os licenciandos possam ter contato com a realidade das escolas. Na teoria esse currículo não parece ruim, mas a prática revela uma série de problemas subjacentes. Os

estágios, por exemplo, apresentam os alunos a uma realidade de escola que assusta mais que ensina. Vários professores em serviço se sentem de alguma forma ameaçados pelos estagiários pela baixa qualidade de ensino que receberam, e muitas vezes são os licenciandos que levam soluções para a escola e não a escola que serve como um local de aprendizado. Para citar uma atividade comum que é oferecida aos estagiários é a reativação do laboratório de Química. Muitas escolas têm laboratório, mas que não é utilizado por não estar organizado, por servir como depósito da escola ou por ter um conjunto de reagentes vencidos. Nessa situação aos licenciandos é dada a tarefa de limpar e organizar o laboratório ao invés de planejar e ministrar aulas. Soma-se a isso o fato de vários docentes da universidade, responsáveis pela disciplina de estágio, nunca terem pisado uma escola real da educação básica e nem terem a licenciatura como formação. O estágio dessa forma fica pouco efetivo e deixa de cumprir sua função principal que é a de fornecer aos licenciandos uma experiência real, numa escola que funciona, e bem orientada.

O currículo da Licenciatura possui ainda um caráter complementar ao curso de Bacharelado, num modelo que ficou conhecido com 3+1 em que os futuros professores estudam Química durante três anos e um ano de estudos pedagógicos. A junção desses dois mundos não costuma acontecer na universidade, mas somente quando o aluno chega na realidade da escola.

A legislação brasileira não deixa claro quais conhecimentos são essenciais a um professor de Química. Prova disso é o resultado de uma pesquisa de mestrado onde foram analisadas as questões de 60 concursos públicos de seleção de professores de Química de 2003 a 2013 em cinco regiões brasileiras (Figura 1). O intuito da pesquisa era investigar quais conhecimentos têm sido considerados relevantes para contratar professores de Química para a escola pública básica (Figura 2). Foram analisadas 3576 questões objetivas e 39 questões discursivas (Andrade; Fernandez, 2017).

Observa-se que o Conhecimento do Conteúdo Químico é o mais frequente nas questões de concursos, e o Conhecimento Pedagógico é o segundo conhecimento mais abordado. Por outro lado, o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo que é considerado o conhecimento profissional de professores (Fernandez, 2014a,b, 2015) é o menos abordado nos concursos públicos de seleção de professores de Química brasileiros. Na literatura se aponta de há muito tempo a importância de tornar explícito os conhecimentos de professores tanto na formação inicial como na continuada e, por consequência, em exames de seleção de professores (Aydin; Demirdögen, 2015). Assim, pelos resultados obtidos na análise das questões de concursos públicos de seleção de professores de Química, esses professores precisam saber Química, mas não precisam saber ensinar Química.

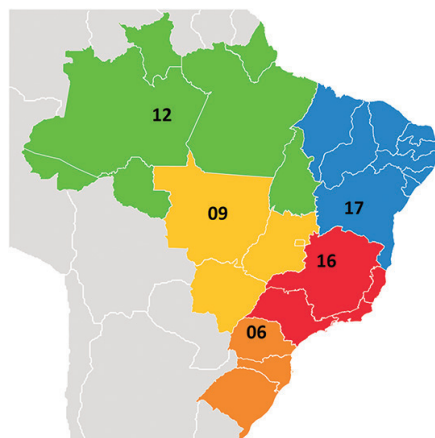


Figura 1 – Número de concursos públicos brasileiros para professores de Química analisados nas diferentes regiões.

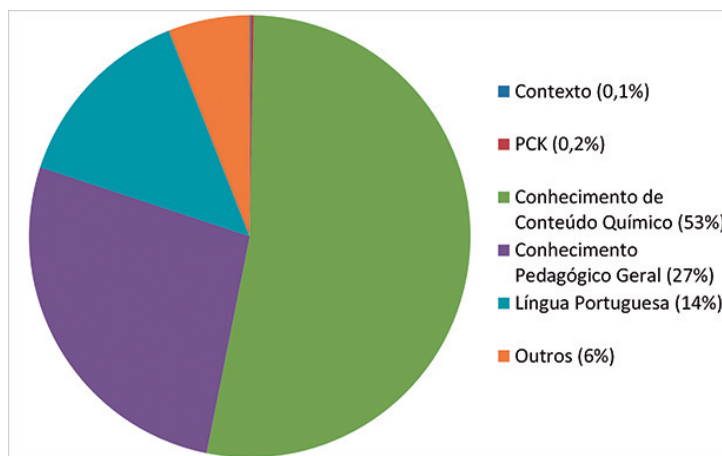


Figura 2 – Conhecimentos abordados nas questões de concursos públicos brasileiros de seleção de professores de Química de 2003 a 2013.

Conclusões

Ao se descrever a Estrutura Básica dos Sistemas Educacionais nos países apresentados, Alemanha, Austrália, Brasil, Canadá, Estados Unidos, Finlândia e Índia, observam-se muitas similaridades quanto ao número de anos escolares, a divisão nas idades, a presença das Ciências e da Química em particular no currículo. Por outro lado, observam-se grandes diferenças quanto à infraestrutura das escolas na Índia e Brasil em comparação com os demais países, todos de Primeiro Mundo.

A maior diferença, no entanto, ocorre com relação aos professores. Há grandes diferenças entre os países com relação à formação inicial dos professores, à regulamentação e aos requisitos para exercer a profissão, aos conhecimentos necessários para ser professor, à autonomia da atuação dos professores frente

ao currículo e aos estudantes, e à valorização social da profissão (que se traduz na forma de salários condizentes) e, por consequência o interesse dos jovens em ingressar nessa profissão. Além disso, há grandes disparidades nas condições estruturais das escolas nos distintos países.

Em lugares onde a valorização social dos professores é grande, como Finlândia e Alemanha, há muitos interessados em se tornarem professores e a qualidade desses professores acompanha esse interesse. Por outro lado, esses dois países possuem extensões bem menores que os demais apresentados e, assim podem estar tendo um desafio menor comparativamente. Nos demais países, de extensões semelhantes e também com uma diversidade cultural equivalente, os desafios parecem ser bem mais pronunciados e, mesmo países considerados de primeiro mundo não conseguiram ainda apresentar uma educação de excelência em todos os níveis. Nesses casos parece que uma maior regulamentação da profissão e um acompanhamento mais de perto dos professores e de suas ações em salas de aula – com certificações para atuação que necessitem de atualização de tempos em tempos – tem promovido um maior sucesso em pouco tempo, como foi o caso de Ontário no Canadá e na Austrália. Estados Unidos estão caminhando nessa mesma direção, embora não tenham conseguido ainda fazer que seus estudantes tenham desempenho semelhante. Nos casos de Índia e Brasil há muitos problemas básicos ainda a resolver. Iniciando pela estrutura física das escolas e disponibilidade de materiais curriculares passando pela formação de professores. A formação nesses dois países é pouco regulada, faltam professores de maneira geral e mais ainda de maneira qualificada. A profissão não atrai jovens talentosos e a sociedade não valoriza quem quer seguir na profissão – tanto economicamente como socialmente. Essas condições aproximam países emergentes e pobres. O ensino é propedêutico, tentando garantir o futuro promissor de apenas alguns e os professores participam dessa engrenagem perversa treinando os alunos para exames seletivos. A Química nesses lugares fica cada vez mais distante dos estudantes e acaba servindo apenas com um dos trampolins para uma vida melhor para poucos estudantes, mas sem sentido para nenhum. E, como apresentamos inicialmente, o papel do conhecimento químico como base para a inovação, alfabetização científica e a solução de problemas em conexão com o desenvolvimento sustentável se perde nos países onde ele seria mais necessário.

Agradecimentos – A autora agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) o auxílio à pesquisa (Cepid Redoxoma, processo n.2013/07937-8), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) o auxílio à pesquisa (Universal, processo n.431016/2016-0) e a concessão de bolsa de produtividade em pesquisa (processo n.311879/2015-2).

Referências

- ANDRADE, D. A.; FERNANDEZ, C. Knowledge Base for chemistry teachers evaluated in brazilian selection exams. In: E-proceedings for ESERA 2017, Dublin, Irlanda. Disponível em: <https://keynote.conference-services.net/resources/444/5233/pdf/ESERA2017_0239_paper.pdf>. Acesso em: 13 set. 2018.
- AYDIN, S.; DEMIRDÖGEN, B. Using Pedagogical Content Knowledge in Teacher Education. In: MACIEJOVSKA, I.; BYERS (Eds) *A guidebook of good practice for the pre-service training of chemistry teachers*. Faculty of Chemistry, Jagiellonian University in Krakow, Krakow, 2015, p.149-74.
- BAXI, S. Teaching Chemistry in India. In: RISCH, B. (Org.) *Teaching Chemistry around the world*. Berlin: Waxmann Verlag GMBH, 2010. v.1, p.111-21.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: Lei 9.394/96*, 1996.
- _____. . Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. *Diário Oficial da União*, de 23 dez 1996.
- CORIO, P.; FERNANDEZ, C. Teaching Chemistry in Brazil. In: RISCH, B. (Org.) *Teaching Chemistry around the world*. Berlin: Waxmann Verlag GMBH, 2010. v.1, p.45-66.
- DARLING-HAMMOND, L.; LIEBERMAN, A. *Teacher Education around the world*. New York: Routledge, 2012
- FERNANDEZ, C. Teaching Chemistry in Brazil: one country, many realities. In: MARKIC, S. et al. (Org.) *Issues of Heterogeneity and Cultural Diversity in Science Education and Science Education Research*. Aachen: Shaker Verlag, 2012. v.1, p.107-19.
- _____. *A base de conhecimentos para o ensino e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de professores de Química*. São Paulo, 2014. Tese (Livre-Docência) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014a.
- _____. Knowledge base for teaching and Pedagogical Content Knowledge (PCK): some useful models and implications for teachers' training. *Problems of Education in the Twenty First Century*, v.60, p.79-100, 2014b.
- _____. Revisitando a Base de Conhecimentos e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de professores de ciências. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v.17, p.500-28, 2015.
- KIND, V. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, v.45, n.2, p.169-204, 2009.
- LAMPISSELKÄ., J. Teaching Chemistry in Finland. In: RISCH, B. (Org.) *Teaching Chemistry around the world*. Berlin: Waxmann Verlag GMBH, 2010. v.1, p.242-66.
- LEVIN, B. Building capacity for sustained school improvement. In: DARLING-HAMMOND, L.; LIEBERMAN, A. *Teacher Education around the world*. New York: Routledge, 2012. p.98-109.
- MACHADO, N.J. (coord.) Grupo de Estudos da Educação Básica Pública Brasileira: Dificuldades Aparentes, Desafios Reais. *Diagnósticos e Propostas para a Educação Básica Brasileira*. Instituto de Estudos Avançados da USP, 2018.

- Disponível em: <http://www.ica.usp.br/publicacoes/textos/diagnosticos-e-propostas-para-a-educacao-basica-brasileira> Acesso em 25 set. 2018.
- MACIEJOVSKA, I.; BYERS, B. Introduction. In MACIEJOVSKA, I.; BYERS (Eds.) *A guidebook of good practice for the pre-service training of chemistry teachers*. Faculty of Chemistry, Jagiellonian University in Krakow, Krakow, 2015.
- MASETTO, M. Professor universitários: um profissional da educação na atividade docente. In: _____. (Org.) *Docência na Universidade*. 10.ed. Campinas: Papirus, 1998.
- OCT Ontario College of Teachers. Disponível em: <<https://www.oct.ca/>>. Acesso em: 21 set. 2018.
- PÉREZ GÓMEZ, A. I. P. As funções sociais da escola: da reprodução à reconstrução crítica do conhecimento e da experiência. In: SACRISTÁN, J. M.; PÉREZ GÓMEZ, A. I. *Compreender e transformar o ensino*. São Paulo: Artmed, 2000.
- RISCH, B. Teaching Chemistry in Germany. In: RISCH, B. (Org.) *Teaching Chemistry around the world*. Berlin: Waxmann Verlag GMBH, 2010. v.1, p.267-79.
- _____. (Org.) *Teaching Chemistry around the world*. Münster; New York; München; Berlin: Waxmann Verlag GMBH, 2010.
- SAHLBERG, P. The most wanted. Teachers and teacher education in Finland. In: DARLING-HAMMOND, L.; LIEBERMAN, A. *Teacher Education around the world*. New York: Routledge, 2012. p.1-21.
- SAIT, D. India at a crossroads, 2015. Disponível em: <<https://eic.rsc.org/opinion/india-at-a-crossroads/2000410.article>>. Acesso em: 21 set. 2018.
- SCANTLEBURY, K. Teaching Chemistry in United States of America. In: RISCH, B. (Org.) *Teaching Chemistry around the world*. Berlin: Waxmann Verlag GMBH, 2010. v.1, p.82-9.
- SHULMAN, L. S. Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, v.15, n.4, p.4-14, 1986.
- _____. Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, v.57, n.1, p.1-22, 1987.
- SILVA, C. P. As contribuições canadenses bem sucedidas para o processo educacional brasileiro. *Revista Direito em Ação*, Brasília, v.15, n.2, p.50-63, 2015.
- TREAGUST, D. F.; CHANDRASEGARAN, A. I. Teaching Chemistry in Australia. In: RISCH, B. (Org.) *Teaching Chemistry around the world*. Berlin: Waxmann Verlag GMBH, 2010. v.1, p.197-207.

RESUMO – O texto apresenta um panorama do ensino de Química em vários países, e particularmente foca na formação de professores de Química nesses distintos contextos. Nesse sentido, é apresentada a estrutura básica do sistema educacional dos diferentes países, particularidades da escola como horários de funcionamento e número de alunos por classe etc. Em relação à formação de professores de Química descreve-se em linhas gerais como é feita em cada país em termos de currículo além de aspectos práticos da profissão como valorização social e em que tipo de instituição é feita a formação. Foram tratados os seguintes países: Alemanha, Austrália, Brasil, Canadá, Estados Unidos,

Finlândia e Índia. Há muitas diferenças, mas uma coisa comum entre os países com melhores resultados nas avaliações internacionais recai na atenção e acompanhamento próximo em relação à qualidade da formação de professores, a valorização social e as condições de trabalho nas escolas.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Química, Formação de professores de Química, Conhecimento de professores de Química.

ABSTRACT – This text presents a panorama of Chemistry Education in several countries and focuses particularly on the training of Chemistry teachers in these different contexts. In this sense, the basic structure of the educational system of different countries is presented, as well as the particularities of the schools, such as working hours, number of students per class etc. The training of Chemistry teachers in each country is described in general terms and in terms of the curriculum, in addition to practical aspects of the profession, such as social valuation and the type of institution in which the training is done. The following countries were appraised: Australia, Brazil, Canada, Finland, Germany, India and United States. There are many differences between them, but some things in common in the best-performing countries in international assessments are close attention to, and monitoring of, the quality of teacher education, the social value of teachers and the working conditions in schools.

KEYWORDS: Chemistry teaching, Chemistry teachers education, Chemistry teachers' knowledge.

Carmen Fernandez é mestre e doutora em Química e livre-docente na área de Ensino de Química pela Universidade de São Paulo; professora associada do Departamento de Química Fundamental do Instituto de Química da Universidade de São Paulo.

@ – carmen@iq.usp.br

Recebido em 24.9.2018 e aceito em 26.10.2018.

¹ Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Princípios para o currículo de um curso de Química

FLAVIO ANTONIO MAXIMIANO¹

A QUÍMICA é uma ciência básica da natureza. Ao se dedicar à compreensão da natureza submicroscópica da matéria e suas transformações, desenvolve uma linguagem própria e produz um conhecimento fundamental sobre a natureza. Conhecimento que é base para a edificação de outras áreas e profissões. Assim, a química é uma ciência desenvolvida por cientistas que são formados em cursos de nível superior. A química é também uma atividade industrial de natureza tecnológica. A indústria de transformação química produz diversos insumos essenciais para a sociedade contemporânea. Assim, faz-se necessária a presença de profissionais no setor produtivo que dominem essas técnicas e permitam a produção e o desenvolvimento tecnológico da área. A química igualmente é eleita como uma disciplina escolar. Sua natureza como conhecimento básico a levou junto com outras ciências da natureza a compor o cabedal de conhecimentos básicos de qualquer cidadão, quer seja para ler e compreender o mundo natural ou transformado pela mão do homem, quer seja para se continuar os estudos em nível superior ou técnico em outras áreas ou profissões. Assim, são necessários professores que tenham amplo domínio desse conhecimento para atuarem na Educação Básica, enfrentando os desafios e a complexidade que esta atividade exige.

Dessa breve descrição sobre a química pode-se inferir que é no Ensino Superior dessa disciplina acadêmica e atividade produtiva que serão formados três profissionais diferentes: o cientista, o químico e o professor. Uma instituição de ensino pode se propor a formar apenas um desses profissionais. No entanto, uma instituição como o Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQUSP) tem, desde suas origens, se preocupado com a formação de quadros para essas três atividades profissionais. O que traz para essa instituição um desafio ainda maior.

O presente artigo procura descrever os princípios que nortearam o desenvolvimento da atual proposta curricular dos cursos de graduação do Instituto de Química da Universidade de São Paulo. Trata-se de um relato da estrutura curricular em si, dos desafios que se apresentavam à graduação naquele momento e de uma reflexão do que ainda é preciso alcançar na visão de alguém que participou diretamente do processo de elaboração da proposta. Não se procura aqui relatar o processo de elaboração e implementação de um currículo com detalhes, nem de apresentar uma análise minuciosa dos resultados até aqui obtidos.

Pretende-se apenas compartilhar uma visão pessoal de um processo específico, vivido em uma instituição específica, mas que pode ajudar na reflexão de aspectos gerais que envolvem as definições de um curso de graduação em Química.

Os antecedentes da proposta de mudança curricular

Na ocasião do processo de reforma curricular o IQUSP apresentava três opções distintas de cursos de graduação em Química cada um deles como uma opção distinta de ingresso. No período integral o curso de Bacharelado e Licenciatura em Química, com sessenta vagas, e no período noturno os cursos de Bacharelado em Química Ambiental e Licenciatura em Química, ambos com trinta vagas cada.

A estrutura curricular do curso do período integral estava vigente desde 2001. Na ocasião pretendia-se uma estrutura curricular mais flexível de modo a atender as diferentes aspirações profissionais dos alunos. Assim, foi montada uma estrutura prevendo a existência de um núcleo básico, contendo disciplinas comuns a qualquer uma das quatro modalidades formativas na época oferecidas (Bacharelado, Licenciatura, Bacharelado com Atribuições Tecnológicas e Bacharelado com Atribuições Biotecnológicas), a existência de um núcleo específico para cada modalidade e uma certa carga horária menor em disciplinas optativas livres que poderiam ser compostas por qualquer disciplina de graduação oferecida pela USP, incluindo as específicas para cada uma das quatro modalidades. Para o curso de Bacharelado, por exemplo, a carga horária é distribuída em 117 créditos em disciplinas do núcleo básico (cursadas até o quarto semestre), 69 créditos em disciplinas do núcleo específico e 58 créditos em disciplinas optativas.

Em 2006 o curso de Licenciatura teve que passar por uma pequena reestruturação para se adaptar ao Programa de Formação de Professores da USP e às Resoluções do Conselho Nacional de Educação (Brasil, 2002a; 2002b). Apesar de na época ter se adequadado às exigências legais, tais modificações ainda se encontravam longe do ideal e do espírito de um curso de formação de professores. Em 2008 se iniciou a modalidade Bacharelado em Química com Ênfase em Bioquímica e Biologia Molecular.

Os dois cursos do período noturno tiveram início em 2003. Originalmente com duração de quatro anos e meio, sofreram modificações já em 2009 passando para cinco anos. Tais modificações se fizeram necessárias para atender as diretrizes para a formação de professores acima citadas e para atender exigências feitas pelo Conselho Estadual de Educação para o curso de Bacharelado em Química Ambiental.

Esperava-se na ocasião da criação dos cursos do período noturno que não fossem meramente uma duplicação do curso já existente e que atendessem às necessidades de um público diferente daquele do período integral. Com o tempo, foi-se verificando que o perfil dos ingressantes nos dois períodos não era tão distinto assim. Vários alunos do curso de Licenciatura noturno manifesta-

ram interesse em também obter o título de bacharel, os processos internos de transferência de curso chegaram a registrar o interesse de mais de um terço dos ingressantes da Licenciatura noturno na mudança para os Bacharelados na expectativa de terem melhores opções no mercado de trabalho. Também os alunos do curso de Bacharelado em Química Ambiental passaram a manifestar interesse em cursar disciplinas de química tecnológica no período integral. Por serem cursos com estruturas curriculares distintas e com ingresso próprio via vestibular, o fluxo de alunos entre os dois períodos ou entre alunos dos dois cursos do período noturno era muito dificultado. Ao colar grau em um dos cursos do período noturno, o aluno tinha sua matrícula na universidade encerrada, o que não acontecia com o aluno do período integral que podia cursar mais de uma ênfase ou habilitação. Isso era percebido pelos alunos do período noturno como uma grande desvantagem já que seus colegas do período integral tinham mais opções formativas. Outro problema verificado se deve ao fato de que algumas disciplinas não eram equivalentes, e nas que eram, os alunos de um período não podem se matricular diretamente no outro, tendo sempre que pedir matrícula via requerimento.

Um outro problema sério dizia respeito às dificuldades observadas quanto ao registro profissional e atuação profissional dos egressos do curso de Bacharelado em Química Ambiental. Apesar de terem uma carga de estudos em química compatível com a formação de qualquer bacharel em química do país, esses alunos tiveram inicialmente restrições quanto a sua área de atuação estabelecida pelo Conselho Regional de Química devido ao nome do curso ser específico. Tal fato chegou a ser revertido após intervenção do IQUSP junto ao Conselho Federal de Química.

Tais fatos passaram a causar desconforto dentro da instituição a respeito da separação das possibilidades formativas dos diferentes cursos e levaram a uma proposta que buscasse resolver tais questões.

Sobre o Projeto Pedagógico vigente para o curso integral, passados mais de dez anos de sua implantação, fez-se necessário reconhecer que certos objetivos previstos não foram plenamente alcançados e as pequenas alterações que foram sendo feitas ao longo do tempo, levaram ao acúmulo de certos problemas que precisaram naquele momento ser sanados. Dentre esses problemas, podem-se enumerar: 1) O não oferecimento sistemático de disciplinas optativas pelo IQ, ou a baixa frequência pelos nossos alunos das poucas optativas que foram oferecidas. Ou seja, a falta de uma cultura de disciplinas optativas tanto no IQ como na universidade como um todo, isto é, a falta de uma tradição que leve em conta uma formação individualizada do aluno leva-os a buscar optativas apenas para cumprir as horas exigidas; 2) A licenciatura passou a ser efetivamente um mero complemento ao bacharelado; 3) As disciplinas de Físico-Química já começavam a ser tratadas a partir do segundo semestre do curso, antes que o aluno tivesse tido contato com o conhecimento de cálculo necessário; 4) A proposta

previa que o curso fosse dividido em dois anos básicos contendo aquilo que deveria ser definido como conhecimento químico essencial e básico. Do ponto de vista do planejamento, essa premissa se baseava na ideia de currículo em espiral, onde o aluno, em um primeiro momento, devia ver os conceitos e as teorias de uma forma mais introdutória (básica). Em outros momentos (ou disciplinas) os temas são reapresentados sempre em um nível mais profundo e integrado a outros conceitos. No entanto, com o passar do tempo o que ocorreu é que um excesso de conteúdo foi se acumulando nesses dois primeiros anos. O terceiro semestre do curso chegou a ter uma carga de 34 horas-aula distribuídas em sete disciplinas concomitantes. Enquanto isso, nos quinto e sexto semestres houve um número reduzido de disciplinas com uma grande quantidade de créditos cada. Havia, portanto, um acentuado desequilíbrio na distribuição de créditos e, principalmente, de conteúdos ao longo de todo o curso.

Diante do exposto e após quase dez anos de existência entre cursos distintos, colocou-se a questão de se rever os objetivos e fundamentos que orientaram a criação dos cursos no passado, buscando simplificar a graduação e, ao mesmo tempo, atender as demandas manifestadas por nossos estudantes. Assim, coube à Coordenação do Curso trabalhar a partir de 2012 em uma nova proposta curricular orientada por certos princípios que levassem a uma nova estrutura curricular implementada a partir de 2014.

Princípios e diretrizes que nortearam a proposta de alteração curricular do IQUSP

Tendo em vista aspectos anteriormente apontados, podem-se elencar algumas perspectivas, ou mesmo princípios mais gerais, que orientaram a elaboração do Projeto Pedagógico do curso. Tais princípios gerais podem ser elencados em:

i) O IQUSP, tendo em vista sua história na formação e consolidação da Ciência Química brasileira, em consonância com a importância histórica da própria Universidade de São Paulo, assume a função de formar quadros profissionais para a pesquisa acadêmica, para a docência na educação básica e para o setor produtivo (indústria e serviço).

ii) Cada uma dessas diferentes atividades profissionais exige uma formação específica que deve ser traduzida em uma estrutura curricular própria contendo disciplinas específicas e diferentes oportunidades de experiência no tocante à formação profissional, principalmente no que concerne a estágios quer seja em escolas, indústrias ou iniciação à pesquisa científica.

iii) Independentemente das diferentes necessidades formativas, deve-se garantir a todos os alunos uma sólida formação em química que se traduz em um núcleo comum de disciplinas básicas e gerais em cada uma das diferentes áreas tradicionais da química.

iv) A escolha pela atuação profissional específica e, conseqüentemente, pelo percurso formativo dentro do curso de graduação não deve ser feita pelo aluno na ocasião da inscrição para o vestibular e muito menos ser definitivo

de forma a excluir ou dificultar possibilidades de mudanças ao longo de seus estudos. Assim, o aluno deve ter uma maior liberdade de escolha durante seu percurso formativo e, principalmente, na etapa final de seu curso.

v) Independentemente da escolha profissional é importante possibilitar ao aluno que componha parte de seu percurso formativo com disciplinas de seu interesse. Desde disciplinas de caráter mais geral de outras áreas do conhecimento ou de temas mais avançados e específicos do universo da química.

Desses princípios seguiram as diretrizes que compõem a estrutura curricular ora vigente, cujos aspectos mais relevantes são aqui apresentados.

A fim de garantir a escolha profissional do aluno após o ingresso na Universidade os três diferentes cursos foram unificados em uma única carreira denominada química – Bacharelado e Licenciatura que, por sua vez, foi dividida em dois únicos cursos, o do período integral e o do período noturno, ambos disponibilizando 60 vagas e denominados por Bacharelado e Licenciatura em Química.¹ Os dois cursos possibilitam ao aluno a obtenção dos títulos de bacharel e licenciado de maneira que o aluno possa escolher por apenas um título ou optar por obter os dois diplomas correspondentes, desde que cumpra todas as exigências previstas para os dois cursos.² O aluno que optar pelo curso de Bacharelado em Química também pode agregar conhecimento em uma determinada ênfase dentre as especialidades oferecidas pelo IQUSP ou a habilitação em Química Tecnológica equivalente, em termos de habilitação profissional, ao que outros cursos denominam por Química Industrial. O Quadro 1 apresenta as diferentes opções formativas para os cursos dos dois períodos.³

Quadro 1 – Opções de curso de graduação oferecidas hoje pelo IQUSP

| Curso | Bacharelado e Licenciatura em Química – Integral | Bacharelado e Licenciatura em Química – Noturno |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tempo ideal | Oito semestres | 10 semestres |
| Opções formativas | Licenciatura em Química Bacharelado em Química Bacharelado em Química com ênfase em Bioquímica e Biologia Molecular Bacharelado em Química com Atribuições Tecnológicas Bacharelado em Química com Atribuições em Biotecnologia | Licenciatura em Química Bacharelado em Química Bacharelado em Química com ênfase em Química Ambiental |

Essa organização permite que os candidatos ao curso de Graduação possam optar pela carreira em química de uma forma geral e não pelo direcionamento profissional antes de ingressar efetivamente no curso e na Universidade. A perspectiva aqui é de que uma escolha mais específica requer vivência acadêmica e maior maturidade que não pode ser cobrada de um recém-egresso da Educação Básica. Permite-se assim que o aluno possa, por exemplo, experimentar diferentes disciplinas específicas, conhecer melhor o curso e refletir melhor sobre suas aptidões antes de optar pela profissão (professor, químico ou cientista) que pode então ser feita com maior conhecimento sobre a profissão específica, suas possibilidades de atuação, mercado de trabalho, empregabilidade e características próprias de seu exercício.

Para ingressar no curso de Licenciatura o aluno deve se matricular em uma das disciplinas de Iniciação à Licenciatura que são as disciplinas de Introdução aos Estudos da Educação da Faculdade de Educação da USP (FEUSP) e a de Introdução ao Ensino de Química, oferecida pelo IQUSP. Esta última é oferecida na grade curricular ideal no 3º semestre para o período integral e 4º semestre para o período noturno, de maneira que para o aluno que já tenha decidido pelo magistério antes mesmo de ingressar na universidade não há prejuízo no tempo necessário para sua formação. Toda a grade horária do curso de Licenciatura foi elaborada de maneira a distribuir as disciplinas específicas ao longo do curso de modo que a formação docente não se dê na etapa final do mesmo, de acordo com as diretrizes vigentes para a formação de professores (Brasil, 2015; São Paulo, 2017; USP, 2004). Alternativamente a opção pela licenciatura também pode ser feita em qualquer semestre do curso de graduação, mesmo para alunos que já tenham obtido o título de bacharel e ocorre no momento em que o aluno efetiva sua matrícula em uma das disciplinas citadas acima ou em qualquer outra disciplina específica do curso de Licenciatura.

O fato de o curso de Licenciatura não ser totalmente separado do Bacharelado também permite que o aluno possa obter os dois diplomas sem que precise prestar outro exame vestibular ou tenha que pedir matrícula como graduado de nível superior. Também permite a um aluno que já tenha obtido o título de bacharel em química pelo IQUSP e queira então obter o título de licenciado em química possa fazê-lo.⁴ Com isso, é esperado diminuir a pressão por vagas do curso de Bacharelado e a desistência precoce da Licenciatura, observadas pelo expressivo número de alunos que pediam transferência interna do antigo curso de Licenciatura noturno.

Da mesma forma que para a escolha entre o bacharelado e a licenciatura, a escolha entre as diferentes modalidades ou ênfases do bacharelado (Quadro 1) pode também ser feita em qualquer momento da trajetória acadêmica do aluno. Nessa perspectiva, diferente do que se tinha para o curso integral anterior, procurou-se evitar que todo o conteúdo básico de química fosse abordado na primeira metade do curso, deixando a especialização para o final. Isso foi mais

um desafio principalmente no tocante à compatibilização entre a licenciatura e o bacharelado, uma vez que as diretrizes de formação de professores (Brasil, 2015) e o consenso da área (Ferreira; Kasseboehmer, 2012) indicam a necessidade de romper com o modelo curricular onde primeiro se aprende o conteúdo a ensinar e depois esse é completado com o conhecimento pedagógico que forma o professor.⁵

Para garantir que o aluno tenha uma maior liberdade de escolha e possa construir um percurso formativo próprio, de acordo com seus interesses e aptidões, o projeto pedagógico permite uma total flexibilidade para que o aluno escolha também entre as diferentes opções de cursos que o IQ oferece, independentemente do período (integral ou noturno) a que está matriculado. Assim, um aluno do período noturno poderá fazer, por exemplo, as disciplinas das Atribuições Tecnológicas ou a ênfase em Bioquímica, sem que tenha que pedir transferência de curso. Já um aluno do período integral também poderá fazer facilmente as disciplinas específicas da ênfase em Química Ambiental. Um aluno do período integral também pode cursar as disciplinas do curso de Licenciatura (em parte ou em sua totalidade) no período noturno, diminuindo o tempo necessário para a integralização das disciplinas dos dois cursos. É evidente que para alunos do período noturno que trabalhem durante o dia suas opções são bem mais restritas. Nesse caso o aluno tem como opções apenas aquelas apresentadas no Quadro 1, e as disciplinas optativas do bacharelado são as da licenciatura ou disciplinas de outra unidade oferecidas no período noturno que sejam compatíveis com a grade horária do aluno.

A carga horária total tanto para o curso de Bacharelado como para o de Licenciatura foi estabelecida em 3.000 horas em atividades presenciais em sala de aula ou laboratório. Esse valor equivale a exatamente 20 horas por semana em um curso noturno durante cinco anos. Assim, a média para o curso integral ficou em 26 horas por semana. Para evitar sobrecarga em determinado semestre foi estabelecido também que em cada semestre não se deveria ter mais do que 5 ou 6 disciplinas por semestre no curso integral e 4 ou 5 para o curso noturno.⁶ Foram extintas as aulas aos sábados para o curso noturno, tendo em vista que essas sobrecarregavam o tempo disponível dos alunos. Desejava-se, para os dois períodos, uma carga horária em aulas que permitisse aos alunos tempo para estudos individuais ou em grupos.

Uma inovação que se buscou nesse projeto pedagógico foi a inclusão em cada uma das disciplinas de horas atividades extraclasse que totalizam mais 1.000 horas. Definiu-se que a cada quatro horas de aula presencial seriam atribuídas nas disciplinas 2 horas em atividades de trabalho independente. Essa ação procurou indicar para aos alunos a necessidade de manter um estudo semanal contínuo dos conteúdos apresentados em sala. Para os professores, procurou indicar a necessidade de planejar atividades contínuas para os alunos. A efetivação desse tipo de atitude tanto da parte de alunos como da de docentes depende

certamente de uma mudança cultural ainda longe de ser realidade. No entanto, foi entendimento que esses princípios deveriam ser explicitados e o tempo a isso dedicado deveria ser computado na carga horária de maneira a não só indicar como reconhecer as atividades e iniciativas que vão neste sentido. A delimitação da carga horária em aulas semanais tinha por objetivo dar condições efetivas de mudanças nessa cultura.⁷

Outro importante aspecto relacionado à liberdade de escolha dos alunos é que foi criada uma série de disciplinas optativas eletivas e optativas livres. Disciplinas optativas eletivas foram definidas como aquelas de natureza química. São disciplinas que abordam um conteúdo químico mais específico ou mais avançado. Seu papel é o de garantir profundidade e, ao mesmo tempo, diversidade na formação em especial do bacharel em química, principalmente na modalidade de bacharel puro sem ênfase específica. Nesse caso, a carga horária total para esse tipo de disciplina é de 420 horas (14% do curso). A fim de garantir um oferecimento variado de disciplinas dessa natureza, foram criadas disciplinas para a graduação que refletem as ementas de disciplinas da pós-graduação em química, caso os docentes envolvidos entendam a pertinência dessa ação. Assim, um professor escalado para essa disciplina tem parte de sua turma composta por alunos de pós-graduação e parte formada por alunos de graduação em estágio avançado.⁸ Isso permite garantir um bom número de disciplinas eletivas sem aumentar substancialmente a carga didática docente e sem duplicar o oferecimento de conteúdos, o que não teria sentido. Foi uma forma de sanar a dificuldade encontrada no projeto pedagógico anterior que foi justamente a falta de disciplinas dessa natureza. Ainda são também consideradas disciplinas eletivas aquelas obrigatórias para as habilitações ou ênfases. Assim, um aluno também pode escolher cursar parte das disciplinas específicas para a ênfase em Bioquímica e Biologia Molecular e parte das disciplinas de Química Ambiental.⁹

Como disciplinas optativas livres são consideradas quaisquer disciplinas de graduação oferecidas pela Universidade de São Paulo ou as disciplinas consideradas eletivas. O objetivo é garantir, de acordo com o interesse do aluno, uma diversidade formativa mais ampla. No caso do bacharelado a carga horária total para esse tipo de disciplina é de 300 horas (10% do curso) e cai para as demais opções formativas.¹⁰

Para o bacharel em química puro a soma de disciplinas eletivas e livres corresponde a cerca de 24% da carga horária. Esse percentual cai drasticamente quando o aluno opta por uma habilitação ou ênfase, uma vez que essa sua escolha em si já constitui em uma especialização. Para a licenciatura, tendo em vista as múltiplas exigências estabelecidas nas diretrizes curriculares (Brasil, 2015; São Paulo, 2017) e no Programa de Formação de Professores da USP (USP, 2004) não há exigência de disciplinas eletivas e o total de optativas livres cai para apenas 120 horas.

Na montagem das grades curriculares procurou-se estabelecer uma alter-

nância entre os semestres do ano para o oferecimento da maioria das disciplinas obrigatórias no curso integral e noturno. Por exemplo, a disciplina Química Analítica I é oferecida no primeiro semestre do ano para o período integral e no segundo semestre no período noturno. Dessa forma o aluno do período integral que porventura venha a ser reprovado nessa disciplina pode cursá-la novamente no período noturno. Com isto se espera diminuir o tempo médio de titulação ao evitar que os alunos esperem um ano para cursar uma disciplina em que tenha sido reprovado.

Uma das grandes preocupações e motivo para inúmeros debates no grupo que elaborou a proposta pedagógica foi garantir que os cursos fossem compostos por uma série de conhecimentos básicos e fundamentais, presentes nas diferentes sub-áreas da química, distribuídos ao longo de toda a formação do aluno e não concentrado em uma determinada etapa, como no início do curso. Esses conhecimentos básicos foram agrupados em um conjunto de disciplinas denominado de núcleo básico, uma vez que as específicas para as habilitações ou ênfases constituem o denominado núcleo específico.¹¹ O núcleo básico tem uma carga horária total de 2.265 horas (cerca de 75% do total) para o curso de bacharelado e compõe as disciplinas denominadas como Química Geral e as demais sub-áreas tradicionais da química.¹²

As disciplinas de Química Geral tiveram uma preocupação maior por serem essas as que iniciam os cursos e apresentam aos alunos os conceitos fundamentais e básicos da química. A opção foi que os conteúdos denominados como Química Geral fossem todos tratados ao longo de todo o primeiro ano para o curso integral e ao longo dos primeiros três semestres para o curso noturno de forma a garantir tempo suficiente para o aprendizado de conteúdos tão fundamentais.¹³ Tais conteúdos foram distribuídos em três disciplinas, duas com 6 horas semanais em aulas teóricas e 4 horas em aulas práticas e uma terceira com 2 horas teóricas e 2 experimentais. Na primeira disciplina (Química Geral I) são abordados, na parte teórica, os conteúdos relacionados à natureza atômico-molecular da matéria (modelos de estrutura atômica, teorias de ligação química e interações intermoleculares). Já nas aulas experimentais são apresentados prioritariamente, sem prejuízo de outros conteúdos, aspectos básicos relacionados às reações químicas tais como, os principais tipos de reação aspectos qualitativos e quantitativos (estequiometria, rendimentos etc.) envolvidos, relações entre as observações macroscópicas desses fenômenos com as explicações microscópicas e representações (equações químicas) dos mesmos. Na disciplina seguinte, Química Geral II, são abordados os aspectos teóricos relacionados às reações químicas de acordo com o que vem sendo apresentado em propostas contidas em livros-didáticos mais recentes (Atkins; Jones, 2007; Burrows et al., 2009). Aqui são apresentados conceitos da termodinâmica química (espontaneidade, entropia, entalpia, energia livre), o equilíbrio químico é então introduzido a partir do suporte da termodinâmica. Seguem os conceitos de eletroquímica e cinética

química. Também são introduzidos conceitos iniciais da química orgânica (estrutura de compostos orgânicos, aplicações da teoria de orbitais moleculares, estereoquímica e acidez e basicidade de compostos orgânicos), uma vez que as disciplinas dessa área tiveram uma maior redução na carga horária. A parte experimental complementa esses conteúdos e procura, principalmente, desenvolver a habilidade de relatar formalmente resultados experimentais. A terceira disciplina (Química Analítica I) aborda através dos tradicionais métodos de análise química qualitativa conceitos de equilíbrio químico em solução aquosa. Tal proposta de conteúdo foi definida após a aprovação da estrutura curricular através de várias reuniões com os docentes envolvidos. Não se trata de uma proposta definitiva visto que sempre deve ser revista à luz da experiência de aplicação e dos resultados obtidos.

Em nossa opinião, cabe uma discussão mais ampla e profunda do papel pedagógico que os conteúdos tratados nas disciplinas de Química Geral, no entanto o aprofundamento necessário foge aos objetivos do presente texto. Apenas como introdução ao problema cabe mencionar que a tradição no Brasil está em basear tais disciplinas em textos didáticos de origem estrangeira, mais notadamente norte-americana. Evidente que o que se conceituou historicamente em denominar conhecimento em química geral tem um caráter universal e, sem dúvida, é a base de partida para um curso brasileiro ou de qualquer canto do mundo. Entretanto, com as mudanças que vêm sendo colocadas para o Ensino Médio brasileiro,¹⁴ tanto as que já se apresentaram no passado recente, cujo foco se dirigiu mais para a formação geral de um cidadão através do desenvolvimento de competências e habilidade (Brasil, 1999), como as que se apresentam para o futuro com a reforma do Ensino Médio e com a Base Nacional Curricular Comum (Brasil, 2018), já apresentadas e hoje em debate,¹⁵ caminhamos para uma realidade onde fica aberta a questão sobre o que se poderá considerar como conhecimento químico básico já aprendido pelos ingressantes em um curso universitário dada a diversidade de sistemas de ensino ou mesmo se tal reforma atinge seus objetivos.

As demais disciplinas que compõem o núcleo comum são, como já citado, aquelas pertencentes às sub-áreas da química. De maneira geral, a carga horária total para cada uma dessas ficou em torno de 16 horas/semana distribuídas ao longo do curso entre aulas teóricas e experimentais. Na forma de organizar as atividades teóricas e experimentais prevaleceu a tradição da instituição. Assim, algumas sub-áreas trabalham com disciplinas compostas por uma parte teórica e outra experimental como as de química analítica e química inorgânica; em outras como as de físico-química, química orgânica e bioquímica, as disciplinas experimentais são separadas das disciplinas teóricas. Também a distribuição de conteúdos seguiu, em geral, o que vinha sendo trabalhado ao longo dos últimos anos com pequenas alterações que, em alguns casos, foram ajustadas ao longo da implementação.¹⁶

A questão do que vem a ser conteúdo básico para cada disciplina ou cada sub-área não é um tema simples e, pode-se afirmar, está longe de um consenso. Na verdade, os conteúdos de ensino, em qualquer nível, têm sido definidos largamente pelo que se sistematiza em manuais didáticos, que há muito se constituem em longos compêndios que sobrecarregam as aulas expositivas e o tempo de dedicação dos alunos.

Como então definir o que seja básico para uma disciplina? Sem dúvida tal questão é e sempre será pertinente. Acreditamos que a resposta deve ser preocupação de cada docente. No entanto, é preciso que as possíveis respostas e posições não fiquem restritas ao trabalho individual, isolado e dentro da disciplina específica. Precisam ser compartilhadas por todos os docentes envolvidos em disciplinas afins e até mesmo nas demais disciplinas que compõem o curso. Trata-se de uma construção de consensos ou perspectivas contínua, onde em momentos de sínteses provisórias tomam forma em um currículo. Devem então ser aplicados e avaliados. Promovendo uma reflexão que leva a um novo e crítico reposicionamento do conteúdo. Nesse processo é preciso ter em vista que ensinar significa fazer escolhas. É preciso ficar atento a possíveis lacunas e evitar também repetições de conteúdo que muitas vezes acontecem em um mesmo nível de profundidade. Tal atividade, em geral, ainda está longe do dia a dia das universidades brasileiras.

Tais reflexão e aprofundamento não foram possíveis de ser feitos ao longo do processo de preparação do presente projeto pedagógico. O que o grupo envolvido com ele pôde fazer naquele momento foi definir um teto de carga horária para cada sub-área (as 16 horas anteriormente citadas). Algumas discussões ocorreram naquele momento e outras no andar da implementação do currículo.¹⁷ Sem dúvida, é desejável que tais iniciativas sejam institucionalmente favorecidas.

Outro aspecto que se buscou contemplar na reforma curricular foi estabelecer o menor número de pré-requisitos possível entre as disciplinas. Estabelecer uma grade curricular exige definir o encadeamento temporal das diferentes disciplinas que compõem o curso, ou seja, definir em qual semestre se encaixa determinada disciplina, o que vem antes, o que vem depois dela e o que é ensinado concomitantemente. Nesse processo sempre se levam em conta os conhecimentos prévios necessários ou desejáveis que tradicionalmente se constituem na adoção de pré-requisitos obrigatórios, de forma que o aluno deve ter sido aprovado nas disciplinas consideradas requisitos para se matricular na disciplina em questão. A experiência mostra que um currículo com disciplinas amarradas em muitos pré-requisitos pode provocar efeitos indesejáveis no percurso de muitos alunos. Longo tempo de formação e situações em que o aluno não tem matrícula em um número razoável de disciplinas por não ter os pré-requisitos necessários entre outras.¹⁸ A opção encontrada foi deixar um número mínimo de requisitos restrito apenas a disciplinas realmente subsequentes e, majorita-

riamente, dentro de uma mesma sub-área. No entanto, optou-se por indicar a necessidade de certos conhecimentos prévios explicitamente na ementa da disciplina. Cabe ao aluno, dentro do espírito de liberdade acadêmica proposta no projeto, avaliar seu conhecimento prévio e decidir se se matricula ou não.

Na tentativa de se garantir uma articulação real entre as diferentes disciplinas e áreas da química, o projeto pedagógico propõe que as disciplinas do núcleo básico são organizadas em módulos didáticos com o objetivo de integrá-las de acordo com objetivos formativos específicos. Cada módulo deve ter um coordenador, dentre os docentes escalados para as disciplinas que o compõe. Os docentes deveriam se reunir periodicamente para definir os objetivos formativos e as habilidades específicas do respectivo módulo, discutir os planejamentos das disciplinas e a avaliação das mesmas (Quadro 2).

Novos desafios e perspectivas para além de uma mudança de grade curricular

O presente Projeto Pedagógico teve sua implementação iniciada em 2014. Passados cinco anos, cabe verificar quais das perspectivas foram atingidas e quais necessitam ser reavaliadas. No entanto, dados objetivos necessários para avaliar as intenções expressas nos currículo sobre, por exemplo, tempo de titulação, matrículas em disciplinas optativas livres e eletivas, trânsito dos alunos entre os dois períodos, ainda não foram sistematizados.¹⁹ De qualquer forma, cabe aqui uma reflexão, mesmo que muito pessoal, sobre a proposta e seus objetivos que vão além da estrutura curricular e podem aqui ser apontados como necessários para os próximos passos da instituição, no sentido de aprimorar seu curso de graduação.

Por mais tempo e discussões que a elaboração de uma proposta curricular exija. Por mais embates e engajamento que isso possa provocar dentre os membros de uma instituição de Ensino Superior, mesmo que só em parte desses, o desafio da elaboração de uma proposta, em nossa opinião, não se compara aos desafios que podem exigir sua implementação, principalmente quando se necessita de revisão e modificação de culturas instaladas pela tradição. Culturas que levam a práticas, tanto por parte do corpo docente como por parte do corpo discente, que inevitavelmente são objetos de críticas durante um processo de reestruturação curricular. Assim, três aspectos aqui passam a ser abordados: a organização da estrutura curricular em módulos, o incentivo a um estudo mais contínuo por parte dos alunos e os métodos de ensino aplicados em aulas. Os dois primeiros foram de certa forma abordados e contemplados na proposta, o último ainda não, e ainda não foi atacado de forma institucional, embora no âmbito individual alguns docentes podem ter se dedicado a essa questão.

A organização das diferentes disciplinas do núcleo básico em módulos ficou longe de ser efetivamente implementada. Nos primeiros dois anos foram feitos esforços principalmente na organização do Módulo I que levou à organização conceitual já descrita acima. Nos demais módulos as tentativas foram

Quadro 2 – Organização das disciplinas básicas do curso de Bacharelado em módulos

| | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Módulo I: Fundamentos da Química | Os conceitos fundamentais são apresentados ao longo do primeiro ano de forma qualitativa, sem um formalismo matemático ou teórico profundo. São as disciplinas introdutórias ao curso e ao conhecimento químico. São tratadas nos primeiros semestres do curso, introduzem o aluno na linguagem química e constituem a base de conteúdos que serão aprofundados nas etapas seguintes. O tempo de dedicação ao conteúdo destas disciplinas deve ser suficiente para permitir que o aluno domine o mesmo e tenha clareza quanto a sua importância. | Química Geral I; Fundamentos da Química Experimental; Química Geral II; Química Analítica I e Introdução à Bioquímica. |
| Módulo II: Ciências complementares | São as disciplinas de Matemática e Física necessária para a formação básica de qualquer químico uma vez que são básicos para o domínio de conteúdos químicos mais avançados. | Cálculo I para Química; Cálculo II para Química; Cálculo III para Química; Álgebra Linear; Laboratório de Física; Física I; Física III; Física IV e Noções de Estatística. |
| Módulo III: Conteúdos básicos | Neste módulo o conhecimento químico começa a ser abordado nas áreas tradicionais da química. As disciplinas formam a base de um conhecimento químico mais especializado. | Estrutura e Propriedades de Compostos Orgânicos; Química Inorgânica I: Química dos Elementos; Físico Química I; Química Analítica II e Bioquímica Metabólica. |
| Módulo IV: Conteúdos específicos | Este módulo complementa o anterior, aprofundando os conhecimentos de cada especialidade química. | Físico Química II; Reatividade de Compostos Orgânicos; Biologia Molecular; Química Analítica III; Físico Química III; Espectroscopia e Química Inorgânica II: Química de Coordenação. |
| Módulo IV: Formação em Química Experimental | A experimentação é uma atividade fundamental na formação do químico. Este módulo composto por disciplinas eminentemente experimentais que tratam de aspectos correlacionados a medidas de propriedade químicas, síntese e análise de compostos químicos. | Bioquímica Experimental; Físico Química Experimental; Química Orgânica Experimental; Química Experimental Avançada e Introdução à Tecnologia ou à Pesquisa Científica I. |

incipientes e até mesmo frustrantes. A falta de uma cultura institucional de avaliação e planejamento conjunto do ensino está, em nossa opinião, como fator principal que dificulta uma coordenação efetiva entre disciplinas paralelas e não subsequentes.²⁰ No Ensino Superior o planejamento pedagógico ocorre num nível individual ou dentro da equipe que compõe uma mesma disciplina. Não há tradição de um planejamento mais amplo.

Uma das inovações tentadas na presente reforma curricular foi a de associar a cada disciplina uma carga horária em horas atividade com o objetivo de indicar aos alunos a necessidade de um estudo contínuo de cada componente curricular. Tradicionalmente os alunos assistem a aulas, fazem anotações durante elas, mas dedicam maior tempo aos seus estudos nas épocas que antecedem provas e exames. Isso não parece, a nosso ver, tão efetivo quanto um estudo mais contínuo dado que o aprendizado demanda tempo, não ocorre de uma única vez, exige tempo e recursividade. Muitas vezes os professores indicam uma extensa bibliografia no primeiro dia de aula. Algumas vezes entregam de imediato longas listas de questões para estudo para servirem aos alunos ao longo do semestre; outras, entregam listas ao longo do curso. Seriam tão efetivas tais estratégias? Dariam conta os alunos da bibliografia composta até por centenas de páginas e dezenas de questões?

O Ensino Médio brasileiro está largamente baseado em sistemas de ensino apostilados, com um conteúdo resumido e questões-padrão. Seriam os egressos desses sistemas capazes de lidar sozinhos e sem orientação com a quantidade de informação a que são de imediato submetidos? A quantidade de textos? É possível que um aluno ingressante na Universidade, mesmo oriundo de caros colégios, nunca tenha aberto um livro-texto de qualquer disciplina! E é agora que ele terá contato com extensas obras de referência, verdadeiros compêndios que, mesmo com preocupação didática típica de um texto de ensino universitário, devem ter suas centenas de páginas vencidas nas apenas quinze semanas que compõem um semestre letivo. Vale também contar a heterogeneidade da educação básica brasileira e do abismo entre a escola pública e privada, que implica heterogeneidade entre o corpo discente e importantes lacunas no conhecimento de muitos alunos.²¹ É preciso que os docentes universitários tomem consciência de tal realidade sobre o Ensino Médio. Do contrário, corremos o risco de cair em respostas simplistas sobre possíveis fracassos escolares de nossos alunos, como simples falta de dedicação desses quando a dedicação pode simplesmente estar mal direcionada.

Nesse cenário algumas iniciativas, até mesmo simples, podem ser efetivas principalmente para as disciplinas do primeiro e talvez também do segundo ano do curso. Tais medidas teriam por objetivo orientar os alunos, promover experiências de estudo na expectativa de desenvolver autonomia e atitudes mais proativas perante seus próprios estudos e seu próprio aprendizado. Algo que também leva tempo.

Dentre tais iniciativas por parte dos docentes podemos destacar a de definir claramente os objetivos instrucionais para cada tópico abordado, indicando o que se espera que o aluno seja capaz de fazer.²² Indicar claramente uma bibliografia a ser estudada o que implica selecionar partes mais fundamentais dos textos didáticos. Além de selecionar tais textos seria interessante dirigir os estudos dos alunos através de guias de estudo ou estudos dirigidos (Bordenave; Pereira, 2005) que chamem a atenção para o que é mais importante, que tragam problemas e questões que exijam por parte dos alunos tanto fazer uma análise do conteúdo, dos conceitos e procedimentos envolvidos como de fazer sínteses do material estudado. Não cabe aqui aprofundar e descrever com detalhes tais questões, mas afirmar que é preciso e urgente mudar a cultura de estudos e, conseqüentemente, as práticas de nossos alunos, mas a maioria deles pode não conseguir mudar essa cultura sozinhos e sem orientação pode até levar muito tempo nisso. Seria tão custoso tentar orientar e acelerar esse processo?

No caso da proposta curricular aqui apresentada, é importante que tais atividades levem em conta o tempo de duas horas semanais já previstas na própria grade curricular. Não é muito tempo quando se leva em conta uma única disciplina e o professor não pode se esquecer de que o aluno tem outras tantas no mesmo semestre. No entanto, não há dúvidas da necessidade e dos possíveis benefícios que um estudo contínuo seria capaz de promover no aprendizado.

Por fim, quanto às estratégias didáticas para o Ensino Superior, há sem dúvida muito a ser discutido e aprofundado que ultrapassa os objetivos aqui colocados. Certamente, a implementação dessas estratégias concorre também para desenvolver a autonomia do estudante.

Muitas propostas têm sido apresentadas na literatura, que vão desde aquelas que exigem uma total mudança na organização curricular, como os currículos baseados em PBL (*problem based learning*), quanto a propostas mais restritas como aquelas que propõem o método de sala de aula invertida (*flipped classroom*), onde o aluno deve estudar o conteúdo da disciplina antes da aula (Bergmann; Sams, 2018; Seery, 2015). Muitas propostas se baseiam em utilizar o próprio período de aulas para diminuir o tempo dedicado à exposição do conteúdo pelo professor e incluir atividades em que os alunos possam trabalhar em pequenos grupos com o objetivo de resolver problemas relevantes. O próprio IQUSP tem uma experiência significativa de um método de ensino ativo que é aplicado há décadas em parte das disciplinas de bioquímica oferecidas para diversos cursos da capital (Cicuto; Torres, 2016). De uma maneira geral, o que essas propostas de ensino procuram é inverter o foco da tradicional aula expositiva, largamente presente em cursos superiores, do processo de ensino (centrado no professor) para o processo de aprendizado (centrado no aluno). Essas mudanças são verdadeiras mudanças paradigmáticas no ensino de graduação. Devem ser consideradas não apenas no âmbito do trabalho individual de cada docente, mas devem ser verdadeiramente incentivadas pela instituição.²³

Conclusão

Qualquer processo de mudança curricular exige reflexão, discussão e engajamento institucional. É preciso avaliar de onde se vem, quais as características da instituição, seus pontos fortes, suas tradições e experiências, para não se propor algo inatingível e inviável. É também preciso ter um diagnóstico do que falta, do que não vai bem, do que a comunidade docente e discente aponta como desejos. Os princípios definidos devem ser traduzidos na estrutura curricular e nas ações para sua implementação. No processo aqui relatado o valor que principalmente emergiu foi o da liberdade de escolha acadêmica por parte do aluno, tanto com relação à escolha profissional quanto com relação ao seu percurso formativo. Também o do oferecimento de um curso de graduação mais flexível com a possibilidade de atender diferentes desejos e perspectivas dos alunos. A flexibilidade de escolha e a possibilidade que essa fosse feita ao longo da graduação foi um valor central no desenvolvimento da proposta.

Um currículo também não se realiza isolado no âmbito interno da instituição. Ocorre numa sociedade com suas contradições e desafios. Nesse sentido, a escolha pela flexibilidade curricular sempre se debateu com as exigências postas pelas diretrizes curriculares vigentes. Desde as antigas e, em nossa opinião, obtusas diretrizes colocadas pelo Conselho Federal de Química (CFQ, 1975) como as mais novas diretrizes, principalmente as para a formação de professores (Brasil, 2015; São Paulo, 2017), que embora possam ser largamente justificadas foram e ainda são mais restritivas. Sem dúvida, aqui ocorre o embate de uma instituição de pesquisa de uma área básica do conhecimento científico com a tradição de Ensino Superior brasileira deveras profissionalizante.

Ajustes que visam o aprimoramento da proposta são sempre necessários. O processo não termina, é contínuo e exige observação e revisão constantes. No entanto, uma mudança curricular não pode se limitar a uma nova grade curricular. Deve ensejar mudanças que são de natureza cultural, muitas vezes implícitas. Tais mudanças são em si o maior desafio. Práticas de ensino que estejam afinadas com o princípio de um desenvolvimento da autonomia do estudante, que tirem o foco do ensino e o passem para o aprendizado constituem a questão de maior relevância para o momento. Ultrapassar a dimensão da ação docente individual, atuando de forma dedicada mas preso à percepção restrita de sua disciplina para a atuação mais institucional, que nunca perca de vista o todo do curso e a complexidade da formação universitária, é, provavelmente, o caminho necessário.

Notas

- 1 Outras áreas da USP apresentam a mesma característica. Um exemplo próximo da área de ciências da natureza é o curso de Ciências Biológicas do Instituto de Biociências. Já outros cursos como os de Bacharelado e Licenciatura em Física e mesmo os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Química de Ribeirão Preto são divididos em carreiras distintas e, conseqüentemente, escolhas definidas na inscrição para o vestibular. Não

nos cabe aqui uma discussão geral de qual é o melhor modelo. Mais do que refletir diferentes concepções formativas, em especial para o professor, acreditamos que tal diversidade reflete diferentes características e necessidades locais.

- 2 Ressalta-se aqui que a escolha pela dupla titulação implica um significativo aumento no tempo para término da graduação necessário para a integralização das disciplinas específicas.
- 3 São emitidos apenas dois diplomas correspondentes aos dois títulos profissionais, o de Bacharel em Química e o de Licenciado em Química. As opções que complementam o bacharelado são certificadas por meio de documento emitido a parte. O diploma de bacharel permite ao egresso obter o registro profissional de químico junto ao Conselho Regional de Química e o certificado das Atribuições Tecnológicas permite o registro profissional de químico industrial.
- 4 Embora não tenhamos aqui números consolidados, não é raro um bacharel formado no IQUSP retornar à graduação para completar a Licenciatura. Tal fato tem nos indicado que, muitas vezes, a escolha pela docência se dá em um momento de maior maturidade e experiência profissional.
- 5 Tal modelo era predominante no passado e ficou conhecido com 3+1. Aqui há um desafio para a montagem da grade horária. Um curso de Química exige conhecimentos básicos de matemática e física que, via de regra, são pré-requisitos para o aluno compreender os conteúdos da sub-área de físico-química, que por sua vez apresentam muitas das bases teóricas para a compreensão de outras sub-áreas da química. Assim, essas disciplinas precisam ser abordadas invariavelmente na primeira metade do curso. O que torna, para a química em especial, um grande desafio romper com a tradição do modelo 3+1. Não é raro encontrar cursos de Licenciatura em Química onde a opção foi tratar mesmo de conhecimentos básicos nos últimos semestres. Para um curso de Licenciatura pura isso pode não ser um grande problema, mas para a nossa realidade foi um grande desafio.
- 6 Não cabe aqui apresentar com detalhes o projeto pedagógico muito menos a grade curricular dos cursos. Uma informação mais detalhada dos mesmos pode ser encontrada em: <http://www3.iq.usp.br/paginas_view.php?idPagina=85>, acesso em: 17 set. 2018.
- 7 Uma ação tomada logo no início da implementação foi colocar na grade horária entregue aos alunos do 1º ano além do horário das aulas um horário destinado aos estudos das disciplinas especificamente. Para o curso integral as aulas foram distribuídas ao longo de todos os dias, de maneira que os alunos entendessem que o curso é realmente integral e não, por exemplo, matutino, caso as aulas fossem distribuídas ao longo da manhã. Para os anos subsequentes essa estratégia já não foi adotada, uma vez que também é desejável que o aluno tenha tempo para estágios, sejam de iniciação científica dentro da universidade, sejam no setor produtivo. No período noturno, como isso não é possível, foi indicado que os tempos para estudos deveriam se concentrar aos sábados ou no contra turno, caso possível.
- 8 Um egresso do curso de graduação do IQUSP que venha a se matricular no programa de pós-graduação em Química não poderá cursar a disciplina correspondente àquela já cursada na graduação.
- 9 Não são aceitas como disciplinas eletivas para o bacharel aquelas obrigatórias da licenciatura. Isso foi feito para que o curso de Bacharelado tivesse também uma identidade específica. No entanto, os alunos têm se queixado do tamanho da carga horária ne-

cessária para a obtenção dos dois títulos e apontado isto como uma razão de grande dificuldade encontrada para completar a licenciatura.

- 10 Uma importante ação para facilitar a matrícula dos alunos em disciplinas dessa natureza foi um acordo firmando entre os Institutos de Química, de Física, de Matemática e Estatística e de Astronomia e Geofísica para que boa parte das disciplinas obrigatórias de seus cursos tenha uma pequena parte de suas vagas oferecidas como optativas livres para os demais. Tal iniciativa deveria ser ampliada com outras unidades e deveria até se tornar uma política de graduação mais ampla na universidade.
- 11 Nem todas as disciplinas do núcleo básico do bacharelado compõem o núcleo básico da licenciatura tendo em vista as exigências específicas para esta última. No entanto, é facultado ao aluno cursar tais disciplinas como optativas livres.
- 12 Há uma diferença entre o núcleo básico de conhecimentos químicos para o curso de Bacharelado e o de Licenciatura. Sete disciplinas obrigatórias para o primeiro, as de conteúdo químico mais avançados, não são obrigatórias para o segundo (Química Analítica III, Biologia Molecular, Bioquímica Experimental, Físico-química III, Espectroscopia, Química Inorgânica II e Iniciação Científica). É questionável se o conhecimento abordado nessas disciplinas não seria importante para a formação de um professor. Em nossa opinião, sim, em boa parte desse conteúdo. No entanto, as crescentes exigências específicas para a formação de professores já citadas impedem que a formação do professor se acrescente à formação do bacharel. Escolhas devem ser feitas e lacunas precisam ser assumidas em prol de novas demandas que também se justificam.
- 13 Tradicionalmente no IQUSP esse conteúdo era todo abordado em um único semestre dividido em duas disciplinas diferentes, em que uma tratava da estrutura atômico-molecular da matéria, enquanto outra tratava de aspectos gerais das reações químicas. Era essa a organização vigente no curso do período integral. No curso do período noturno foi essa mesma a organização vigente na sua criação em 2003. No entanto, a adaptação curricular feita em 2009 já adotou a proposta aqui apresentada tendo em vista as dificuldades percebidas já naquela época.
- 14 Não há espaço aqui para aprofundar essa questão. No entanto, ela não pode mais ser desconsiderada pela Universidade pública brasileira, principalmente tendo em vista a triste heterogeneidade da educação básica brasileira e os esforços que a própria Universidade tem feito para se tornar mais inclusiva.
- 15 Ver texto sobre a BNCC neste volume.
- 16 Não cabe aqui entrar em detalhes, mas uma alteração digna de nota foi na área de físico-química que já tinha seu conteúdo trabalhado em três disciplinas teóricas e uma disciplina experimental, todas com 4 horas/semana. O conteúdo referente a termodinâmica continuou sendo tratado na primeira disciplina onde foi agregado o conteúdo de eletroquímica. Já o conteúdo de química quântica, que sempre foi tratado na última disciplina teórica, passou para Físico-química II. A terceira e última disciplina teórica passou a apresentar uma breve introdução à termodinâmica estatística, teoria do estado de transição e mecanismos de reação e química de coloides e superfícies. Todo o conteúdo básico de cinética química passou a ser abordado na Química Geral II e não é repetido nas disciplinas de Físico-química.
- 17 Um ajuste na ementa da disciplina Físico-química III mencionado na nota anterior é um exemplo disso.

- 18 No curso integral antes da reforma chegou-se a adotar o conceito de requisito-fraco, onde o aluno poderia se matricular em uma disciplina se tivesse cursado a disciplina requisito e tido nota superior ou igual a 3, o que não o aprova (a média mínima de aprovação é 5) mas o habilita para uma segunda avaliação (recuperação). Tal processo promoveu inconvenientes como o de ter alunos próximos à formatura devendo disciplinas de 1º ou 2º ano.
- 19 O tempo mínimo de conclusão para os ingressantes no curso integral se encerrou em 2017, enquanto para o período noturno se encerra neste ano de 2018. Dos 61 ingressantes no período integral, apenas 5 terminaram o bacharelado em 2017, e 1 completou também a habilitação em Química Tecnológica.
- 20 É comum docentes de disciplinas subsequentes trocarem informações sobre o que foi ou não tratado em cada uma de suas disciplinas. O que se desejava aqui era uma coordenação mais horizontal.
- 21 Os rumos a que tomaram a Base Nacional Comum Curricular, em especial no tocante ao conteúdo de Ciências e, sem dúvida em Química, devem aprofundar ainda mais estes problemas, não sendo em nada animador o futuro que se avizinha.
- 22 Tal iniciativa tem também implicações para o processo de avaliação, uma vez que sendo claro para professor e aluno o que se espera, tem-se claro o que os exames devem cobrar.
- 23 No IQUSP foi criado neste ano o Grupo de Apoio Pedagógico (GAP) do qual este autor faz parte. Essa iniciativa, já existente em diversas unidades da USP, pode ajudar a catalisar as mudanças de estratégias de ensino.

Referências

- ATKINS, P.; JONES, L., *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*, 1a ed., Rio de Janeiro: LTC, 2018
- BORDENAVE, J. D.; E PEREIRA, A. M. *Estratégias de Ensino-Aprendizagem*. 26.ed. Petrópolis: Vozes, 2005. p.239.
- BRASIL, Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília. MEC/SEMTEC, 1999.
- BRASIL, Conselho Nacional de Educação. Câmara de Ensino Superior. *Resolução 1/02. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena*, Brasília CNE/CEE, 2002a.
- BRASIL, Conselho Nacional de Educação. Câmara de Ensino Superior. *Resolução 2/02. Institui a duração e a carga horária dos cursos de licenciatura, de graduação plena, de formação de professores da educação básica, em nível superior*, Brasília CNE/CEE, 2002b.
- BRASIL, Conselho Nacional de Educação. Câmara de Ensino Superior. *Resolução 2/2015. Define as diretrizes curriculares nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada*. Brasília CNE/CEE, 2015.

- BRASIL, Conselho Nacional de Educação. Secretaria de Educação Básica. *Base Curricular Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio*, Brasília CNE/CEB, 2018.
- BURROWS, A. et al. *Chemistry³: introducing inorganic, organic and physical chemistry*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- CICUTO, C. A. T.; TORRES, B. B. Implementing an Active Learning Environment To Influence Students' Motivation in Biochemistry, *Journal of Chemical Education*, v.93, p.1020-6, 2016
- CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA - CFQ, Resolução Ordinária n.1511 de 12.12.1975.
- SÃO PAULO, Conselho Estadual de Educação. DELIBERAÇÃO CEE n.157/2017.
- SEERY, M. K., Flipped learning in higher education chemistry: emerging trends and potential directions, *Chem. Educ. Res. Pract.*, v.16, n.4, p.758-68, 2015.
- FERREIRA, L. H.; KASSEBOEHMER, A. C., *Formação inicial de professores de química: a instituição formadora (re)pensando sua função social*. São Carlos: Pedro & João Editores, 2012.
- USP, Pró-Reitoria de Graduação, Comissão Permanente de Licenciaturas, *Programa de Formação de Professores*, 2004. Disponível em: <<http://www4.fe.usp.br/wp-content/uploads/programa-de-formacao-de-professores/programa-de-formacao-de-professores.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

RESUMO – O presente artigo descreve a mais recente estrutura curricular do curso de graduação em Química do Instituto de Química da USP. Mostra como a opção institucional pela formação de quadros profissionais para atender as demandas da pesquisa científica, do setor produtivo e da educação básica, aliada às características de um instituto de pesquisa e as experiências curriculares anteriores, levou à determinação de princípios que estruturam e organizam o currículo. Dentre tais princípios destacam-se: liberdade acadêmica do aluno na escolha de sua profissão e na definição de seu percurso formativo; uma base sólida de conhecimentos químicos e incentivo a estudos constantes. Por fim, aponta que uma alteração curricular não deve se resumir a uma mudança da grade de disciplinas. O próximo passo envolve uma mudança de cultura que coloca em foco um aprendizado mais ativo por parte do aluno.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino superior, Graduação, Currículo, Ensino de Química.

ABSTRACT – This article describes the most recent Chemistry undergraduate curriculum of USP's Institute of Chemistry. We point out how the institutional option for professional training to meet the demands of scientific research, the productive sector and basic education, allied to the characteristics of a research institute and previous curricular experiences, led to some principles that served to structure and organize the curriculum. Among these principles, the following stand out: academic freedom for students to choose their profession and define their formative route; a solid base of chemical knowledge and encouragement for constant studies. Finally, it points out that a curricular change should not be limited to changes in the courses offered. The next step involves a real culture change that focuses on a more active learning process.

KEYWORDS: Higher education, Undergraduate education, Curriculum, Chemistry teaching.

Flavio Antonio Maximiano é doutor em Química pelo Instituto de Química da USP, professor do Departamento de Química Fundamental onde atua na área de Ensino de Química. @ – famaxim@iq.usp.br.

Recebido em 24.9.2018 e aceito em 16.10.2018.

¹Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

A química no Vestibular Fuvest (1980-2018)

PAULO ALVES PORTO¹

Introdução

NESTE ARTIGO, procuramos analisar o programa de química do Vestibular Fuvest, que seleciona anualmente os candidatos ao ingresso na Universidade de São Paulo, por entendê-lo como um instrumento de política pública e, como tal, como um dos fatores a influenciar o currículo de química nas escolas de Ensino Médio. Evidentemente, não se trata de supervalorizar o programa do vestibular como determinante do que se realiza nas salas de aula, visto ser o currículo uma complexa construção social (Goodson, 1997). Porém, é possível considerá-lo como um dos componentes dessa construção, influenciando a seleção de conteúdos e as formas de abordá-los. Sendo um instrumento de seleção fundamentado na avaliação da aprendizagem escolar, o vestibular pode ser incluído entre os “testes de rendimento” sobre os quais Sousa (2003, p.187-8) observa:

A avaliação... tende a imprimir uma lógica e dinâmica organizacional nos sistemas de ensino... Quanto ao currículo, destaca-se sua possível conformação aos testes de rendimento aplicados aos alunos, que tendem a ser vistos como os delimitadores do conhecimento que “tem valor”, entendido o conhecimento como o conjunto de informações a serem assimiladas pelos alunos e passíveis de testagem.

Além disso, procuramos também relacionar o programa de química do Vestibular Fuvest com outros instrumentos de políticas públicas, de âmbitos estadual e federal. Sua articulação nesse contexto potencializa sua possível influência curricular, justificando a escolha da temática para estudo.

Ao abordar o programa de uma disciplina específica, voltada para o exame de seleção para ingresso na Universidade, nossa análise se volta para aspectos epistemológicos que são peculiares a essa disciplina. Um dos aspectos distintivos da química se relaciona ao papel desempenhado pelos modelos. Tanto a estrutura como a prática da química envolvem, de maneira marcante, a presença de modelos, com os quais os químicos procuram explicar os fenômenos e também planejam experimentos (Tomasi, 1999; Trindle, 1984). Nesse contexto, o modelo cinético de partículas encontra muitas aplicações. Isso se relaciona ao fato de que a química se caracteriza por se estruturar sobre dois níveis ontológicos: o macroscópico, das substâncias que se apresentam aos nossos sentidos, e o sub-microscópico, das partículas como átomos, moléculas e íons (Talanquer, 2011;

Gilbert; Treagust, 2010). Para explicar os fenômenos observados no nível macroscópico, os químicos criam construtos teóricos e linguísticos para representar o nível submicroscópico e as relações entre os dois níveis (Souza, 2012). Por esse motivo, um dos objetivos do ensino de Química tem sido propiciar que os estudantes compreendam a natureza e o papel dos modelos em química, bem como se tornem capazes de utilizá-los para a compreensão dos fenômenos químicos. Justi (2010, p.218) argumenta que os estudantes

[...] devem desenvolver habilidades de transitar entre diferentes modos de representação e compreender as vantagens e limitações de cada um deles em contextos diferentes. Isso está claramente relacionado com o desenvolvimento da capacidade de visualização. Os professores devem lidar com esse aspecto por meio do ensino direto ou de abordagens indiretas (nas quais os estudantes usam/produzem modelos a partir de diferentes modos de representação, percebendo, assim, as vantagens e limitações de cada um deles).

Por outro lado, a química não se limita a identificar e caracterizar as partículas do mundo submicroscópico. Fundamentalmente, a química se ocupa das relações entre elas, ou seja, de suas interações e das transformações que daí podem resultar. Assim, outro aspecto característico da química é sua natureza relacional, que perpassa seus conceitos, métodos, esquemas de classificação e linguagem (Bernal; Daza, 2010). Além disso, o caráter fortemente experimental (Chamizo, 2013; Schummer, 1997) e sua presença quase ubíqua em aplicações no cotidiano e no sistema produtivo (Hoffmann, 2007; Knight, 1992) são atributos da química com presença destacada também no discurso dos educadores da área (Silva et al., 2010; Bennett; Holman, 2002).

Tendo isso em vista, interessa-nos investigar como se manifestam alguns aspectos epistemológicos selecionados, característicos do conhecimento químico, nos programas e nas questões dos exames vestibulares da Fuvest no período compreendido entre 1980 e 2018. Este estudo se volta para os critérios analíticos ou relacionais que orientam a seleção e organização dos conteúdos; as relações sugeridas entre os níveis ontológicos, macroscópico e submicroscópico; o uso de modelos de partículas para explicação dessas relações; a experimentação e a contextualização do conhecimento químico. Partimos da premissa que, dada a centralidade desses aspectos no âmbito da química e de seu ensino, é possível identificá-los nos programas e provas de química do vestibular. Dessa forma, buscamos delinear uma evolução temporal da abordagem desses aspectos no *corpus* analisado, a qual pode contribuir para reflexões de educadores em química a respeito do ensino e da avaliação da aprendizagem dessa disciplina escolar.

Aspectos metodológicos

O *corpus* de análise foi constituído pelos programas de química do Vestibular Fuvest de 1980 a 2018, e pelas provas de química da primeira e da segunda fases, de 1977 a 2018. Os programas foram obtidos no acervo disponibilizado

no *site* da Fuvest,¹ no qual não constam apenas os programas dos vestibulares dos anos 1977 a 1979, que por esse motivo não puderam ser incluídos na presente análise. Nesse mesmo acervo virtual estão disponíveis as provas dos vestibulares de 1997 a 2018, em acesso aberto. As provas de química não disponíveis no *site* da Fuvest (de 1977 a 1996) foram obtidas no *site* sotaodaquimica,² que se constitui em um repositório de vestibulares de química de várias instituições (como Unicamp, ITA, Enem), além de outras informações sobre química para vestibulandos. Esse material foi reunido por uma professora que se apresenta apenas como “Sonia”, não havendo outras informações sobre a responsável pelo *site*.

Os programas disponíveis foram comparados ano a ano, tendo sido possível caracterizar seis programas diferentes ao longo do tempo. Tais programas foram, em seguida, analisados com respeito a aspectos epistemológicos característicos da química, referidos na Introdução, e também critérios de natureza didática, a saber: seleção e organização de conteúdos guiadas por critérios analíticos ou relacionais; inserção e retirada de conteúdos de um programa para outro; organização relativa de conteúdos referentes aos níveis macroscópico e submicroscópico; relação com diretrizes curriculares estaduais e federais.

Paralelamente, a análise das provas foi feita buscando a identificação de questões que abordassem a representação de modelos de partículas, a fim de caracterizar que tipos de habilidades e conhecimentos foram avaliados ao longo do tempo a respeito de modelos em química. Também se procurou situar a experimentação e contextualização do conhecimento químico, presentes em questões selecionadas, em relação às tendências apontadas nos diferentes programas. Não se incluiu entre os objetivos da presente pesquisa fazer um levantamento quantitativo nem catalogação de conteúdos ou habilidades avaliados nas questões dos vestibulares; nosso olhar para as questões foi qualitativo, orientado pelos referenciais escolhidos, buscando situá-las como manifestações de diferentes aspectos dos programas e das tendências curriculares de cada período.

Resultados e discussão

Analisando os programas dos vestibulares Fuvest no período compreendido entre 1980 e 2018, observamos a existência de seis programas diferentes, aqui identificados com os números 1 a 6. Existem, porém, muito poucas diferenças entre os programas 1 e 2, entre os programas 3 e 4 e entre os programas 5 e 6. Assim sendo, optamos por agrupá-los, dois a dois, em *períodos* (identificados com os algarismos romanos I, II e III), que representam diferentes tendências para o programa de química (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação dos programas de química do Vestibular Fuvest em períodos

| Períodos | Programas | Vigência | Duração |
|----------|-----------|-----------|---------|
| I | 1 | 1980-1988 | 9 anos |
| | 2 | 1989-1990 | 2 anos |
| II | 3 | 1991 | 1 ano |
| | 4 | 1992-2001 | 10 anos |
| III | 5 | 2002 | 1 ano |
| | 6 | 2003-2018 | 16 anos |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar que, ao longo de 39 anos, houve poucos momentos de modificações significativas no programa de química do Vestibular Fuvest. O primeiro período se estendeu por 11 anos; o segundo, por outros 11; o terceiro período, que inclui o programa atual, já dura 17 anos. A seguir, caracterizamos e comentamos cada período, destacando as modificações mais expressivas em cada programa, incluindo questões que ilustram tendências dos vestibulares.

Período I, Programa 1 (1980-1988)

Nos primeiros anos do Vestibular Fuvest, o programa de química se caracterizou por seguir o modelo da racionalidade técnica, focalizando o conhecimento científico por si mesmo. O programa incluía tópicos que podem ser considerados como avançados em termos da complexidade dos conceitos e teorias envolvidos, tais como o modelo orbital para o átomo, hibridação e entropia. Outra característica do período é a apresentação da química descritiva (que abrange a exposição de ocorrência, propriedades físicas e químicas de substâncias e materiais, bem como suas aplicações – estando, portanto, mais associada a aspectos macroscópicos e ao sistema produtivo) como um tópico separado dos itens “teóricos”. Tal organização não favorece a integração dos conhecimentos, tampouco sua contextualização.

Nesse período, o programa esteve estruturado em dezessete itens principais (cada qual detalhado em subitens, não reproduzidos aqui), cujos descritores são listados a seguir:

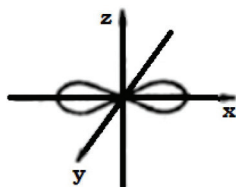
- 1 – Atividade científica;
- 2 – Substâncias puras;
- 3 – Estudo geral dos gases;
- 4 – Estudo geral dos líquidos e sólidos;
- 5 – Estrutura dos átomos;
- 6 – Tabela periódica;
- 7 – Ligação química;
- 8 – Reações químicas;

- 9 – Cinética química;
- 10 – Energia nas reações químicas;
- 11 – Reações reversíveis – aspectos gerais;
- 12 – Reações reversíveis – ácidos e bases;
- 13 – Reações reversíveis em sistemas heterogêneos;
- 14 – Óxido-redução;
- 15 – Química descritiva;
- 16 – Compostos de carbono;
- 17 – Principais funções orgânicas.

Observa-se uma abordagem “analítica” para a organização dos conteúdos nesse programa: os primeiros itens referem-se à caracterização de substâncias, de gases, de estrutura atômica e das ligações químicas, antecedendo os aspectos relacionais da química que constituem seu cerne (Tontini, 2004; Schummer, 1998), isto é, todos os itens relativos a reações químicas.

A contextualização estava praticamente ausente das questões dos primeiros vestibulares da Fuvest. Apresentamos como exemplo duas questões da prova de 1977, uma da primeira e uma da segunda fase, que requeriam a simples memorização de informações sobre o modelo atômico orbital:

Em um átomo, quantos elétrons podem ocupar o orbital p_z representado na figura?



- a) 2 ; b) 3 ; c) 4 ; d) 5 ; e) 6.

Questão 05. Que tipos de ligação “sigma” possui a molécula CH_3Cl ?

Nesse período, as raras vezes em que alguma referência externa ao contexto da própria ciência era feita tinham caráter apenas de curiosidade ou ilustração, como na questão a seguir, da primeira fase de 1978:

61. Bolinhas de naftalina ao serem colocadas em armários, com o decorrer do tempo, diminuem de tamanho. A causa desse comportamento deve-se ao fenômeno de

- a) condensação ; b) congelamento ; c) fusão ; d) sublimação ; e) liquefação.

O mesmo conhecimento foi avaliado na segunda fase do vestibular de 1985, com pouca variação:

Questão 05. Bolinhas de naftalina são usadas no combate às traças.

- a) Qual é o constituinte químico da naftalina?
- b) Por que a bolinha de naftalina diminui de tamanho com o passar do tempo?

Observa-se, ao longo desse primeiro período, um aumento gradual na frequência com que esse tipo de contextualização aparece nas questões de química. Na segunda fase do vestibular de 1987, uma questão proposta aos candidatos da “área de humanas” exemplifica a contextualização entendida como estudo científico de fenômenos do cotidiano – ainda que a situação apresentada no item **b** possa ser considerada, pelos padrões atuais, como inadequada para um cenário educacional:

Questão 16. Explique por que:

- a) os alimentos cozinham mais rapidamente nas “panelas de pressão”;
- b) o cigarro aceso é consumido mais rapidamente no momento em que se dá a “tragada”.

O item I dos programas desse período, “Atividade científica”, incluía entre seus subitens a “Interpretação de modelos”. Embora houvesse essa referência explícita no programa, as provas desse período pouco exploraram a manipulação visual de modelos de partículas para representar átomos e moléculas. Encontramos apenas uma questão em que se apresenta explicitamente um modelo concreto para representar partículas – ainda que não fosse por meio de um desenho – na segunda fase do vestibular de 1981:

Questão 02. São propriedades de qualquer substância no estado gasoso:

I – ocupar toda a capacidade do recipiente que a contém.

II – apresentar densidade bastante inferior à do líquido obtido pela sua condensação.

Para ilustrar essas propriedades, utilizou-se um liquidificador em cujo copo foram colocadas algumas esferas pequenas, leves e inquebráveis.

Explique como esse modelo pode ilustrar as propriedades I e II.

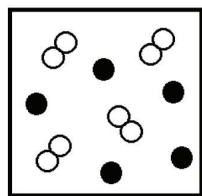
Observa-se que essa questão permite avaliar habilidades cognitivas de ordem superior, exigindo a visualização do modelo descrito e a tradução do modelo concreto como um análogo das partículas submicroscópicas. A explicação solicitada refere-se, porém, a propriedades físicas, e não químicas, das substâncias.

Período I, Programa 2 (1989-1990)

A estrutura em dezessete itens principais foi mantida no programa, com os mesmos descritores da versão anterior. Foram retirados, porém, os tópicos mais avançados (modelo orbital, hibridação, entropia), bem como radioatividade. O único acréscimo é uma isolada menção a “associação ao cotidiano” do tópico “estado coloidal”, contrastando com o restante do programa, em que a relação com o cotidiano não é explicitada. Pode-se considerar, assim, que este programa constitui um único período em conjunto com o programa anterior, dada a continuidade entre eles.

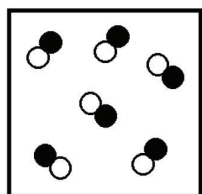
Com relação ao uso explícito de modelos de partículas, encontramos uma questão na segunda fase do vestibular de 1990 em que isso ocorre:

Questão 04. Um estudante fez os esquemas A e B abaixo, considerados errados pelo professor.



A: mistura dos gases nitrogênio e cloro nas condições ambientes

● N
○ Cl



B: amostra de brometo de potássio sólido.

● Br
○ K

- Faça a representação correta em A. Explique.
- Qual o erro cometido em B? Explique.

O item a dessa questão requer a memorização de uma informação (moléculas de gás nitrogênio são diatômicas, N_2) – além, é claro, da percepção de que a convenção adotada é de que cada círculo representa um átomo. Isso não desmerece o fato de que a questão exige a compreensão do modelo cinético de partículas, ainda que, mais uma vez, ele não esteja relacionado a propriedades químicas. Também chama a atenção a forma com que o enunciado foi redigido, com um juízo de valor bastante direto (“esquemas errados”). Em termos de indicação curricular, seria melhor a escolha de termos que apontassem para a ideia de que existem modelos mais adequados ou menos adequados para se representar e explicar determinados fenômenos – evitando que os estudantes do Ensino Médio desenvolvessem a ideia de que existem modelos “errados” e um único “modelo certo” para um dado fenômeno.

Período II, Programa 3 (1991)

O programa de química do Vestibular Fuvest experimentou em 1991 sua maior mudança, influenciada pela Proposta Curricular para o Ensino de Química do Estado de São Paulo, cuja primeira edição foi publicada em 1986 (São Paulo, 1986). Essa influência pode ser observada em um texto introdutório, delineando as características da prova, e que precede a listagem dos conteúdos. Logo no início desse texto se lê: “No estudo da Química são valorizados a experimentação, a História da Ciência e o cotidiano”. Esse texto introdutório foi ampliado no programa de 1992, e dele transcrevemos a seguir o primeiro parágrafo:

O estudo da Química visa à compreensão do conhecimento químico, do seu processo de elaboração, bem como de sua aplicação na sociedade. Para atingir tais objetivos, o ensino de Química valoriza a experimentação, a História da Ciência e o cotidiano, esperando que o aluno do 2º. grau incorpore os conteúdos sob perspectivas científicas, humanas e sociais.

Para comparação, transcrevemos também um trecho da referida Proposta Curricular, que deixa claro como esta serviu de base para o texto citado acima:

[...] o ensino de Química deverá visar à aprendizagem dos conceitos, princípios, teorias e leis desta ciência; à compreensão da natureza e processo de produção desse conhecimento, bem como a análise crítica de sua aplicação na sociedade... Propomos, assim, os seguintes princípios orientadores...

1 A experimentação...

2 A História da Ciência...

3 O cotidiano... (São Paulo, 1986, p.9-11)

A partir de 1991, o programa ganhou nova organização dos tópicos, valorizando a integração entre os níveis ontológicos macroscópico e submicroscópico da matéria. A ênfase do texto introdutório ao programa de química recaiu especialmente sobre a compreensão da ciência, ainda que houvesse menção às interações ciência-sociedade. Ao delinear o perfil desejado para o candidato, o texto afirmava: “considera-se importante que o aluno demonstre ser capaz de observar e descrever fenômenos, [e] formular modelos explicativos para os mesmos...”. Observa-se o destaque para o processo de modelagem, que possibilita a construção de “pontes” entre o nível macroscópico e o nível submicroscópico da matéria.

O final do texto introdutório fazia referência a como a química orgânica seria abordada nas provas; as características delineadas em seguida sugerem, porém, que seriam comuns a todas as questões:

No tocante à Química Orgânica, o estudante deve ter a capacidade de reconhecer as diferentes classes de compostos (funções). Não se exige memorização pura e simples de métodos de obtenção e reações características. As Comissões de Seleção formularão questões fornecendo os dados necessários sem enfatizar memorização, avaliando a capacidade do estudante manipular informações. Espera-se a compreensão de relações entre grandezas e não a retenção mnemônica de equações específicas.

No ano seguinte, essa parte do texto foi reescrita, com a omissão do trecho que menciona a não exigência de “memorização pura e simples”. Possivelmente, a intenção aqui foi de evitar mal-entendidos: afinal, alguma memorização é necessária, ainda que a intenção principal seja avaliar a compreensão.

Com a reformulação do programa, os conteúdos receberam uma nova organização, sendo estruturados agora em apenas sete itens principais (detalhados em subitens não reproduzidos aqui), cujos descritores são os seguintes:

- 1 – Transformações químicas;
- 2 – Utilização e propriedades dos materiais: aspectos científicos, tecnológicos e econômicos dos materiais;
- 3 – A água na Natureza;
- 4 – Dinâmica das transformações químicas;
- 5 – Energia nas transformações químicas;

6 – Transformações nucleares naturais e artificiais;

7 – Estudo dos compostos de carbono.

Essa nova organização, ao colocar o descritor “Transformações químicas” em primeiro lugar, apontava para a substituição da abordagem “analítica” anterior pela valorização dos aspectos relacionais. Os subitens que detalham esse item também sugerem uma sequência para sua abordagem didática: os aspectos macroscópicos (evidências de transformação química, leis ponderais) precedem os aspectos submicroscópicos (teoria atômica, natureza elétrica da matéria). Essa sequência já estava presente no material didático elaborado pelo Grupo de Pesquisa em Educação Química (GEPEQ) sediado no Instituto de Química da USP, e que iniciara suas atividades em 1984. Esse material viria a dar origem ao livro didático *Interações e Transformações – Química para o 2º Grau*, cuja primeira edição é de 1993. O projeto que levou à elaboração desse livro se fundamentava sobre teorias de aprendizagem de Piaget e de Ausubel, conforme explicado pelos autores em artigo publicado em 1992 (Bosquilha et al., 1992). Nesse artigo, os autores escreveram:

Além de proporcionar o desenvolvimento das operações lógico-empíricas de classificação, seriação e correspondência, o Projeto “Interações e Transformações – Química para o 2º. Grau” visa proporcionar ao aluno uma passagem gradativa do nível qualitativo para o nível quantitativo dos conceitos que já envolvem certo formalismo matemático. [...] [C]abe ressaltar que as interpretações dos fenômenos a nível microscópico, ou seja, a nível de comportamento de átomos e moléculas, que necessitam abstração, são precedidas de observações e análises de fenômenos a nível macroscópico, o que possibilita ao aluno o relacionamento entre fatos e teorias. (Bosquilha et al., 1992, p.358)

A ordem em que os conteúdos são apresentados no item “Transformações Químicas” no programa do vestibular Fuvest 1991 corresponde ao que seria uma organização curricular de acordo com esses princípios.

Observa-se que retornava ao programa de química, após dois anos de ausência, o tópico de “radioatividade”, incluindo “histórico da radioatividade”, bem como “problemas ambientais decorrentes” de seu emprego, subordinados ao item 6. Outro aspecto que chama a atenção nesse programa é a inserção de muitas menções a “aplicações práticas no cotidiano e no sistema produtivo”, explicitamente associadas aos seguintes conteúdos: ácidos, bases e sais; efeitos do soluto nas propriedades da água (*i.e.*, propriedades coligativas); estado coloidal; velocidade das transformações químicas; equilíbrio químico; transformações químicas e energia térmica; transformações químicas e energia elétrica; transformações nucleares. Ou seja, havia a preocupação de que os conceitos fundamentais da química fossem contextualizados – ainda que a forma de apresentação dos conteúdos no programa pudesse sugerir uma função apenas motivacional ou de aquisição de conhecimento de fatos e processos para essa contextualização.

Período II, Programa 4 (1992-2001)

Nesse período, o texto introdutório ao programa de química foi ligeiramente ampliado em relação à versão de 1991, fornecendo detalhes complementares sobre alguns aspectos. O novo texto explicitava que “Os modelos atômicos deverão restringir-se apenas aos clássicos, não incluindo, desta maneira, o modelo orbital”. Trata-se de um reconhecimento de que a química, no Ensino Médio, pode ser abordada por meio de modelos atômicos mais simples, não havendo a necessidade de fazer referência a teorias mais complexas que caracterizam os modelos atômicos contemporâneos.

Outro acréscimo ao texto introdutório é um comentário ao papel didático da tabela periódica dos elementos químicos: “A Tabela Periódica deve ser entendida como uma sistematização das propriedades físicas e químicas dos elementos e deste modo seu uso estará presente ao longo de todo o programa”. Esse comentário contém uma clara recomendação de que a tabela periódica não é uma lista de nomes, símbolos e valores numéricos que devem ser memorizados, mas um material de consulta que deve acompanhar todo o estudo da química. Como orientação curricular, essa observação é de fundamental relevância.

Curiosamente, foram retirados do programa os subitens que explicitavam “ligação iônica”, “ligação covalente”, “polaridade”, “forças intermoleculares”, bem como, no subitem “ácidos, bases e sais”, o tópico “propriedades, comportamento frente a indicadores, reações com metais”. Provavelmente, os elaboradores do programa entenderam que, ao incluir subitens como “metais”, “substâncias iônicas” e “substâncias covalentes”, os respectivos tipos de ligação química envolvidos estariam implícitos.

As mudanças no programa, ocorridas em 1991, começaram a se fazer sentir mais claramente nas questões das provas a partir do ano seguinte. Embora os conhecimentos avaliados na prova de 1992 não sejam muito diferentes daqueles do ano anterior, a preocupação em relacionar os conteúdos de química com o cotidiano e o sistema produtivo é visível nos enunciados. Das dez questões de química da primeira fase de 1992, oito fazem referência a algum aspecto do cotidiano (“bronze, gelo seco e diamante”; “mineral presente nos ossos e nos dentes”; “água de uso doméstico”; “aromatizante que tem o odor de rosas”; “paredes pintadas com cal extinta”; “moedas feitas com ligas de cobre”; “vinagre”; “sacos plásticos, capas de chuva, tomadas elétricas”). A partir de 1993, a mudança no perfil da prova de química se torna mais perceptível. Os enunciados curtos e diretos, característicos dos primeiros anos da Fuvest, se tornam mais longos, fornecendo contextos mais detalhados. Exemplo dessa tendência é o primeiro dos testes de química apresentado aos candidatos em 1993:

Holanda quer deixar de ser um País Baixo

Da “Reuter”

Cientistas estão pesquisando a viabilidade de se elevar o litoral holandês – que é muito baixo e há séculos vem sendo ameaçado por enchentes – atra-

vés da injeção de substâncias químicas na terra.

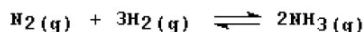
Os pesquisadores acreditam poder elevar o litoral injetando ácido sulfúrico numa camada de rocha calcárea 1,5 km abaixo da superfície. A reação química resultante produziria gipsita, que ocupa o dobro do espaço do calcáreo e que empurraria a superfície terrestre para cima. (Notícia publicada na Folha de S. Paulo, outubro de 1992)

Sabendo que a gipsita é CaSO_4 hidratado e que o calcáreo é CaCO_3 , a reação citada produz também

- a) H_2S ; b) CO_2 ; c) CH_4 ; d) SO_3 ; e) NH_3

O recurso a representações gráficas para modelos de partículas não é muito utilizado nas questões propostas nos vestibulares desse período, mas sua ocorrência é digna de nota. Nas duas questões apresentadas a seguir, os modelos de partículas são utilizados em representações que se referem a transformações químicas. A primeira é do vestibular de 1997, e a segunda, do vestibular de 2000:

K.39 - Em condições industrialmente apropriadas para se obter amônia, juntaram-se quantidades estequiométricas dos gases N_2 e H_2



Depois de alcançado o equilíbrio químico, uma amostra da fase gasosa poderia ser representada corretamente por:

Legenda:
 N ... ○
 H ... ●

V.65 - Em um artigo publicado em 1808, Gay-Lussac relatou que dois volumes de hidrogênio reagem com um volume de oxigênio, produzindo dois volumes de vapor de água (volumes medidos nas mesmas condições de pressão e temperatura).

Em outro artigo, publicado em 1811, Avogadro afirmou que volumes iguais, de quaisquer gases, sob as mesmas condições de pressão e temperatura, contêm o mesmo número de moléculas.

Dentre as representações abaixo, a que está de acordo com o exposto e com as fórmulas moleculares atuais do hidrogênio e do oxigênio é:

○ = hidrogênio ● = oxigênio

A questão de 1997 permite avaliar um aspecto fundamental do conceito de equilíbrio químico, que é a coexistência de reagentes e produtos no sistema após o estabelecimento do equilíbrio. O reconhecimento desse fato seria um indício importante da compreensão do conceito de equilíbrio – ainda que, por motivos óbvios, o desenho não permita avaliar outro aspecto essencial do conceito, que é seu caráter dinâmico. A questão de 2000 requer a manipulação do modelo, mas exige menos em termos cognitivos: essencialmente, requer a memorização das fórmulas moleculares do gás hidrogênio, do gás oxigênio e da água, a fim de identificar a representação que corresponde às fórmulas atuais.

Período III, Programa 5 (2002)

O texto introdutório ao programa de química para o ano de 2002 foi novamente ampliado, recebendo alguns acréscimos explicativos e um detalhamento maior para alguns aspectos. Embora boa parte do texto anterior seja mantida, o novo parágrafo inicial desloca sua ênfase para a formação cidadã do estudante do Ensino Médio:

A Química exerce um relevante papel no desenvolvimento científico, tecnológico, econômico e social do mundo moderno. Neste sentido, é de fundamental importância que o estudante do Ensino Médio compreenda as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de maneira a poder avaliar criticamente fatos do cotidiano e informações recebidas por diversas fontes de divulgação do conhecimento, tornando-se capaz de tomar decisões enquanto indivíduo e cidadão.

Assim, as diversas menções a “aplicações práticas” que constavam no programa anterior foram retiradas, pois essa ênfase agora ficava clara no texto introdutório. Pode-se considerar que essa orientação tenha sido decorrente da proposição de um “novo ensino médio”, definido na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional n.9394/96, e cujas características principais foram delineadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (Brasil, 1999). Esses documentos definiram uma nova identidade para o Ensino Médio, que fora se perdendo ao longo da década de 1970 com a não concretização das diretrizes que determinavam o caráter profissionalizante dessa etapa do ensino. Após a revogação da obrigatoriedade do Ensino Médio profissionalizante, pela Lei n.7044/82, houve uma perda de identidade desse nível de ensino, que em geral passou a ser visto apenas como uma etapa preparatória para o ingresso no ensino superior. A LDBEN e os PCNEM vieram definir o Ensino Médio como parte da educação básica, vinculada à prática social, possibilitando fundamentalmente uma formação voltada ao exercício da cidadania e ao fornecimento dos meios para futura inserção no mercado de trabalho e prosseguimento nos estudos posteriores. A menção à tomada de decisões e formação cidadã, inserida no programa de química do vestibular Fuvest 2002, reflete claramente essa orientação.

A experimentação ganhou um parágrafo explicativo próprio no texto introdutório ao programa de química, conferindo maior destaque a esse aspecto do que nas versões anteriores:

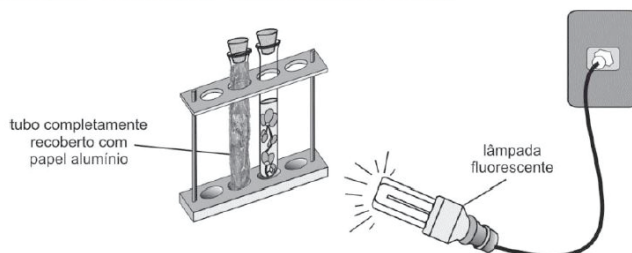
A experimentação, tanto a realizada em âmbito estrito de laboratório, como a realizada de maneira menos formal, mas sistematizada, no cotidiano, constitui aspecto fundamental do aprendizado da Química. Assim sendo, *todos os itens do programa poderão envolver experimentação científica.* (grifo nosso)

Observa-se, nesse trecho, um entendimento amplo a respeito da experimentação, abrangendo tanto práticas de laboratório quanto atividades realizadas fora dele. Em seguida, se explica o que se pretende avaliar em termos de habilidades relacionadas à experimentação:

Espera-se que o candidato tenha habilidades específicas, tais como registrar e analisar dados, organizá-los em tabelas e gráficos, reconhecer a finalidade de materiais de laboratório em montagens experimentais, propor materiais adequados para a realização de experimentos, além do conhecimento de aparelhagens de laboratório usadas em operações básicas como filtração, destilação e titulação.

Por um lado, o programa faz referência a habilidades que podem ser desenvolvidas no contexto escolar fora do ambiente de um laboratório (por exemplo, por meio de observações sistemáticas realizadas em casa ou na sala de aula, com materiais alternativos). Por outro, ao exigir conhecimento de materiais de laboratório e da construção de aparelhagens para determinadas operações, o programa sinaliza a necessidade de que o candidato tenha vivência em um laboratório minimamente equipado – o que não corresponde à realidade que muitas escolas oferecem a seus alunos, podendo-se constituir em um obstáculo para os candidatos oriundos dessas escolas. Também é interessante observar que muitos professores defendem o ensino tradicional justificando a necessidade de cobrir todo o programa do vestibular (ver, por exemplo, Leal e Mortimer, 2008, p.224-5) – mas o mesmo argumento não tem sido utilizado para defender a inclusão de atividades experimentais ou de laboratórios em condições de funcionamento nas escolas. Um exemplo de questão (retirada da prova do segundo dia da segunda fase do Vestibular Fuvest 2012, cujo programa manteve as referidas recomendações sobre a experimentação) em que se avalia uma habilidade relacionada ao planejamento de um experimento é o seguinte:

O experimento descrito a seguir foi planejado com o objetivo de demonstrar a influência da luz no processo de fotossíntese. Em dois tubos iguais, colocou-se o mesmo volume de água saturada com gás carbônico e, em cada um, um espécime de uma mesma planta aquática. Os dois tubos foram fechados com rolhas. Um dos tubos foi recoberto com papel alumínio e ambos foram expostos à luz produzida por uma lâmpada fluorescente (que não produz calor).



- a) Uma solução aquosa saturada com gás carbônico é ácida. Como deve variar o pH da solução no tubo **não recoberto** com papel alumínio, à medida que a planta realiza fotossíntese? Justifique sua resposta.

No tubo recoberto com papel alumínio, não se observou variação de pH durante o experimento.

- b) Em termos de planejamento experimental, explique por que é necessário utilizar o tubo recoberto com papel alumínio, o qual evita que um dos espécimes receba luz.

Observa-se que, para responder o item **b** dessa questão, o candidato necessita estar familiarizado com o conceito de controle de variáveis, ou seja, o isolamento de uma variável (no caso, a luz), mantendo todas as outras iguais, para investigar sua influência sobre um fenômeno.

O discurso da aprendizagem de habilidades, presente nos PCNEM (Brasil, 1999), foi introduzido no programa, o que pode ser observado no trecho citado acima, a respeito da experimentação, e também na seguinte passagem, reformulada em relação ao texto anteriormente vigente: “As questões formuladas no vestibular conterão todos os dados necessários e avaliarão, principalmente, *habilidades de compreensão, interpretação e análise* das informações recebidas” (grifo nosso).

O texto introdutório ao programa de química de 2002 também deixou de fazer referência à história da ciência e, no corpo do programa, o item “histórico da radioatividade” foi omitido. Porém, a nova redação do item 1, “Transformações químicas” traz como um de seus subitens “Evolução do modelo atômico: do modelo corpuscular de Dalton ao modelo de Rutherford-Bohr”. A ideia de “evolução” do modelo não aparecia explicitamente nos programas anteriores, e nessa versão se apresenta como única remanescente da abordagem histórica valorizada como um dos pilares do tripé indicado para o ensino de química na Proposta Curricular do Estado de São Paulo em 1986 e incorporado ao programa do vestibular entre 1991 e 2001.

O programa de 2002 reafirmou a exclusão dos modelos mais modernos para o átomo, detalhando, mais que no programa anterior, o que não seria abordado no vestibular: “não incluindo os modelos quânticos (orbitais atômicos, moleculares e hibridização)”.

O programa manteve a estruturação anterior em sete itens, com os mesmos descritores – exceto para os itens 2 e 7, cujos descritores foram simplificados, respectivamente, para “Propriedades e utilização dos materiais” e “Compostos orgânicos”. O item que sofreu maior modificação foi o referente a “Transformações químicas”, cuja organização deixou de acompanhar a sequência sugerida no livro *Interações e Transformações*. Também chama a atenção a alteração sofrida pelo item 7, no qual as características gerais e as reações orgânicas encontram-se agora em subitens separados da “química orgânica no cotidiano”, e no programa anterior havia a preocupação de colocar lado a lado a fundamentação teórica e as aplicações práticas dos compostos orgânicos.

Período III, Programa 6 (2003-2018)

Esse período abrange o maior intervalo de vigência sem modificações de um programa de química para o vestibular. Em relação ao programa de 2002, a única modificação a partir de 2003 foi a introdução de pequenos textos antecedendo cada um dos sete itens principais da lista de conteúdos. Pode-se observar que a extensão e as ênfases de cada um desses textos são desiguais. O texto mais longo é o que apresenta o item “A água na Natureza”. Sua intenção é clara: destacar a importância da contextualização do conhecimento químico e seu papel na formação cidadã do estudante, relacionando-o a temas de interesse social. O seguinte trecho ilustra isso:

O adensamento populacional e a expansão da atividade industrial vêm, de um lado, aumentando a demanda por água e, de outro, reduzindo sua oferta, este último fator ocorrendo em virtude da crescente poluição da água. Um tratamento mais sofisticado da água torna-se necessário e o tratamento de esgotos, imperativo. As propriedades da água, tais como sua capacidade de dissolver substâncias, seu calor de vaporização e seu calor específico, devem servir de base para o entendimento de sua importância na Terra e das medidas que podem ser tomadas para aumentar sua disponibilidade.

Outro texto que aponta nessa direção, ainda que de maneira bastante sucinta, é o que precede o item “Propriedades e utilização dos materiais”: “Espera-se o conhecimento de algumas substâncias importantes na economia do País, em termos da ocorrência das matérias-primas, da produção industrial, das propriedades, da utilização e do descarte dessas substâncias”. Em termos de conteúdos, chama a atenção na sequência desse mesmo texto o destaque dado às forças intermoleculares, um assunto que esteve ausente do programa do vestibular entre 1992 e 2001: “Interações intermoleculares *precisam ser reconhecidas como determinantes de propriedades físicas de substâncias*, tais como temperatura de ebulição e solubilidade” (grifo nosso). De fato, são conceitos importantes para a compreensão das relações entre os níveis submicroscópico e macroscópico da matéria, sendo curiosa sua ausência no Período II.

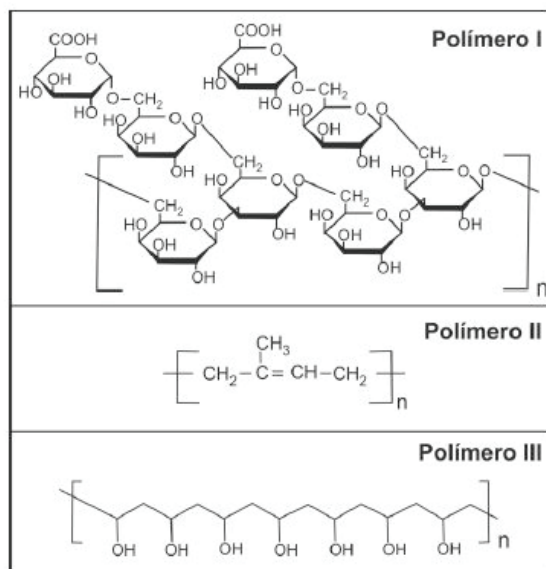
A contextualização é apresentada de maneira ainda mais tênue no item “Compostos orgânicos”:

Os compostos orgânicos ocupam posição privilegiada na Química, não só pelo fato de constituírem a maioria dos compostos conhecidos, mas também por sua importância para a vida e presença em nosso cotidiano, na forma de uma variedade de materiais com que temos contacto (*sic*).

Considerando as possibilidades para abordagem de conteúdos de química orgânica, essa indicação soa bastante tímida. Nos outros quatro itens, porém, os conteúdos são apresentados de maneira descontextualizada, com a ênfase deslocada para o conhecimento em si mesmo. O seguinte trecho, do item “Energia nas transformações químicas”, é ilustrativo: “é importante saber calcular a variação de entalpia numa transformação química a partir de entalpias de formação, entalpias de combustão ou de variações de entalpia em outras reações, bem como a partir de energias de ligação”. Nesse trecho, como nos demais, se menciona a importância de saber conceitos ou fazer cálculos, sem qualquer justificativa de *por quê* são importantes, ou de quais aspectos da realidade são mais bem entendidos por meio desses conceitos. Vale destacar que esse item abrange também conteúdos como pilhas e eletrólise, que ensejam evidentes conexões com aspectos do cotidiano e do sistema produtivo. O texto mais sucinto é aquele que apresenta o item “Transformações nucleares naturais e artificiais”, e praticamente apenas parafraseia a lista de conteúdos que o sucede.

Nesse período, os enunciados das questões de química do vestibular tendem a ser mais longos, como consequência da tendência de fornecer alguma contextualização ao conhecimento que está sendo avaliado. A seguinte questão, presente no vestibular de 2013, exemplifica esses aspectos:

08 Um funcionário de uma empresa ficou encarregado de remover resíduos de diferentes polímeros que estavam aderidos a diversas peças. Após alguma investigação, o funcionário classificou as peças em três grupos, conforme o polímero aderido a cada uma. As fórmulas estruturais de cada um desses polímeros são as seguintes:



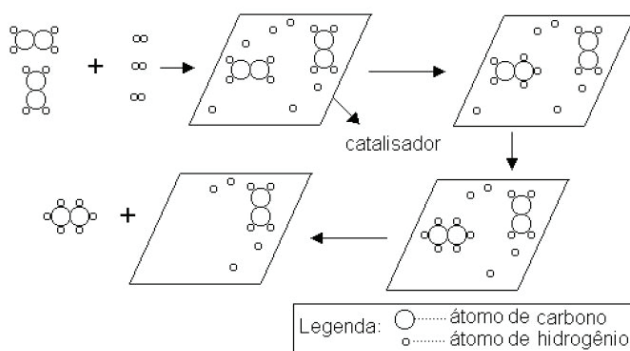
Para remover os resíduos de polímero das peças, o funcionário dispunha de apenas dois solventes: água e n-hexano. O funcionário analisou as fórmulas estruturais dos três polímeros e procurou fazer a correspondência entre cada polímero e o solvente mais adequado para solubilizá-lo. A alternativa que representa corretamente essa correspondência é:

| | Polímero I | Polímero II | Polímero III |
|----|------------|-------------|--------------|
| a) | água | n-hexano | água |
| b) | n-hexano | água | n-hexano |
| c) | n-hexano | água | água |
| d) | água | água | n-hexano |
| e) | água | n-hexano | n-hexano |

A questão procura relacionar o conhecimento de estruturas moleculares e de conceitos como polaridade e ligações intermoleculares com um problema prático, associado à observação de um fenômeno macroscópico.

Nesse período, questões envolvendo a representação do modelo de partículas foram frequentemente propostas. Destacamos aqui uma questão apresentada no vestibular de 2003, na qual uma sucessão de quadros procura representar o aspecto dinâmico de uma transformação química:

68 O esquema abaixo representa uma transformação química que ocorre na superfície de um catalisador.



Uma transformação química análoga é utilizada industrialmente para a obtenção de

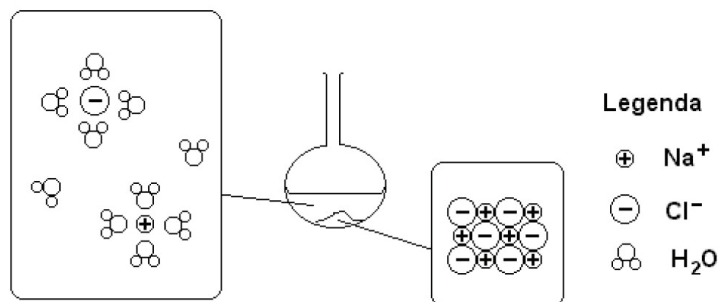
- polietileno a partir de etileno.
- celulose a partir de glicose.
- peróxido de hidrogênio a partir de água.
- margarina a partir de óleo vegetal.
- naftaleno a partir de benzeno.

A sequência de imagens ilustra o processo de rompimento e formação de novas ligações químicas nas moléculas adsorvidas na superfície de um catalisador. Sua resolução requer a decodificação dessa representação, e a aplicação do conceito ilustrado (reação de hidrogenação catalítica) em outra situação (no caso, o processo industrial de produção de margarina).

Outra questão que se destaca por sua elaboração, proposta na segunda fase desse mesmo ano, também recorre à representação do modelo cinético de partículas, incluindo seu caráter dinâmico:

Uma mistura constituída de 45 g de cloreto de sódio e 100 mL de água, contida em um balão e inicialmente a 20 °C, foi submetida à destilação simples, sob pressão de 700 mm Hg, até que fossem recolhidos 50 mL de destilado.

O esquema abaixo representa o conteúdo do balão de destilação, antes do aquecimento:



- De forma análoga à mostrada acima, represente a fase de vapor, durante a ebulição.

Essa questão combina aspectos da experimentação, ao abranger a prática de destilação, com a representação das partículas submicroscópicas constituintes das substâncias envolvidas no processo. O item a, reproduzido aqui, requer que

o candidato decodifique a representação e a reinterprete, propondo uma representação análoga para a fase de vapor resultante do aquecimento do sistema. Dessa forma, estão contemplados os aspectos dinâmicos e relacionais do processo: no interior do balão, coexiste o retículo cristalino do cloreto de sódio sólido e os íons dissociados e solvatados por moléculas de água; o candidato precisava representar a fase de vapor, no qual as moléculas de água estão afastadas entre si e não há íons. Nesse caso, a questão avalia a compreensão de aspectos fundamentais do conhecimento químico.

Considerações finais

Sendo de importância para a vida de milhares de jovens que, a cada ano, almejam o ingresso na Universidade de São Paulo, o Vestibular Fuvest opta por ser conservador, considerando que mudanças frequentes poderiam prejudicar o processo de preparação de seus candidatos. Esse caráter se manifesta também nos programas de química. Ao longo dos 39 anos analisados, houve apenas uma grande mudança do programa em 1991 (transição do Período I para o Período II) e outra, de menor extensão, em 2002 (transição do Período II para o Período III). As mudanças observadas são consequências das pesquisas e dos conhecimentos construídos na área de Ensino de Ciências, especialmente a partir da década de 1980, que encontraram manifestação também na Proposta Curricular para o Ensino de Química (São Paulo, 1986) e nos PCNEM (Brasil 1999). Uma futura alteração no programa de química do vestibular Fuvest talvez venha a se concretizar quando estiver em vigor a Base Nacional Comum Curricular, caso haja modificações relevantes em relação aos currículos atuais. Contudo, considerando o tumultuado processo que envolve a elaboração desse documento até a presente data, não há perspectiva de que essa alteração venha a ocorrer em breve.

As questões de química dos vestibulares Fuvest, por sua vez, se constituíram, ao longo do tempo, em um espaço dinâmico para a introdução gradual de diferentes formas de avaliação, a partir de novos objetivos delineados pelas tendências surgidas na área de ensino de ciências em geral, e de ensino de Química em particular. Decresceram as demandas por memorização de informações descontextualizadas; as questões de química passaram a ter enunciados mais longos, que requerem maiores habilidades de compreensão de texto; valorizou-se a interpretação de dados fornecidos na própria questão, na forma de gráficos, diagramas, arranjos experimentais etc., bem como a utilização de representações de partículas, em especial, para avaliar a compreensão a respeito das entidades submicroscópicas como modelos explicativos para os fenômenos macroscópicos. Assim sendo, considerando o vestibular como um dos fatores a contribuir para o complexo processo de construção curricular nas escolas, as transformações pelas quais o vestibular Fuvest passou nas últimas décadas sinalizaram tendências curriculares importantes, ao apontar para aspectos em sintonia com as pesquisas contemporâneas na área de ensino. Entretanto, as questões de vestibular se si-

tuam em um limitado espaço de manobra: a necessidade de concisão, os limites impostos pelo formato de testes de múltipla escolha e, mais importante, a finalidade de se constituir em um exame de seleção (mais do que uma avaliação de aprendizagem) determinam restrições a seu alcance – e até mesmo podem gerar influências indesejadas no âmbito escolar. Cabe aos professores e professoras avaliar criticamente o vestibular e suas questões, em um necessário processo permanente de reflexão sobre os objetivos da educação básica e do ensino de sua própria disciplina.

Agradecimentos – O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) o auxílio à pesquisa (n.426519/2016) e a concessão de bolsa de produtividade em pesquisa (n.307652/2017-3).

Notas

1 Disponível em: <<http://acervo.fuvest.br/fuvest/>>.

2 Disponível em: <http://sotaodaquimica.com.br/crbst_3.html>.

Referências

- BENNETT, J.; HOLMAN, J. Context based Approaches to the Teaching of Chemistry: what are they and what are their effects? In: GILBERT, J. K. et al. (Ed.) *Chemical Education: Towards research based practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Press, 2002. p.165-84.
- BERNAL, A.; DAZA, E. E. On the Epistemological and Ontological Status of Chemical Relations. *Hyle – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v.16, n.2, p.80-103, 2010.
- BOSQUILHA, G. E. et al. Interações e Transformações no Ensino de Química. *Química Nova*, v.15, n.4, p.355-71, 1992.
- BRASIL – Ministério da Educação – Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.
- CHAMIZO, J. A. Technochemistry : One of the chemists' ways of knowing. *Foundations of Chemistry*, v.15, n.2, p.157-70, 2013.
- GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. *Multiple Representations in Chemical Education*. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2010.
- GOODSON, I. *A construção social do currículo*. Lisboa: Educa, 1997.
- HOFFMANN, R. *O mesmo e o não-mesmo*. Trad. R. L. Ferreira. São Paulo: Editora Unesp, 2007.
- JUSTI, R. Modelos e modelagem no ensino de química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.) *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. p.209-30.
- KNIGHT, D. *Ideas in chemistry*. New Brunswick, NJ (EUA): Rutgers University Press, 1992.

LEAL, M. C.; MORTIMER, E. F. Apropriação do discurso de inovação curricular em química por professores do Ensino Médio: perspectivas e tensões. *Ciência & Educação*, v.14, n.2, p.213-31, 2008.

SÃO PAULO (Estado) – Secretaria da Educação – Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta curricular para o ensino de Química: 2º grau*. São Paulo: SE/CENP, 1986.

SCHUMMER, J. Scientometric studies on chemistry II: aims and methods of producing new chemical substances. *Scientometrics*, v.39, n.1, p.125-40, 1997.

_____. The Chemical Core of Chemistry I - A Conceptual Approach. *Hyle – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v.4, p.129-62, 1998.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.) *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. p.231-61.

SOUZA, K. A. F. D. *Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX*. São Paulo, 2012. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

SOUSA, S. M. Z. L. Possíveis impactos das políticas de avaliação no currículo escolar. *Cadernos de Pesquisa*, n.119, p.175-90, jul. 2003.

TALANQUER, V. Macro, submicro and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, v.33, n.2, p.179-95, 2011.

TOMASI, J. Towards “Chemical Congruence” of the Models in Theoretical Chemistry. *Hyle – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v.5, n.2, p.79-115, 1999.

TONTINI, A. On the Limits of Chemical Knowledge. *Hyle – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v.10, n.1, p.23-46, 2004.

TRINDLE, C. The Hierarchy of Models in Chemistry. *Croatica Chemica Acta*, v.57, n.6, p.1231-45, 1984.

RESUMO – Este artigo propõe uma análise de aspectos epistemológicos e didáticos dos programas e de algumas questões de química do vestibular Fuvest, referentes ao período de 1980 a 2018. A análise se volta para os critérios que orientaram a seleção e organização dos conteúdos; as relações sugeridas entre os níveis macroscópico e submicroscópico da matéria; o uso de modelos de partículas para explicação dessas relações; a experimentação e a contextualização do conhecimento químico. Observou-se uma grande mudança do programa em 1991 e outra, de menor extensão, em 2002, as quais podem ser relacionadas a mudanças em diretrizes curriculares estaduais e federais. O processo aqui delineado, de incorporação ao vestibular de tendências originadas na pesquisa em ensino de ciências, pode ensejar reflexões úteis aos educadores em química.

PALAVRAS-CHAVE: Vestibular, Ensino de Química, Fuvest, Avaliação.

ABSTRACT – This paper proposes an analysis of epistemological and didactic aspects of Chemistry programs and of some Chemistry questions of the University of São Paulo admission exam (Fuvest) from 1980 to 2018. Our analysis focuses on the criteria guiding the selection and organization of contents; on the implied relationships between

the macroscopic and submicroscopic ontological levels of matter; on the use of particle models to explain such relationships; on experimentation and on the contextualization of chemical knowledge. There was a major change in the program in 1991 and a minor one in 2002, which may be related to changes in state and federal curriculum guidelines. The process outlined here, in which Science education research results influenced university admission exams, may lead to useful reflections for educators in chemistry.

KEYWORDS: University admission exam, Chemistry teaching, FUVEST, Evaluation.

Paulo Alves Porto é bacharel e licenciado em química pela Universidade de São Paulo, mestre e doutor em Comunicação e Semiótica pela PUC-SP, livre-docente na área de Ensino de Química pela USP, professor associado do Departamento de Química Fundamental IQ-USP. @ – palporto@iq.usp.br

Recebido em 24.9.2018 e aceito em 19.10.2018.

¹Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

As Ciências da Natureza nas 1^a e 2^a versões da Base Nacional Comum Curricular

MARIA EUNICE RIBEIRO MARCONDES¹

Introdução – justificativas para a elaboração da Base Nacional Comum Curricular

NESTE ARTIGO, apresento um breve relato da experiência que tive ao participar da equipe de assessores responsável pela elaboração da 1^a e da 2^a versões da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Essas versões foram construídas ao longo dos anos 2015 e 2016, até o *impeachment* da presidente Dilma Rousseff, quando o então secretário da Educação Básica do MEC¹ foi afastado, juntamente com outros membros de sua equipe. A comissão de assessores, bem como a de especialistas que participaram na elaboração das duas primeiras versões, foi desfeita. As propostas para o ensino das Ciências da Natureza foram concebidas tendo como base as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Básico (Brasil, 2013), considerando-se, portanto, os objetivos ali apresentados, como a formação básica para o exercício da cidadania, a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos presentes na sociedade contemporânea. A proposta para o Ensino Médio foi construída sob a égide da legislação da época, ou seja, foram considerados três anos de duração e a área das ciências da natureza constituída pelos três componentes curriculares: Física, Química e Biologia.

Embora a elaboração de uma base comum para a Educação Básica escolar brasileira tenha sido preconizada na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, formulada em 1996 (Brasil, 1996), a apresentação pública da primeira versão do documento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), provocou discussões sobre a validade, a exequibilidade e o processo de elaboração, entre outros aspectos, de uma base curricular comum para todo o estado brasileiro.

A LDB, em seu artigo 26 estabelece que:

Art. 26. Os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos. (Brasil, 2017, p.19)

Mais recentemente, nas Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica (Brasil, 2013, p.4), lançadas pelo MEC, afirma-se que a base nacional comum será “responsável por orientar a organização, articulação, o desenvolvimento e a avaliação das propostas pedagógicas de todas as redes de ensino brasileiras”. Ainda, no Plano Nacional da Educação, decênio 2014–2024, a BNCC faz parte das estratégias propostas para as metas de universalização do Ensino Fundamental e do atendimento escolar à população de 15 a 17 anos (metas 2 e 3, respectivamente).

Uma das discussões que se tem travado diz respeito à necessidade e propriedade de uma base curricular para um país continental como o nosso, com realidades diferentes, marcadas por diversidade cultural, social e econômica (Macedo, 2015) e ao interesse que grupos econômicos vêm demonstrando em apoiar uma base curricular de caráter nacional (Andrade et al., 2017). A expansão do Ensino Básico, nas últimas décadas, garantindo acesso à escola à maioria da população de 7 a 14 anos (Ensino Fundamental, 97,7% de crianças matriculadas em 2015²), aponta para um dos aspectos da democratização do ensino, a política de ampliação de oportunidades educativas (Azanha, 2004). Porém, a democratização entendida como acesso aos bens culturais ainda está a ser construída.

Como aponta Carvalho (2004, p.333):

[...] o direito cuja universalização se reivindica não é simplesmente o da matrícula em um estabelecimento escolar, mas o do acesso aos bens culturais públicos que nela deveriam difundir: conhecimentos, linguagens, expressões artísticas, práticas sociais e morais, enfim, o direito de um legado de realizações históricas às quais conferimos valor e das quais esperamos que as novas gerações se apoderem.

Se os problemas que temos de enfrentar são muitos para que se avance na qualidade da educação escolar para todos os estudantes, e são urgentes, a educação como igualdade de direito de todos aos bens culturais deve garantir tanto uma educação básica comum, sem que isso signifique a exclusão de uma educação que respeite as diferenças (Cury, 2005).

Uma base nacional comum curricular não significa uma padronização dos conhecimentos a serem tratados na escola, uma vez que cabe às unidades escolares a produção de seus projetos políticos pedagógicos, o que lhes garante apropriarem-se daquilo que é posto como comum de acordo com suas realidades e necessidades, integrando saberes universais com demandas locais, valorizando culturas e necessidades regionais. Assim, uma base nacional comum curricular pode contribuir para possibilitar o direito a aprendizagens a todos os estudantes de saberes que constituem nosso patrimônio cultural, e se possa avançar na qualidade da educação, tendo em vista as especificidades que caracterizam os diferentes contextos escolares de nosso país.

Os “Parâmetros Curriculares Nacionais” (PCN e PCN+, Brasil, 1999, 2002), documentos de cunho nacional, elaborados no final de década de 1990, pelo MEC, para o Ensino Fundamental e o Médio, já apresentavam diretrizes para a construção ou reelaboração das propostas curriculares das unidades escolares brasileiras. Esses documentos, embora criticados, quer pela organização por competências e habilidades, quer por apresentar um caráter prescritivo (Ricardo, 2010); tiveram influência marcante na concepção, elaboração ou reelaboração de muitas das propostas curriculares brasileiras (Galian, 2014).

No trabalho de elaboração da BNCC não se poderia deixar de considerar essas propostas curriculares, desenvolvidas nos últimos 20 anos, bem como as contribuições dos PCN.

A equipe de trabalho que formulou a 1ª e a 2ª versões da BNCC

Como um instrumento de gestão que proporcionasse subsídios para os projetos curriculares das escolas brasileiras, a BNCC deveria apresentar um conjunto de princípios e saberes, traduzidos em objetivos de aprendizagem para todas as áreas do conhecimento que faziam parte do Ensino Básico. Para tal empreendimento, formou-se um grupo de assessores, envolvendo professores das universidades das diversas regiões do país, responsável pela coordenação dos trabalhos de produção dos documentos específicos de cada área e das orientações gerais, desde a Educação Infantil até o Ensino Médio. Esse grupo reunia-se periodicamente sob a coordenação da Profa. Hilda Aparecida Linhares da Silva Micarello (UFJF). As decisões eram tomadas pelo grupo, de modo consensual, de maneira que, respeitando-se as especificidades de cada área e componente curricular, se tivessem princípios comuns que orientassem a construção da base curricular para cada componente disciplinar. A maioria dos integrantes havia participado de políticas públicas referentes a proposições curriculares, acumulava experiências de ensino nas licenciaturas das áreas respectivas, o envolvimento na pesquisa acadêmica em educação ou no ensino de uma dada área do conhecimento.

Juntamente com o grupo assessor, e coordenados por esse, constituíram-se grupos de especialistas, responsáveis pela construção dos documentos de cada componente curricular de cada etapa da escolaridade obrigatória. Esses grupos foram formados por professores e gestores das redes públicas municipal e estadual de todos os estados brasileiros e professores das universidades e institutos federais, envolvidos com pesquisa, ensino e extensão na área da Educação Básica. Essa composição assegurava a contribuição de conhecimentos advindos tanto de experiências práticas, do chão da escola, quanto de pesquisas em ensino em campos específicos das áreas e componentes curriculares descritos nas Diretrizes Curriculares Nacionais.

Destaco a composição da equipe de assessores da área das ciências da natureza, os professores Edenia Maria Ribeiro Amaral (UFRPE), Luiz Carlos de Menezes (IFUSP) e Rosane Meirelles (UERJ), além desta autora, tendo sido

contemplados os três componentes curriculares, Biologia, Física e Química, que fazem parte da referida área. O grupo de especialistas, por sua vez, foi formado por 20 professores, 9 das redes municipal e estadual de ensino e 11 das universidades públicas, de diversas regiões do país. Esse grupo se organizou em subgrupos de acordo com a etapa da escolaridade no ensino fundamental, e por disciplina, no Ensino Médio.³

O trabalho nesse grupo requereu o compromisso de cada um em contribuir para se construir um consenso, requereu a ousadia de ponderar as próprias experiências e ideias, superando a barreira das concepções individuais para construir uma proposta que tivesse o papel de referência nacional aos currículos do Ensino Fundamental e do Médio. Assim, tanto as posições apresentadas pela equipe de assessores quanto as de cada componente do grupo de especialistas eram avaliadas, discutidas, procurando-se evidenciar aspectos práticos e teóricos, considerando-se, portanto, a realidade escolar e conhecimentos científicos que contribuíssem para entendimento dessas posições. Nesse processo dinâmico e democrático, foram sendo produzidos os textos das propostas para cada nível de ensino e componente curricular da área das ciências da natureza. Construiu-se, nessas interações, um ambiente colaborativo, que contribuiu para o desenvolvimento profissional individual e coletivo, pois ao se trabalhar tendo em vista um objetivo comum, refletia-se sobre os diferentes pontos de vista apresentados, compartilhavam-se experiências, possibilitando a todos novas aprendizagens (Boavida; Ponte, 2002).

As Ciências da Natureza na BNCC

Há um consenso, hoje, nos meios educacional, científico e de políticas públicas para a educação, da importância do domínio de conhecimentos científicos na formação de todas as pessoas. Os conhecimentos científicos e tecnológicos têm contribuído para mudanças significativas tanto na vida pessoal quanto na profissional e social, nos colocando a necessidade de compreensão das interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade para que se possam avaliar problemáticas, realizar escolhas pessoais e coletivas, e se possa realizar intervenções, informadas e responsáveis, na sociedade (Auler; Delizoicov, 2001; Viecheneski; Carletto, 2013).

O ensino de Ciências da Natureza na Educação Básica visa, portanto, a alfabetização científica, entendida em seus múltiplos aspectos, desde a compreensão de conceitos e conhecimentos, da constituição social e histórica da ciência, à compreensão de questões referentes às aplicações da ciência e às implicações sociais, ambientais e éticas relativas a utilização e produção de conhecimentos científicos, à tomada de decisões frente a questões de natureza científica e tecnológica (Bybee, 2006; Sasseron; Carvalho, 2011; Diaz; Alonso; Mas, 2003).

Essas ideias, compartilhadas pela equipe, e os direitos de aprendizagem gerais já definidos pelo grupo de assessores, direitos esses que se expressam em termos de princípios éticos, políticos e estéticos, foram balizadoras das decisões

tomadas pelo grupo acerca da organização e articulação dos conhecimentos em cada etapa da escolaridade obrigatória. Dessa maneira, a educação escolar na área das ciências da natureza deveria ser estruturada, nos 12 anos escolares, de forma a que a leitura do mundo através das lentes das ciências da natureza fosse se tornando mais complexa, à medida que os aprendizes fossem reconhecendo a presença dos conhecimentos em seu ambiente, fossem explorando fenômenos, seus próprios saberes e outros a eles apresentados, fossem formulando perguntas, hipóteses e fazendo investigações para poderem aprofundar suas explicações sobre o mundo físico e social, reconhecendo situações que demandam reflexões e ações. No Ensino Médio, ainda, com a divisão da área em Física, Química e Biologia, a equipe considerou que aprofundamentos específicos em cada um desses campos proporcionariam aos aprendizes uma maior compreensão da construção da ciência, de temáticas sociais relativas a esses campos científicos e à tecnologia, o desenvolvimento da capacidade de julgar e de tomar decisões com fundamentos também nos conhecimentos científicos e tecnológicos.

Os eixos que orientaram a proposição da base curricular das Ciências da Natureza

Com a perspectiva de formação aqui apresentada, foram construídos os eixos que estruturaram a base curricular das Ciências da Natureza. Os quatro eixos formulados, conhecimento conceitual, contextualização social e histórica dos conhecimentos, processos e práticas de investigação e linguagens nas ciências da natureza, podem permitir olhares particulares para uma ou outra dimensão que cada eixo contempla, devendo-se enfatizar, entretanto, que tais eixos se inter-relacionam, se completam muitas vezes, possibilitando a integração desses olhares na construção dos conhecimentos. Os eixos são apresentados a seguir.

1. Conhecimento conceitual das ciências da natureza – dá ênfase aos conhecimentos específicos que fazem parte de cada componente curricular, os conceitos, leis, princípios, modelos e teorias que constituem os campos do saber presentes nesses componentes.

2. Contextualização, social, cultural e histórica das Ciências da Natureza – este eixo orienta a elaboração de currículos para o estabelecimento de relações entre os conhecimentos das ciências da natureza e contextos sociais, culturais, ambientais e tecnológicos; o desenvolvimento histórico da ciência e da tecnologia, tendo em vista a compreensão da ciência como uma construção humana e social.

3. Processos e práticas de investigação em Ciências da Natureza – este eixo dá ênfase para que sejam abordados, nas orientações curriculares, processos investigativos como: formulação de questões, identificação e investigação de problemas, de proposição de hipóteses, planejamento e realização de experimentos, de pesquisas de campo, de análise de dados e informações, de elaboração de explicações e de comunicação de suas conclusões.

4. Linguagens nas Ciências da Natureza – neste eixo, as linguagens específicas das ciências da natureza e as diferentes linguagens envolvidas na comunicação de conhecimentos científicos são evidenciadas. Cada campo científico apresenta uma linguagem específica, cuja apropriação facilita a compreensão e a comunicação. Ainda, as ciências da natureza utilizam outros recursos da linguagem, como gráficos, imagens, representações pictóricas, importantes para a compreensão de muitos dos conhecimentos científicos.

As Ciências da Natureza no Ensino Fundamental

Para organizar a base curricular para o Ensino Fundamental, duas decisões tomadas são destacadas aqui pelo caráter prático e pedagógico que apresentam. Houve um consenso na equipe de romper com uma certa estrutura de organização dos conhecimentos que geralmente acontece no Ensino Fundamental, a de apresentar, quase que isoladamente, conteúdos referentes à biologia, à química e à física, em diferentes anos escolares, sendo os conhecimentos mais específicos de física e de química restritos ao último ano. Esses conhecimentos articulados contribuem para diferentes leituras do mundo físico e social que as crianças podem fazer desde o início de sua escolaridade, de maneira que não se deve restringi-los aos últimos anos do Ensino Fundamental. A outra decisão se refere à recorrência de temas, ao longo da escolaridade, propondo que sejam tratados em níveis de complexidade crescente, desde os aspectos fenomenológicos até os modelos explicativos, desde o reconhecimento de situações cotidianas até a possibilidade de avaliar, decidir e agir sobre a realidade que se apresenta ao aprendiz.

Nos anos iniciais do Ensino Fundamental (1º ao 5º anos), as ciências da natureza fazem parte do processo de letramento das crianças, considerando que muitos de seus interesses estão voltados para fenômenos e situações que se relacionam com as ciências da natureza. Compartilho das ideias apresentadas por Viecheneski e Carletto (2013, p. 218), que “ter acesso à educação científica e tecnológica, desde a infância, é um direito de todos, que corresponde ao direito e ao dever de se posicionar, tomar decisões e intervir responsavelmente no meio social”. Nos anos finais do Ensino Fundamental (6º ao 9º anos), as ciências da natureza estão presentes como um componente curricular específico, o que dá uma outra dimensão para o ensino. Como bem relataram os professores desses anos escolares participantes da equipe de especialistas, os alunos, nessa fase, já procuram construir uma identidade própria, ampliando questionamentos sobre problemas sociais, muitos deles relacionados às ciências da natureza. Ainda, ao longo dos anos finais do Ensino Fundamental, capacidades cognitivas como abstração, estabelecimento de relações causais, de controle de variáveis vão se ampliando (Zhou et al., 2016), possibilitando, por exemplo, a criação de modelos explicativos para fenômenos em estudo e a proposição de caminhos para a resolução de problemas, relacionando a ciência, a tecnologia e a sociedade.

Os objetivos formativos gerais das ciências da natureza estabelecidos para essa etapa da escolarização enfatizam a leitura do mundo, a formulação de questões e busca de respostas com apoio em conhecimentos das ciências da natureza, o reconhecimento, compreensão e análise das aplicações e implicações da ciência e tecnologia na sociedade, a proposição de soluções para questões que envolvem conhecimentos científicos, e a compreensão das ciências como um empreendimento humano, social e histórico (Brasil, 2016).

Esses objetivos demandam dos aprendizes avançar na compreensão conceitual, requerendo que se envolvam em processos de pensamento mais complexos, bem como que ampliem sua participação na sociedade por meio de análises de situações e proposições de soluções

Os conhecimentos propostos para o Ensino Fundamental

A ampla gama de conhecimentos que a equipe de especialistas possuía, tanto em termos de suas áreas específicas de formação quanto de conhecimentos advindos das vivências e práticas escolares, alimentou as discussões e tomadas de decisão do grupo sobre os principais temas a serem tratados no Ensino Fundamental. Em um processo democrático, de colaboração entre os pares, os conhecimentos foram apontados e, então, agrupados em temas mais abrangentes, lembrando um processo de análise de conteúdo. Dessa maneira, foram construídas as unidades curriculares (seis na 1ª versão, reduzidas a cinco na 2ª versão), que comporiam a Base Nacional Curricular para os nove anos do Ensino Fundamental. Também foi decisão do grupo, que essas cinco unidades curriculares deveriam fazer parte de cada um dos anos escolares, de maneira a se ampliarem e aprofundarem gradativamente os conhecimentos sobre o tema da unidade. Essas unidades foram assim denominadas: Materiais, propriedades e transformações; Ambiente, recursos e responsabilidades; Terra – constituição e movimento; Vida – constituição e evolução; e Sentidos, percepções e interações.

De maneira breve, apresentam-se justificativas dessas escolhas temáticas. As crianças e jovens lidam diariamente com materiais, reconhecendo seus usos, observando propriedades e algumas transformações desses materiais. A elaboração de conhecimentos sobre os materiais, suas propriedades, obtenção e transformação podem auxiliá-los a questionar como os recursos naturais estão sendo utilizados na produção desses materiais, quais são os impactos ambientais envolvidos, refletirem e proporem ações sobre situações e problemas que a produção e usos dos materiais acarreta ao meio social, natural e ambiental. O entendimento de como os recursos naturais são formados em nosso planeta é muito importante, quando se consideram aspectos relativos à exploração desses recursos, a possibilidade de se esgotarem, como também quando são consideradas a história geológica da Terra. O conhecimento do lugar em que se vive, além de contemplar regiões específicas, envolve a compreensão de características do planeta Terra, suas origens, sua relação com outros corpos celestes. Conhecimentos sobre as características da atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera

auxiliam os aprendizes a compreender a vida em nosso planeta. A diversidade da vida nos diferentes ambientes que compõem nosso planeta pode ser intrigante para os aprendizes, podendo-se, então, procurar relações entre as características dos seres vivos e a história da vida na Terra. As crianças e jovens convivem diariamente com fenômenos de natureza sonora, luminosa, térmica, elétrica e mecânica. Assim, no Ensino Fundamental devem ser promovidas situações para que os alunos possam compreender a natureza desses fenômenos, bem como as interações dos seres vivos com seu ambiente, a importância e o funcionamento de aparatos tecnológicos desenvolvidos para mediar essas interações.

As Ciências da Natureza no Ensino Médio

A construção da base curricular para o Ensino Médio foi feita para cada componente curricular apresentado nas Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio, a Biologia, a Física e a Química. Seguindo-se as mesmas práticas já descritas no processo de elaboração da base curricular do Ensino Fundamental, em colaboração, o grupo de especialistas e os assessores discutiram, inicialmente, possibilidades de organização por temas que fossem comuns aos três componentes curriculares. Três considerações nos fizeram repensar esse tipo de organização: a dificuldade de encontrar temas que fossem comuns para abordar conhecimentos específicos de cada componente, que estavam sendo considerados importantes na formação dos aprendizes; o estudo feito preliminarmente dos currículos estaduais mostrava, via de regra, uma organização disciplinar, mesmo quando um dado tema era tratado; as ponderações dos professores do Ensino Médio que faziam parte do grupo quanto à pertinência e exequibilidade dessa proposta no cotidiano da maioria das escolas brasileiras. Como apontam Muenchen e Auler (2007), abordagens temáticas podem demandar um trabalho interdisciplinar, havendo necessidades de mudanças que ultrapassam o campo pedagógico, exigindo diálogos entre os envolvidos e tempo para planejamentos coletivos.

As decisões sobre as unidades curriculares foram feitas reunindo-se os especialistas com formação específica em um dos campos de conhecimento ou com experiência docente naquele campo. As propostas de unidades foram discutidas por todo o grupo, procurando-se verificar a coerência com o que estava sendo proposto para o Ensino Fundamental, a pertinência aos eixos formativos e a extensão de cada proposta, buscando-se um certo equilíbrio entre os conteúdos dos três componentes.

No Ensino Médio, os jovens e adultos apresentam maior maturidade e vivência social, o que amplia as possibilidades de o aprofundamento de conceitos de cada componente disciplinar, dos modelos explicativos, e o tratamento de questões de interesse social e científico, para que o aluno possa enfrentá-las, a partir de seus conhecimentos e buscando outros, elaborar argumentos, tomar decisões próprias e propor soluções consistentes para essas questões. Com isso, alargam-se as oportunidades para outras leituras do mundo físico e social. O

estudo de cada componente curricular, Biologia, Física e Química, com suas especificidades, pode contribuir para que os alunos compreendam os modos de pensar e de produzir conhecimento próprios de cada campo, os processos históricos e sociais de construção do conhecimento em cada um desses campos, de maneira a melhor entenderem e poderem construir posicionamentos críticos quanto a natureza da ciência, a provisoriedade de suas teorias e seu papel na sociedade.

Os objetivos formativos gerais das ciências da natureza para o Ensino Médio dão ênfase ao reconhecimento da ciência como um empreendimento humano, histórico e social, e de seus princípios como sínteses provisórias de uma construção ininterrupta; à leitura do mundo mobilizando conhecimentos da biologia, física e química, à interpretação e discussão de relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, emitindo julgamentos e propondo soluções para o enfrentamento de problemas que envolvem o conhecimento científico; à reflexão crítica sobre valores humanos, éticos e morais relacionados à aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Os objetivos gerais de formação para o Ensino Médio revelam um aumento de complexidade para abordar as interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. A perspectiva que se tem é a de formação de um aluno crítico e atuante na sociedade, uma vez que são privilegiados, com esses objetivos gerais, espaços para estudos e discussões de temas sociais que demandam enfoques políticos, econômicos, ambientais, entre outros (Silva; Marcondes, 2010).

Os componentes curriculares do Ensino Médio – conhecimentos propostos

A definição dos conhecimentos de cada campo, física, biologia e química, se deu coletivamente, em equipes menores, respeitadas as experiências e formação de cada um dos participantes. Discussões gerais aconteceram em que cada grupo expunha as razões de suas escolhas e eram debatidos aspectos como pertinência, relevância para a formação geral do aluno, relação com conhecimentos apresentados para o Ensino Fundamental, recorrência de temáticas sociais, entre outros. Esse movimento possibilitou uma certa aproximação das propostas de cada componente curricular, considerando-se os eixos estruturadores e os objetivos gerais

Para o entendimento do que se propõe nessas unidades deve-se ter em mente que essas ciências são construções humanas e, assim, várias interpretações e modelos explicativos foram construídos ao longo da história; a biologia, a física e a química tratam de conhecimentos que têm implicações de diversas naturezas, sociais, políticas, econômicas, tecnológicas e éticas, o que significa que o aprendizado envolve posicionamentos críticos perante situações sociais de cunho científico e tecnológico; cada um desses campos do saber tem uma linguagem própria e faz uso de outras linguagens, que demandam compreensões para melhor entendimento dos conceitos; essas ciências envolvem perspectivas

investigativas, que devem estar presentes na vivência escolar, para que seja estimulada a curiosidade e os aprendizes desenvolvam maneiras de enfrentar problemas

A física no Ensino Médio é apresentada em seis unidades curriculares, abrangendo alguns dos diferentes campos do conhecimento desse campo. São elas: Movimentos de objetos e sistemas; Energias e suas transformações; Processos de Comunicação e Informação; Eletromagnetismo - materiais e equipamentos; Materiais e radiações; Terra e Universo – formação e evolução

Deve-se destacar a relação existente entre alguns dos conhecimentos envolvidos nessas unidades curriculares e conhecimentos já tratados no Ensino Fundamental, como assuntos relacionados à energia, ou relativos à Terra e Universo. Os níveis de tratamento conceitual são claramente diferentes, como também as possibilidades de exploração do tema em seus aspectos sociais e históricos. Destacam-se, também, as aproximações e distanciamentos que essas unidades apresentam em relação a conteúdos tradicionalmente tratados no Ensino Médio. O professor pode reconhecer assuntos que ensina, mesmo que tenhamos dado outra visão, como é o caso do estudo dos movimentos ou do eletromagnetismo; entretanto, pode perceber que fatos e processos do cotidiano não são meras ilustrações de conceitos, mas sim conhecimentos a serem apreendidos, debatidos e avaliados.

A química no Ensino Médio é apresentada em seis unidades curriculares que remetem aos grandes temas dessa ciência. São elas: Materiais, propriedades e usos: estudando materiais no dia a dia; Transformações dos Materiais na Natureza e no Sistema Produtivo: Como Reconhecer Reações Químicas, Representá-las e Interpretá-las; Modelos atômicos e moleculares e suas relações com evidências empíricas e propriedades dos materiais; Energia nas Transformações Químicas: Produzindo, Armazenando e Transportando Energia pelo Planeta; A química de sistemas naturais: qualidade de vida e meio ambiente. Obtenção de Materiais e seus Impactos Ambientais;

Há uma aproximação temática entre duas unidades curriculares da Química e da Física. Ambas tratam de estudos sobre a estrutura submicroscópica da matéria, abrangendo conhecimentos que se somam, se complementam, a química enfocando mais profundamente a eletrosfera dos átomos e a física, o núcleo atômico. Ainda, conhecimentos sobre energia são tratados pelos dois componentes curriculares, ambos focando impactos ambientais da produção e consumo de energia. Pode-se perceber que algumas das unidades apresentadas pela química dão continuidade a estudos iniciados no Ensino Fundamental, como as propriedades e produção de materiais, questões ambientais decorrentes da produção, usos e descarte de materiais, o estudo dos sistemas naturais.

Embora os professores de Química das escolas de Ensino Médio possam reconhecer conteúdos que fazem parte de seu ensino, principalmente nas três primeiras unidades apresentadas, as duas últimas unidades poderão gerar uma

certa estranheza, em parte pelos conhecimentos envolvidos e, principalmente, pelo destaque dado a esses conhecimentos nesta proposta.

A biologia no Ensino Médio é apresentada por meio de seis unidades tendo como foco a construção de uma visão integrada da vida. São elas: A vida como fenômeno e seu estudo; Biodiversidade: organização, caracterização e distribuição dos organismos vivos; Organismo: sistema complexo e autorregulável; Hereditariedade: padrões e processos de armazenamento, transmissão e expressão de informação; Evolução: padrões e processos de diversificação da vida; Ecossistemas: interações organismo-meio.

Os três componentes curriculares propõem, com maior ou menor ênfase, o tratamento de questões ambientais, por perspectivas diferentes, mas que possibilitam um entendimento mais amplo da temática. Assim, pode-se compreender a degradação do ambiente causado pela necessidade de produção de energia, pela exploração dos recursos naturais, pela introdução de substâncias nocivas aos seres vivos, pelo descarte inapropriado de materiais, os impactos nos ecossistemas, na manutenção da biodiversidade. Discussões sobre sustentabilidade, já iniciadas no Ensino Fundamental, são aprofundadas no Ensino Médio. Questões sobre a origem da vida também são recorrentes, tratadas pela biologia e pela física. A tecnologia, sob diferentes olhares, está presente nos três componentes curriculares, dando oportunidade de os aprendizes conhecerem aparatos tecnológicos, compreenderem princípios de seus funcionamentos, debaterem sobre vantagens, riscos e custos dos usos de tecnologias para construir seus próprios juízos de valor a respeito desses usos. Abordam-se relações entre equipamentos e a sociedade, as transformações que o conhecimento tecnológico tem acarretado, questionamentos sobre as necessidades e usos sociais de tecnologias (Strieder; Kawamura, 2017).

Da primeira à segunda versões: as sugestões e as críticas

Refiro-me, aqui, às críticas e sugestões específicas às ciências da natureza, feitas por pessoas convidadas, colegas de universidades ligados a trabalhos e pesquisas no ensino de Biologia, de Física e de Química e pela consulta pública realizada pelo MEC.

Uma das críticas gerais feitas pelos leitores convidados se referiu aos eixos que estruturam a organização dos conteúdos, especialmente o eixo processos e práticas de investigação, apontando-se a não clareza em sua explicitação, bem como uma defasagem na formulação de objetivos que contemplavam esse eixo, nos documentos do ensino médio. Também, foi criticada a extensão e nível de detalhamento dos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento. Os conteúdos conceituais sugeridos estariam excedendo o que deveria ser esperado para uma base comum, ocupando espaços importantes destinados a contemplar diversidades, as características locais, por exemplo. Mesmo assim, foram apontadas a falta de alguns conhecimentos, em química, em biologia, e de temas ligados à sexualidade, que foi tratada apenas no aspecto da reprodução humana, e à

sustentabilidade. Ainda, foram apontadas questões referentes à interdisciplinaridade, pouco explicitada nos documentos, à pouca articulação entre os três componentes curriculares do Ensino Médio.

A consulta pública reafirmou a questão da extensão, principalmente no componente biologia, sugerindo-se a diminuição do número de objetivos propostos. Reafirmou, também, a necessidade de melhor se descreverem os eixos estruturadores da proposição da base curricular. Um questionamento bastante importante foi feito quanto à abordagem de conhecimentos da física e da química no Ensino Fundamental, considerados complexos para os anos iniciais do Ensino Fundamental. Foi apontada a necessidade de se contemplar um aumento gradual da complexidade das demandas apresentadas aos alunos. Houve muitas sugestões de reescrita dos objetivos de aprendizagem, visando melhorar a clareza ou simplificar o que foi proposto.

As críticas e sugestões apresentadas foram discutidas no âmbito da comissão geral de assessores. A proposta para o Ensino Fundamental foi reavaliada, as unidades foram reorganizadas de maneira a serem tratadas em cada um dos nove anos do Ensino Fundamental, tendo em vista contemplar uma progressão gradual e contínua da complexidade das demandas aos aprendizes. Em todos os segmentos, o número de objetivos de aprendizagem foi reduzido criteriosamente, de maneira a que não fossem comprometidos os propósitos formativos pretendidos.

Uma das decisões tomadas pelo grupo foi a de manter conhecimentos de física e de química ao longo dos nove anos do Ensino Fundamental. Pode-se justificar tal decisão com base nos princípios apresentados quando se caracterizou o papel da área das ciências da natureza na formação escolar dos alunos (Brasil, 2016). Não se poderia deixar de articular conhecimentos desses campos com os da biologia, da geociências, de questões ambientais e de sustentabilidade, entre outros, desde o início da Educação Básica, quando se consideram que esses conhecimentos assim articulados ampliam as leituras do mundo que as crianças podem fazer.

Algumas considerações – para que serve uma base curricular de abrangência nacional

A segunda versão da BNCC teve vida curta! O passo seguinte à sua divulgação seria a submissão ao Conselho Nacional de Educação, para que se chegasse à versão final do documento, mas o processo foi interrompido, por questões políticas daquele momento. Uma terceira versão foi elaborada por outro grupo e com outros princípios formativos. Diante disso, como justificar, então, o presente texto?

Apresento dois argumentos para justificá-lo. Primeiramente, pela possibilidade de deixar registrado um processo importante, dando a conhecer o método de trabalho que permitiu a confluência de ideias, de pontos de vista e de experiências educacionais diversas para a construção de um projeto único, e dando

a conhecer as bases conceituais que orientaram as escolhas feitas, e o resultado dessas escolhas, os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento propostos para o ensino básico. O registro permite que não se apague da memória esse processo, para que possa servir de objeto de reflexão aos educadores e à comunidade acadêmica.

O outro argumento diz respeito a suscitar discussões sobre o ensino de Ciências na Escola Básica, isto é, quais conhecimentos deveriam fazer parte da educação escolar que contribuíssem para a formação da cidadania, que permitissem às crianças, jovens e adultos construir entendimentos sobre mundo físico e social que lhes ajudassem a refletir, tomar decisões e conceber ações para influir na realidade.

Defendo a existência de uma base nacional curricular comum como um instrumento de democracia, demarcando conhecimentos que se constituem em ferramentas para o desenvolvimento da cidadania e que todos os cidadãos, alunos das escolas brasileiras, têm o direito de aprender. Isso não significa excluir as diversidades que formam nossa cultura, tampouco as diferentes realidades das nossas escolas. A base curricular é um ponto de partida para que cada unidade escolar construa seu projeto pedagógico, não se desfazendo de suas experiências e de sua história.

Voltando ao início, a qualidade que se almeja para a educação escolar brasileira, ainda está por ser construída. Não basta que se tenha acesso à escola, mas, também, deve-se garantir a permanência das crianças e dos jovens na escola. Todos sabemos que não se alcança essa qualidade apenas com a existência de um documento legal como a BNCC ou outros. A implementação com êxito de qualquer projeto pedagógico requer a valorização do professor, entendida em seus múltiplos aspectos: melhores condições de trabalho, gestão democrática, melhores salários; requer, também, a valorização da escola, com a melhoria de sua infraestrutura, que facilite o convívio e a permanência, recursos materiais que subsidiem práticas pedagógicas, vivências diversificadas, e recursos humanos que possibilitem o funcionamento com qualidade da escola.

Para terminar, cito uma pequena síntese feita por Neira, Alviano Júnior e Almeida (2016, p.41) sobre a BNCC que produzimos, e que revela o nosso pensamento: “O projeto formativo da BNCC era um sujeito que saiba ler a realidade que o cerca e atuar fundamentado em conhecimentos variados, que reconheça sua própria identidade cultural e que lute para transformar a sociedade atual”.

Notas

1 Era secretário da Educação Básica do MEC o Prof. Manuel Palácios (UFJF).

2 Fonte: IBGE/Pnad. Disponível em: <<http://www.observatoriodopne.org.br/metastas-pne/2-ensino-fundamental/indicadores>>.

3 Composição da equipe de especialistas: *Ensino Fundamental (Anos Iniciais)*: Joelma Bezerra S. Valente (RR/Consed), Giselly Rodrigues N. Silva Gomes (MT/Consed); *Ensino Fundamental (Anos Finais)*: Maria Oneide O. Enes Costa (RO/Consed), Yasuko Hosoume (Ifusp), Mauricio Compiani (Feunicamp); *Ensino Médio - Biologia*: Minancy G. de Oliveira (PE/Consed), Gleyson S. dos Santos (SE/Consed), Cláudia A. Serra e Sepulveda (UEFS), Danusa Munford (UFMG), Marcelo T. Motokane (FFCLRP USP); Física: Andre L. Ribeiro Vianna (BA/Consed), Suzana M. de Castro Lins (PE/Consed), Milton A. Auth (Facipi UFU), Eduardo A. Terrazzan (UFMS), André Ferrer P. Martins (UFRN); Química: Maurício Brito da Silva (AM/Consed), Maria Rosário dos Santos (PI/Consed), Ricardo Gauche (UnB), Agustina R. Echeverría (UFG), Eduardo F. Mortimer (FaE UFMG) (Conselho Nacional dos Secretários de Educação – Consed)

Referências

ANDRADE, M. C. P. de; NEVES, R. M. C. das; PICCININI, C. L. Base nacional comum curricular: disputas ideológicas na educação nacional. In: ANAIS DO COLÓQUIO INTERNACIONAL MARX E O MARXISMO 2017 DE O CAPITAL À REVOLUÇÃO DE OUTUBRO (1867 – 1917), ago. 2017, Niterói. Disponível em: <<http://www.niepmarx.blog.br/MM2017/anais2017.htm>>. Acesso em: 6 set. 2018.

AULER, D.; DELIZOICOV, D.. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *ENSAIO: Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v.3, n.1, p. 122-134, jun. 2001.

AZANHA, J. M. P. Democratização do Ensino: vicissitudes da ideia no ensino paulista. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v.30, n.2, p.335-44, mai./ago. 2004.

BOAVIDA, A. M.; PONTE, J. P. Investigação colaborativa: Potencialidades e problemas. In GTI. (Org.) *Refletir e investigar sobre a prática profissional*. Lisboa: APM, 2002. p.43-55.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *LEI n.9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: Casa Civil, 1996. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf>. Acesso em: 6 set. 2018.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 4v.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Parte I – Bases Legais*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2018.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares*

- Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SE-MTEC, 2002. 144p.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica.. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica*/ Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. 542p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>>. Acesso em: 6 set. 2018.
- _____. [Plano Nacional de Educação (PNE)]. *Plano Nacional de Educação 2014-2024* [recurso eletrônico]: Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014, que aprova o Plano Nacional de Educação (PNE) e dá outras providências. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2014. 86p. Disponível em: <<http://www.observatoriodopne.org.br/uploads/reference/file/439/documento-referencia.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2018.
- _____. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, Consed, Undime, 2016. 651p.
- _____. Senado Federal. *LDB: Lei de diretrizes e bases da educação nacional*. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2017. 58 p. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei_de_diretrizes_e_bases_1ed.pdf>. Acesso em: 6 set. 2018.
- BYBEE, R. W. Scientific inquiry and science teaching. In: FLICK, L.; LEDERMAN, N. G. (Ed.) *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. New York: Springer, 2006. p.1-14.
- CARVALHO, J. S. F. de. “Democratização do Ensino” revisitado. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v.30, n.2, p.327-34, mai./ago. 2004.
- CURY, C. R. J. *O direito à educação: Um campo de atuação do gestor educacional na escola*. Brasília: Escola de Gestores, 2005.
- DÍAZ, J. A. A.; ALONSO, A. V.; MAS, M. A. M. Papel de la Educación CTS en una Alfabetización Científica y Tecnológica para todas las Personas, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.2, n.2, p.80-111, 2003.
- GALIAN, C. V. A. Os PCN e a elaboração de propostas curriculares no Brasil. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, v.44, n.153, p.648-69, jul./set. 2014.
- HODSON, D. Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory: A Critical Look at the Research. *Educación Química*, v.16, n.1, p.30-8, 2005.
- MACEDO, E. Base Nacional Comum Para Currículos: Direitos De Aprendizagem E Desenvolvimento Para Quem?, *Educ. Soc.*, v.36, n.133, p.891-908, 2015.
- MUENCHEN, C.; AULER, D. Abordagem temática: desafios na educação de jovens e adultos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.7, n.3, 2007.
- NEIRA, M. G.; ALVIANO JÚNIOR, W.; ALMEIDA, D. F. de. A primeira e segunda versões da BNCC: construção, intenções e condicionantes. *EccoS Revista Científica*, São Paulo, n.41, p.31-44, set./dez. 2016.
- PEREIRA JUNIOR, L. C. Pragmatismo e Educação. *Convenit Internacional*, CEMORoc-Feusp/IJI - Univ. do Porto, 8, jan.-abr. 2012.
- RICARDO, E. C. Discussão acerca do ensino por competências: problemas e alternativas. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, v.40, n.140, p.605-28, mai./ago. 2010.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica; uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.16, n.1, p.59-77, 2011.

SILVA, E. L. da; MARCONDES, M. E. R. Visões de contextualização de professores de química na elaboração de seus próprios materiais didáticos. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciência*, Belo Horizonte, v.12, n.1, p.101-18, 2010.

STRIEDER, R. B.; KAWAMURA, M. R. D. Educação CTS: Parâmetros e Propósitos Brasileiros. *Alexandria: R. Educ. Ci. Tec.*, Florianópolis, v.10, n.1, p.27-56, maio 2017.

VIECHENESKI, J. P.; CARLETTTO, M. Por que e para quê ensinar ciências para crianças. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, v.6, n.2, p.213-226, mai./ago. 2013.

ZHOU, S. et al. Assessment of scientific reasoning: The effects of task context, data, and design on student reasoning in control of variables. *Thinking Skills and Creativity*, v.19, p.175-87, 2016.

RESUMO – Neste texto, intento apresentar e discutir os caminhos percorridos na elaboração das 1ª e 2ª versões da Base Nacional Comum Curricular, iniciada em 2015, Base essa prevista desde a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1986. Apresento um panorama geral do processo, para, em seguida, discutir especificamente, a área das ciências da natureza e as propostas para cada um dos componentes curriculares que compõem a referida área, no ensino fundamental e médio. Procuo estabelecer um diálogo, a partir de meu ponto de vista, entre as propostas e a alfabetização científica.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Ciências, Base Nacional Comum Curricular, Ensino Básico.

ABSTRACT – In this paper, I attempt to present and discuss the paths taken in the process of producing the 1st and 2nd versions of the National Curricular Common Core that took place from 2015 to 2016. The National Common Core is foreseen since the Law of National Education (LDB) established in 1986. I present an overview of the process and specifically discuss the area of Natural Sciences and the proposals for each of the Science curricular components, in primary and secondary education. I seek to establish a dialogue, from my point of view, between these proposals and scientific literacy assumptions.

KEYWORDS: Science teaching, Common core, Primary and secondary education.

Maria Eunice Ribeiro Marcondes é doutora em Ciências, área de Química, professora do Departamento de Química Fundamental do Instituto de Química da Universidade de São Paulo. @ – mermarco@iq.usp.br

Recebido em 24.9.2018 e aceito em 18.10.2018.

¹Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

A arqueologia como paradigma de ciência histórica e interdisciplinar

ASTOLFO GOMES DE MELLO ARAUJO¹

Considerando o quão semelhante a biologia evolutiva é da ciência histórica e o quão diferente ela é da física [...] não é surpreendente que estipular uma linha definida entre as ciências naturais e as humanidades seja tão difícil, na verdade quase impossível. (Mayr, 2004, p.13)

UM LONGO e amplo debate tem sido travado entre filósofos da ciência a respeito do que é ciência (Mahner; Bunge, 1997; Mayr, 1982). Tal debate passa ao largo do interesse da maioria dos praticantes de ciência, e a impressão que se tem é a de que as pessoas (e não me refiro apenas ao público leigo) imaginam que ciência seja uma atividade facilmente definida e definível, algo ligado a análises laboratoriais, experiências controladas e testes formais de hipóteses, utilizando-se do famigerado método científico, tudo isso regido por leis. Creio que seja essa a visão por trás de afirmações pouco informadas do tipo “Arqueologia não é ciência porque não se pode testar hipóteses” ou “Arqueologia não é ciência porque o comportamento humano não é regido por leis”.

Até os anos 1970, a filosofia da ciência era dominada por físicos (Mayr, 1982; Sterelny, 2009; Wylie, 2002) e, portanto, é fácil entender porque a física era considerada o modelo de ciência a partir do qual as outras disciplinas seriam avaliadas.

Como a Física é uma disciplina experimental, fortemente apoiada em leis, e passível de ter suas hipóteses testadas de maneira formal, qualquer disciplina que não apresentasse essas características seria considerada automaticamente uma não ciência ou, na melhor das hipóteses, uma quase-ciência. Os modelos de descoberta científica eram a mecânica newtoniana ou as leis de Kepler, que permitem generalizações a partir de observações empíricas, além de previsões. A partir do fim dos anos 1960, porém, esse modelo empiricista começou a ser atacado por pensadores como Karl Popper, Imré Lakatos, Thomas Kuhn e Paul Feyerabend, mas os exemplos continuavam a provir da Física (Sterelny, 2009, p.325). Kuhn (1970) e Feyerabend (2009) propuseram uma visão do conhecimento científico que não era cumulativa, mas descontínua; um corpo teórico seria normalmente suplantado por outro quando não conseguisse mais dar conta dos fenômenos a serem explicados. Isso pode realmente ser verdade na física, mas está longe de ser

geral, e absolutamente não aconteceu na biologia, por exemplo (Godfrey-Smith, 2003; Sterelny, 2009). Daí o problema de se tomar a filosofia da ciência como algo prescritivo (Clarke, 1972; Dunnell, 1982). Em suma, não se pode esquecer de que não é papel da filosofia da ciência estipular o modo como as ciências *deveriam* ser, mas tentar explicar como elas *funcionam*. Logo começaram a aparecer problemas no modelo de “ciência-enquanto-física”, e o principal deles é que outros ramos respeitáveis do conhecimento não se encaixavam no modelo de ciência – por exemplo, a geologia e a biologia. Foi no âmbito da biologia que as críticas ao modelo de “ciência-enquanto-física” foram mais abundantes, gerando pelo lado dos biólogos frases como “a arrogância dos físicos”, e pelo lado dos físicos afirmações como “a biologia não passa de uma coleção de selos” (exemplos em Mayr, 1982, p.33). O debate chegou ao auge quando o influente filósofo (e físico) Karl Popper (1974) afirmou que o darwinismo era um “programa metafísico”, e não uma ciência, por não conter leis universais, não conseguir prever o curso da evolução, e não ser testável, o que gerou reação por parte de biólogos e filósofos, como Hull (1999), Lewontin (1972), Ruse (1977) e Wasserman (1981). Vários aspectos das críticas levantadas por Popper foram debatidos, entre eles a questão de que o darwinismo seria tautológico (Hull, 1999), e ficou claro que Popper não tinha um conhecimento tão profundo sobre a teoria da evolução (ver também Fabian 2009). Seja como for, esse debate foi bastante importante porque, como notou Hull (1999), é incomum que cientistas sejam influenciados por filósofos. O debate mostrou a necessidade de se pensar qual o *status* científico das disciplinas que não se encaixam no estereótipo da física.

Tipos de ciência

Uma primeira divisão que pode ser feita em termos de tipos de ciência é entre *ciências formais* e *ciências factuais* (Mahner; Bunge, 1997; Bunge, 1998). As ciências formais lidam com ideias, somente. Exemplos são a lógica e a matemática. Elas não dependem de evidências provenientes do mundo material para validação de suas fórmulas e postulados. As ciências factuais, por outro lado, são as que lidam com fenômenos, com o mundo material, construindo dados a partir dos fenômenos e sendo sempre confrontadas com sua capacidade de explicar esse mundo material. Exemplos de ciências factuais são os mais abundantes, da física à psicologia. Ainda assim, as ciências factuais são bastante distintas entre si, e aqui entra uma outra categorização, que é a divisão entre *ciências históricas* e *ciências ahistóricas* (também chamadas de *ciências experimentais*; ver Cleland, 2001; Frodeman, 1995; Hull, 1975).

Segundo Mayr (2002), foi Darwin quem introduziu a perspectiva científica histórica, mas podemos recuar até Descartes que, ao contrário de Newton, jogava com a possibilidade de a Terra ter uma História, ou seja, não ter sido criada por Deus do jeito que hoje se nos apresenta (Rossi, 1992, p.70-5). Por outro lado, a visão de mundo de Newton era a-histórica, porque havia leis físicas que regulavam o universo, mas o universo teria sido criado por Deus, que teria colo-

cado todos os planetas e estrelas em seus devidos lugares, e só depois operado o início das leis físicas. Especular sobre as origens do universo, para Newton, seria uma atitude sem sentido (Rossi, 1992, p.67). Assim, a física já nasce a-histórica.

A diferença entre os dois tipos de ciência é fundamental, uma vez que são baseadas em ontologias radicalmente diferentes (Dunnell, 1982). As ciências a-históricas, exemplificadas por física, química e demais ciências experimentais, são baseadas em uma ontologia eminentemente essencialista (pensamento tipológico), ao passo que as ciências históricas são baseadas em uma ontologia materialista (pensamento populacional – Mayr, 1972; Sober, 1980). Enquanto as ciências a-históricas respondem a perguntas do tipo “como?”, as ciências históricas respondem perguntas do tipo “por quê?” (Mayr, 1961). As ciências a-históricas se preocupam com o funcionamento de sistemas ou fenômenos (“como isso funciona?”), enquanto as ciências históricas têm interesse em por que os sistemas funcionam do jeito que funcionam (“por que isso é assim?”). Outra distinção possível (Mayr, 1961) é que as ciências a-históricas se ocupam de causas próximas (*proximate causation*), enquanto as ciências históricas se ocupam de causas fundamentais (*ultimate causation*). Um exemplo de causa próxima seria entender o sistema circulatório dos mamíferos como operado pelo coração em conjunto com os pulmões, veias e artérias. Nesse sentido, o estudo do sistema circulatório se interessa em *como* ele funciona, entendendo a bioquímica e o papel desempenhado por esses diferentes órgãos. Trata-se, assim, de uma pergunta eminentemente funcional. Por outro lado, as causas fundamentais da existência do sistema circulatório dos mamíferos, ou *por que* ele se diferencia dos sistemas circulatórios de outras classes de animais e plantas, se relaciona a adaptações ocorridas ao longo de centenas de milhões de anos. É uma pergunta eminentemente histórica.

A ontologia condiciona os tipos de perguntas que são feitas, e também a natureza do próprio conhecimento científico, ou seja, sua epistemologia. Uma disciplina que enxerga o mundo como constituído por tipos reais e definidos, cujas características internas são objeto de interesse e estudo, e que enxerga a variação como “ruído”; que se interessa no modo como os fenômenos se articulam dentro de uma perspectiva funcional; que se interessa nas causas imediatas que afetam os fenômenos, e de como os fenômenos respondem a estímulos imediatos, vai fazer perguntas do tipo “como isso funciona”?

Por outro lado, uma disciplina que enxerga os tipos como meras abstrações, agregados de casos individuais; que atenta para a variação entre tipos, considerando-a o objeto de explanação; que monitora e se interessa pelas mudanças dessa variação ao longo do tempo e que busca as causas fundamentais que moldaram essa variação, vai fazer perguntas do tipo “por que isso é assim”?

Além de todas essas características contrastantes há, por fim, uma diferença que está no cerne da impossibilidade de se encaixar as ciências históricas dentro do modelo da física: o alto grau de contingência e imprevisibilidade que o processo histórico traz em si. Ao contrário da visão “clássica” de ciência,

de que “explicação é predição”, nas ciências históricas há uma independência entre explicação e predição (Frodeman, 1995). Pode-se explicar um processo evolutivo, mas não se pode prever qual será seu resultado. Há vários motivos que estão na base da indeterminação das ciências históricas (Mayr, 1961; 1996): a aleatoriedade dos eventos em relação à sua significância; a especificidade de todas as entidades que estejam em níveis de complexidade superiores às das moléculas; a emergência de novidades qualitativas, quando os indivíduos se agregam e formam organizações; o importante papel explanatório das narrativas históricas; a alta frequência de processos estocásticos e, por fim, a interação de múltiplas causas. Tudo isso faz que nas ciências históricas as “leis”, generalizações e capacidade preditiva tenham um papel extremamente secundário, ou mesmo inexistente (Scriven, 1959).

Fica claro, portanto, que existem duas maneiras tão distintas de se encarar o mundo do ponto de vista científico, que as diferenças entre as disciplinas como as conhecemos hoje poderiam ser reinterpretadas à luz dessas ontologias sem nenhum prejuízo de julgamento: ao invés de separarmos as disciplinas por seu objeto de estudo (disciplinas que estudam “os planetas” ou “os seres vivos” ou “o Homem”), poderíamos separá-las do ponto de vista ontológico; poderíamos perfeitamente dividi-las entre disciplinas históricas e a-históricas: assim, parte do que conhecemos por “Biologia” é a-histórica (ecologia, biologia molecular) e outra parte é histórica (biologia evolutiva, paleontologia). No caso da astronomia, parte seria a-histórica, mas teríamos também a cosmologia, que lida com eventos históricos na formação do universo (a ponto de se estar agora falando em “Arqueologia Galáctica”; ver Stello et al., 2015). A geologia tem um componente a-histórico relacionado, por exemplo, à mineralogia e petrografia (dadas condições de temperatura X e pressão Y, e dada a composição original do magma, sabe-se exatamente quais minerais irão se formar), mas de maneira geral é uma disciplina eminentemente histórica. No caso das Humanidades, teríamos a sociologia, a economia, a antropologia e a geografia humana como a-históricas, e a arqueologia, a geografia física (geomorfologia, pedologia) e obviamente a história como ciências históricas. O fato de as disciplinas acadêmicas atuais serem divididas em tópicos é apenas fruto de sua... história.

Em suma, podemos definir ciência como:

Ciência é um sistema de conhecimento que visa fornecer explicações a respeito de fenômenos por meio de um encadeamento retroalimentador de ideias, protocolos e atividades.

O que entendemos por “sistema de conhecimento” é um conjunto de ideias que visa dar significado a algo. Há vários outros sistemas possíveis, como o senso comum e a religião, sem contarmos os sistemas cosmológicos empregados por outras sociedades, como colocado por Willer e Willer (1973). O encadeamento de ideias, protocolos e atividades a que se refere a definição acima são normalmente conhecidos pelos termos “teoria”, “método” e “técnica”.

O método científico nas ciências experimentais e nas ciências históricas

Tendo em vista a discussão anterior sobre a existência de modalidades ontologicamente distintas de ciência, o que podemos dizer a respeito do chamado “método científico”? Existiria um “método científico” no singular? Obviamente não, apesar de tal ideia ser predominante no senso comum, dentro e fora da academia. Essa ideia genérica coloca “O” método científico como sendo algo relacionado à execução de experimentos em laboratório e teste de hipóteses, por algumas vias (ou mesmo uma combinação de várias): a indução científica, o método hipotético-dedutivo ou o falsificacionismo (Cleland, 2001, p.987; Wylie, 2002, p.4). A indução científica, método que remonta a Francis Bacon, diz que se tivermos uma hipótese H que prevê a manifestação de um evento Z sob condições X, e realmente observarmos o evento Z toda vez que as condições X estão operantes, então podemos dizer que existem evidências *confirmando* a verdade dessa hipótese H. O método hipotético-dedutivo de Hempel envolvia o estabelecimento de regularidades na forma de leis, e o teste de uma hipótese se faria confirmando que um evento Z ocorre quando condições X se verificam, sendo que existe uma lei que prevê essa relação (Gibbon, 1989). Porém, tanto o indutivismo como o dedutivismo sofrem de um problema básico, que é o fato de que para se provar que uma hipótese é verdadeira teríamos que testá-la infinitamente. Nenhum corpo finito de evidências é suficiente para *provar* uma hipótese. A saída encontrada foi dada pelo falsificacionismo (Dutra, 2009, p.51) que se vale do “*modus tollens*”, uma regra de inferência lógica que diz que uma generalização é falsa se houver ao menos uma instância em que ela não se verifica, ou seja, não é possível provar que uma hipótese é verdadeira, mas é possível provar que ela é falsa.

Até aqui tudo parece muito simples, e uma dessas versões do “método científico” costuma ser invocada em livros e artigos dirigidos a um público que vai do ensino básico às universidades, mas se vimos que o indutivismo é logicamente falho, há também alguns problemas básicos com o falsificacionismo (Cleland, 2001; O’Meara, 1989):

1) Na vida real, todo teste de hipóteses envolve um grande número de pressupostos auxiliares. Quando um ou mais desses pressupostos não se verifica, não há como saber se a falha em observar o resultado previsto é real ou não, ou seja, se ela se relaciona ao evento sendo testado, ou a um problema com os pressupostos auxiliares.

2) Conforme colocado por Kuhn (1970, p.77), os cientistas quase nunca praticam o falsificacionismo. Na ocorrência de um teste que aponta para uma falha da hipótese, o procedimento rotineiro é tentar achar alguma falha nos procedimentos ou nos equipamentos, antes de sair publicando artigos alardeando a falsificação da hipótese.

3) Há um problema lógico com o falsificacionismo. Uma “instância nega-

tiva” só pode existir em contraposição a algo que seria considerado uma “instância positiva”, mas essa não pode ser logicamente produzida (O’Meara, 1989, p.358).

Segundo Cleland (2001, p.988) a tentativa de se “salvar” uma hipótese invocando a falha em um pressuposto auxiliar é logicamente aceitável e até recomendável. Na realidade, os cientistas experimentais não se comportam como bons falsificacionistas, mas tentam detectar e neutralizar falsos positivos e falsos negativos.

No caso das ciências históricas, o método científico não é estritamente falsificacionista, tendo em vista a impossibilidade de se realizar experimentos controlados em laboratório, mas isso não quer dizer que as hipóteses não possam ser avaliadas. O que geralmente ocorre nas ciências históricas é a avaliação de múltiplas hipóteses (Chamberlin, 1897; Gilbert, 1886), com a checagem dos dados em campo ou laboratório, que podem resultar no descarte de hipóteses que não se mostram adequadas para explicar os fenômenos observados. Na prática, porém, a ênfase é na busca de evidências positivas, e não de evidências que levem ao falseamento de hipóteses (Cleland 2002, p.483).

Frodeman (1995) apresenta uma argumentação de que a abordagem científica nas ciências históricas (especialmente na geologia) se daria a partir do método hermenêutico. A hermenêutica, que pode ser entendida como “interpretação”, foi originalmente desenvolvida no final do século XVIII em um contexto teológico, ou seja, era uma atividade voltada para a interpretação de textos bíblicos. Posteriormente, filósofos alemães como Dilthey, Heidegger e Gadamer desenvolveram o método hermenêutico como uma maneira de se compreender a linguagem falada e escrita (Schmidt, 2014). Um dos conceitos centrais da hermenêutica é o de círculo hermenêutico, que entende a interpretação como sendo um raciocínio de mão dupla, onde o entendimento do todo depende do entendimento das partes, e vice-versa. O entendimento de uma formação geológica, por exemplo, depende do entendimento de afloramentos de rocha individuais. Por outro lado, esses afloramentos individuais só podem ser entendidos de maneira satisfatória após o entendimento da formação geológica como um todo (Frodeman, 1995, p.963). Fica claro que esse conceito de “ler” um “texto”, de círculo hermenêutico, ou de pensamento circular, não se coaduna com a ideia de objetividade do positivismo. No entanto, funciona perfeitamente para disciplinas onde há uma grande profundidade temporal e a implicação de uma multiplicidade enorme de fatores em jogo. É importante frisar que há diferentes posturas ontológicas dentro do que se chama genericamente de hermenêutica, sendo algumas mais relativistas e outras mais propensas a aceitar que possa existir uma aproximação com o significado original de um “texto” (em sentido literal ou figurado), chegando-se a uma compreensão correta do mesmo. Até fins dos anos 1990 a maioria dos filósofos considerava que a hermenêutica não tinha qualquer papel nas ciências naturais e, na verdade, serviria como um critério de

separação entre os domínios social e natural (Eger, 1997). Essa postura mudou bastante desde então, e a ideia de se usar a hermenêutica para entender como funciona a ciência em geral, e não apenas as Humanidades, tem ganhado cada vez mais fôlego (e.g., Babich; Ginev, 2014; Crease, 1997; Heelan, 1997, 1998; Mantzavinos, 2005).

Em suma, se o indutivismo é logicamente falho e o falsificacionismo não é efetivamente aplicado, não há como se justificar uma suposta superioridade epistemológica das ciências experimentais em relação às ciências históricas. Trata-se simplesmente de duas maneiras que nossa sociedade se utiliza para lidar com a extrema complexidade do Universo. Assim, cai por terra a ideia de uma teoria científica unificada, que supõe que todo o conhecimento deva ser, em última instância, desenvolvido nos moldes da física e da química e que, portanto, as ciências históricas são, no fundo, um tipo de ciência pouco desenvolvida (Frodeman, 1995). Isso ocorre porque o Universo é repleto de instâncias onde se manifestam as chamadas propriedades emergentes, ou seja, propriedades que resultam da interação de diferentes componentes, produzindo algo que não pode ser entendido como apenas a soma dos mesmos (Simpson, 1963, p.38).

Arqueologia como ciência

A propensão em conceber a arqueologia enquanto ciência não é recente. Esforços programáticos colocando a necessidade de a arqueologia ser baseada em observações empíricas e não em mera especulação foram feitas desde pelo menos meados do século XIX nos Estados Unidos (Dunnell, 1992, p.77-8).

No início dos anos 1960 arqueólogos norte-americanos fundaram a “New Archaeology” ou Processualismo, uma reação à História Cultural, paradigma dominante na arqueologia anglo-saxã. A História Cultural foi muito bem-sucedida ao apresentar esquemas cronológicos, ou crônicas, onde diferentes “culturas” arqueológicas se desenvolviam no tempo e no espaço, mas seu poder explanatório foi sendo considerado cada vez menos satisfatório. O Processualismo pode ser definido, de maneira sintética, como uma reação à História Cultural, uma tentativa de tornar a disciplina mais científica e menos historicizante (Binford, 1962). O único acidente de percurso foi o fato de que o modelo de ciência escolhido era totalmente inadequado, um modelo de “ciência-enquanto-física”. Usou-se o modelo nomológico-dedutivo de Hempel, o chamado Empiricismo Lógico ou Positivismo Lógico, que teve suas raízes no chamado “Círculo de Viena”, nos anos 1920 e 1930 (Embree, 1992), como o padrão aceitável de ciência (e.g., Bamforth; Spaulding, 1982; Binford, 1968). Os principais pressupostos desse programa eram a necessidade de se utilizar uma abordagem hipotético-dedutiva (ou seja, a explanação se daria por meio do teste de hipóteses); a busca de leis gerais (Fritz; Plog, 1970); e a crença em uma unidade essencial do método científico (Gibbon, 1984, p.13). As críticas a esse programa foram se acumulando ao longo do tempo (e.g., Bayard, 1969; Dunnell, 1984; Johnson Jr., 1972; Klejn, 2001), inclusive porque para os filósofos da ciência o modelo

de Hempel era falho e já estava datado (Gibbon, 1989), e a ideia de que só existia um modelo de ciência possível estava sob forte ataque.

De modo relativamente paralelo, na Europa Ocidental, a voz mais ativa em termos de colocar a arqueologia como uma empreitada científica foi David Clarke (1968, 1973). A proposta de Clarke diferia em vários pontos da proposta de Binford, sendo um tanto menos “antropológica” em termos teóricos e valendo-se basicamente da Teoria dos Sistemas como arcabouço para lidar com o conceito de cultura. Por outro lado, em comum com Binford, Clarke enfatizou bastante a necessidade de se colocar os conceitos de maneira explícita e de se utilizar métodos quantitativos para balizar inferências, além de se utilizar de conceitos advindos da Ecologia Cultural. O ponto fraco do trabalho de Clarke, e que converge com o Processualismo, se refere aos problemas inerentes de se utilizar duas abordagens eminentemente sincrônicas (Teoria dos Sistemas e Ecologia) para se lidar com mudança diacrônica.

Ações e reações

Os fatores apresentados acima levaram a arqueologia a um beco sem saída, gerando uma insatisfação crescente e uma resposta com fundamentação anti-científica, derivada da ideia de pós-modernidade (Lyotard, 1984), que foi chamada de “Pós-processualismo” por falta de termo melhor (e.g., Shanks e Tilley, 1987). Podemos dizer que o termo Pós-processualismo abrange quase tudo o que veio em termos de crítica ao Processualismo e, portanto, não faz jus à pluralidade de abordagens (Kohl, 1997). Por outro lado, há uma linha mestra que está presente em quase todas as abordagens pós-processualistas, e esta é a postura anticientífica (Dunnell, 1992). Ou seja, o termo Pós-processualismo é útil para descrever o anticientificismo de maneira geral, apesar de o anticientificismo não ser restrito apenas ao Pós-processualismo. O tom de ironia nessa fase da história da arqueologia é que os arqueólogos pós-processualistas usaram, contra os processualistas, os mesmos truques retóricos que estes últimos usaram contra os histórico-culturalistas que os precederam: a propagação da ideia de que existia um hiato teórico abissal e intransponível, e que a partir daquele momento tudo seria novo e diferente, com uma ruptura de paradigma sem precedentes (e. g. Tilley, 1994, p.67).

Tomando carona na onda pós-processualista temos, hoje, em alguns rincões da arqueologia, profissionais com tamanha aversão a tudo o que possa ser científico que chegam às raias do histrionismo. Fala-se em “ciência desumanizadora”, por exemplo, como se entender a humanidade tivesse que ser sempre feito por meio de algum tipo de ato de fé humanista. Apesar de isso tudo vir embrulhado em jargão (pós) moderno, trata-se da mesma velha reação dos pensadores românticos alemães frente ao Iluminismo, que volta sempre, como um morto-vivo. *Kultur versus Civilization* (Kuper, 1999, p.6). Fala-se em “colocar mais poesia” na arqueologia. Fala-se em “sentir” os materiais e “vivenciar” os sítios arqueológicos. Tenta-se uma linguagem literária para contrapor os “ári-

dos” artigos científicos. O resultado acaba sendo nenhuma ciência acoplada a má literatura. (Nem todo mundo pode ser Stephen Jay Gould.)

Temos, então, uma situação interessante na história recente da arqueologia, onde o pouco conhecimento acerca do que é ciência por parte de seus praticantes resultou em duas correntes antagônicas: uma delas empreendeu a busca de ideais científicos por meios inadequados, enquanto a outra rejeitou em bloco o que era (erroneamente) considerado como ciência. Essa ignorância básica é facilmente percebida quando alguém, arqueólogo ou não, argumenta que a arqueologia não é uma ciência porque “o comportamento humano não obedece a leis”, ou porque “não se pode replicar aspectos da história da humanidade em laboratório”. Conforme vimos, estas noções são descabidas e, no entanto, comuns. Nessa visão, ciência é algo para ser aplicado apenas a plantas, animais irracionais e objetos inanimados, ou seja, aos “outros”, seguindo uma linha de pensamento que pode ser exemplificada por Wilhem Dilthey (1833-1911), ao argumentar que as Humanidades podem apenas compreender, e nunca explicar, porque o distanciamento permitido ao cientista natural é impossível ao estudioso da sociedade: “A Natureza é estranha a nós. É um mero exterior a nós sem vida interna. A sociedade é o nosso mundo” (Dilthey, 1989, p.88). O resultado dessa visão clássica pode ser observado em um livro-texto intitulado “O que é Teoria”, onde o autor escreve: “A formulação da teoria nas ciências humanas tem que ser mais aberta, visto que seu objeto de investigação não é o mero dado bruto da natureza [...]” (Pereira, 1990, p.58).

Ora, não pode existir algo como “observação de meros dados brutos da natureza”. Todas as disciplinas, por mais “inumanas” que sejam, só conseguem produzir dados por meio de teoria que, como se sabe, condiciona as observações, as descrições e, portanto, a construção dos dados.

Um exemplo claro é o conceito de espécie. Para alguém pouco afeito à biologia, uma espécie seria um “dado bruto da natureza”, uma vez que é muito fácil perceber as diferenças entre um cão, um gato e um repolho. Na realidade, o conceito de “espécie” gera mais discussão na Biologia do que o conceito de “agência” na arqueologia (De Queiroz, 2007).

Não só a teoria, mas até mesmo questões mais mundanas como o simples ato de descrever entram nessa postura hamletiana de “tudo é muito difícil e complexo”. Por exemplo, o antropólogo Phillipe Descola (2005, p.68) coloca o seguinte ponto:

Pareceria que a descrição não requer descrição: por falta de instrumentos de medida apropriados, os etnógrafos só precisam estar atentos e curiosos a respeito de tudo; [...]. Porém, em uma ciência onde o observador e o observado compartilham propriedades em comum, a descrição nunca é tão simples.

Imaginar que a construção teórica na Física ou na Biologia, ou as observações na Geologia sejam mais “fáceis” ou passíveis de maior rigor porque essas

disciplinas têm apenas que “olhar para os dados brutos da natureza” é ignorar a distinção básica entre fenômenos e dados. Fenômenos são percepções acerca de algo que “existe lá fora” (ou seja, fatos) feitas por um ser senciente. Dados são proposições a respeito de um determinado fato, realizada por meio da observação e registro sistemático de fenômenos. Se fossemos usar esse tipo de “argumento da dificuldade inerente”, as construções teóricas nas ciências históricas deveriam ser consideradas ainda mais difíceis, porque além de não se valerem de nenhum tipo de linguagem comum entre o pesquisador e o objeto de estudo, envolvem escalas de tempo incomensuráveis. Um exemplo dessa argumentação foi colocado por Robert Frodeman (1995, p.965), filósofo e geólogo:

[...] historiadores da cultura humana têm exemplos modernos de revolução ou histeria em massa para examinar e comparar com os registros do passado. Mas a geologia [...] é histórica em um sentido mais profundo; dada a complexidade dos eventos geológicos, nossa falta de experiência em todos os ambientes geológicos e em intervalos de tempo geológicos, e nosso interesse na singularidade de cada evento, geólogos não podem simplesmente projetar o presente no passado.

Descola nos diz que a mera descrição nas Humanidades já é uma tarefa complexa porque o observador e observado *compartilham propriedades comuns*. Por outro lado, Frodeman diz exatamente o contrário; por *não compartilharem nada em comum* com o tempo presente, os eventos geológicos são de uma complexidade extrema.

No caso da arqueologia, obviamente diferentes perspectivas pessoais vão redundar em diferentes respostas a respeito do *status* científico da disciplina. Os argumentos construídos ao longo deste texto apontam para a possibilidade (e, por uma questão ética, para a necessidade) de uma abordagem científica em arqueologia. Resta esclarecer a que tipo de ciência nos referimos, e um bom começo é dissecar a divisão entre “ciência” e “história”, ou entre “nomotético” e “idiográfico”, e que tem sido um dos principais entraves no entendimento do tipo de ciência que pode ser a arqueologia.

“Ciência” *versus* “História”

O caráter nomotético ou idiográfico das Humanidades foi considerado determinante em termos do estabelecimento de uma postura científica. O debate entre Leslie White e Alfred Kroeber é bastante ilustrativo porque ambos foram figuras proeminentes na antropologia e, por consequência, na arqueologia.

Basicamente temos a posição de Kroeber entendendo a característica distintiva da abordagem histórica, em qualquer campo de conhecimento, como sendo não apenas a lida com sequências cronológicas, mas um esforço para uma “integração descritiva” (Kroeber, 1935, p.545). Por descrição, Kroeber entendia que os fenômenos observados deveriam ser preservados intactos, e não decompostos em seus elementos constituintes, como pediria uma abordagem a-histórica. Kroeber continua seu raciocínio e aponta para o uso bem-sucedido

da abordagem histórica em outras disciplinas, como a Geologia e a Biologia. Para Kroeber a evolução era uma empreitada histórica, assim como a Antropologia deveria ser. Suas críticas ao funcionalismo eminentemente a-histórico de Radcliffe-Brown e Malinowsky vão nessa direção (Kroeber, 1935, p.559). Ainda assim, Kroeber (1935, p.569) diferenciava “ciência” de “história”. O que Kroeber propunha era o uso complementar de ambas as abordagens, uma científica e outra não científica, na antropologia.

A posição de White era bastante diferente. Para ele, havia uma diferença fundamental entre evolução e história. História seria “uma sequencia temporal de eventos únicos”, enquanto evolução seria “uma sequencia temporal de formas” (White, 1946, p.82). Evolução, para White, lidaria com classes de fenômenos, e não com os fenômenos em si. A história dos cavalos ou da escrita seria diferente da evolução dos cavalos ou da escrita. A primeira lidaria com fenômenos, com eventos únicos, ligados a um espaço e tempo específicos, enquanto a segunda lidaria com classes de fenômenos, sem se preocupar com espaços ou tempos específicos. Uma é particularizante, a outra generalizante etc. White acreditava que a “confusão” entre história e evolução perpetuada por Kroeber (e Boas) era uma manobra para fazer o processo evolutivo “desaparecer”. O que não fica claro no raciocínio de White é como alguém pode escrever a história dos cavalos (para usar a analogia biológica que ele mesmo fez) enquanto algo único, se a *história* dos cavalos só pode ser feita em cima de uma população de cavalos, ou seja, de uma classe de mamíferos ao longo do tempo, e não de um cavalo único; e ao mesmo tempo, como a *evolução* dos cavalos pode ser entendida como dissociada de um tempo e espaço específicos, já que não havia cavalos no Devoniano, e nem os há na Antártida?

A impressão que temos é a de que White e Kroeber não estavam falando sobre a mesma coisa. White concedia que tanto a história como o evolucionismo tinham um componente temporal, mas não entendia como Boas (1904, p.515) poderia considerar como “histórico” o conceito de que “fenômenos do presente se desenvolveram a partir de formas prévias, das quais eles são geneticamente conectados” e de que até a evolução darwiniana era histórica, já que para White evolução não poderia jamais ser história (!) (White, 1945, p.222).

O mesmo debate ocorreu, de maneira totalmente independente, paralela e duas décadas depois, entre um biólogo/paleontólogo e um geólogo/filósofo. Nesse caso tratava-se respectivamente de George Gaylord Simpson e Richard Watson.

Simpson (1963) defendeu a existência de ciências históricas, entre elas a biologia e a geologia, em contraposição às ciências físicas, como química e física. O raciocínio de Simpson se baseou na distinção entre propriedades *iminentes*, que seriam aquelas propriedades imutáveis da matéria e da energia, bem como os processos e princípios igualmente imutáveis delas resultantes, e propriedades *contingentes* ou *configuracionais*, que seriam aquelas em constante mudança,

relacionadas ao estado do Universo ou de alguma parte dele em um dado intervalo de tempo. Nesse raciocínio, uma ciência histórica poderia ser definida como “a determinação de sequencias configuracionais, sua explanação e o teste de tais sequencias e explanações” (ibidem, p.25). No caso da geologia (descrita por Simpson como uma das ciências com maior diversidade interna), ela lidaria com propriedades imanentes e processos relacionados com a porção física da Terra, e tal aspecto seria basicamente a-histórico. Esse ramo da geologia poderia ser considerado como um ramo da física ou da química aplicado a um objeto de estudo chamado Terra. Quando as mudanças pelas quais a Terra passou começam a ser levadas em consideração, entramos no domínio das propriedades configuracionais. Os processos históricos não poderiam ser entendidos por meio de leis como as que operam na física e na química, e a predição de fenômenos nas ciências históricas seria bastante improvável, possível apenas na condição de que as causas imanentes fossem totalmente conhecidas e, ao mesmo tempo, as similaridades das circunstâncias configuracionais fossem não só conhecidas como recorrentes (ibidem, p.37).

Watson (1966) discordou totalmente de Simpson, argumentando que ele falhou ao distinguir dois tipos de eventos: aqueles que na verdade são abstrações e fazem parte de nosso arsenal conceitual, e aqueles que são instâncias do mundo real. Uma reação química enquanto conceito seria a-histórico. Uma reação química real seria um evento histórico, assim com uma experiência química feita por Lavoisier também seria. Cada molécula da substância A teria se combinado com a outra da substância B de maneira particular, apesar de o resultado final ser indistinguível entre reações ocorridas em tubos de ensaios diferentes. Segundo Watson (1966, p.176), nós só não prestamos atenção à maneira ou à sequência em que ocorreram essas diferentes instâncias de reação química porque não temos interesse (e nem equipamentos de medição) para fazê-lo. Mostrando seu alinhamento com a corrente positivista de Hempel (ibidem, p.180), e em paralelo ao raciocínio de Leslie White, Watson afirmou que “toda explanação científica é uma generalização regida por leis” e que “tais leis são mais fáceis de serem definidas e mais uteis na Química do que na Geologia”, mas não haveria razão para se pensar que existisse uma diferença lógica entre as duas ciências. Em suma, geologia seria igual a Química, ou mais explicitamente “Portanto, a geologia é uma ciência exata” (ibidem, p.179).

Em suma, Watson parte de uma postura ontológica distinta de Simpson, por negar veementemente a existência de indeterminações ou contingência. Em suas palavras, “a racionalidade depende da determinação. Se não existisse a possibilidade de determinação ‘exata’ em qualquer nível, não existiria ciência” (ibidem, p.184). Usando como exemplo a forma e a direção de um ravinamento ocorrendo em uma vertente, que podem ser considerados impossíveis de se prever, Watson diz que eles poderiam ser previstos se “todas as medidas possíveis de declividade, tamanhos dos grãos, microdiferenças na litologia *and so on*”

fossem feitas. Se em um plano filosófico seria possível medir *todas* as variáveis relacionadas a um fenômeno, na prática isso é impossível, seja pelo tempo envolvido, seja por que para serem medidas, essas variáveis têm que ser determinadas de antemão, e a determinação delas depende da teoria que as informa. Como a ciência (que é justamente o que Watson defende com tanta veemência) se relaciona a *fenômenos*, então o raciocínio de Watson, que é eminentemente filosófico nesse quesito, torna-se inócuo. Há uma diferença prática e fundamental entre ciências históricas e a-históricas, e como a ciência é uma questão prática, no sentido em que ela é empregada para entender o mundo físico e não questões filosóficas, essa diferença deve ser explicitamente apresentada. O não entendimento das diferenças entre ciências históricas e a-históricas leva a uma confusão cujo resultado é a recorrente dicotomia entre “ciência” e “humanidades”. Um exemplo (dentre muitos) pode ser visto em Leach (1973, p.764) ao argumentar que a ciência pode levar o homem à Lua e predizer com precisão de segundos quando a nave vai cair no mar ao regressar, mas é incapaz de predizer a taxa de conversão entre o dólar e a libra esterlina, sendo essa a “diferença entre coisas governadas por leis naturais e coisas governadas por *intenção humana*”. Ora, não só a taxa do dólar, mas também a extinção dos dinossauros estão nesse mesmo domínio. Além do mais, se a taxa do dólar fosse regida pela intenção humana, não haveria mercado especulativo. Como vimos na citação de Leach (1973), o arqueólogo deveria se ater à crônica, às perguntas do tipo “o que” aconteceu. As perguntas do tipo “como” ou “por que” algo aconteceu estariam fora de seu domínio. A explicação arqueológica seria impossível, posto que entraria no domínio da especulação. Apenas antropólogos poderiam alcançar esse elevado patamar. Como então pode ser desatado esse nó? Pela constatação de que a evolução tem um componente cronológico e um componente explanatório. Que para a aplicação de um modelo teórico (evolução) é necessário antes uma crônica (O’Hara, 1988). Que em uma ciência histórica, idiográfico e nomotético andam juntos, são interdependentes (Simpson. 1963, p.46).

Tendo em vista o exposto, podemos dizer que o que a ciência almeja, em termos gerais, é explanar e predizer. Como vimos, algumas ciências têm mais sucesso nos aspectos preditivos, outras nos aspectos explanatórios, mas de um modo geral essas duas características são importantes dentro do conceito de ciência. Quando falamos em predição estamos nos referindo a um relato ou uma narrativa sobre algo que não existe no momento presente, mas que pode ocorrer ou ter ocorrido em algum outro momento (Schumm, 1991, p.7). Temos que levar em consideração um sentido amplo da palavra, que envolve também a *retrodição*, ou seja, fornecer uma narrativa sobre algo que não ocorre no momento presente mas que *pode ter ocorrido no passado* (Gallay, 1986; Runciman, 2005). Nesse aspecto, a arqueologia pode ser considerada tanto como capaz de explicação como de predição. Além da questão da retrodição, não seria demasiado dizer que a arqueologia tem um potencial enorme de fornecer subsídios para

a construção de cenários futuros, dentro de uma ideia de predição no sentido livre. Que a arqueologia não o faça com mais frequência tem mais a ver com limitações autoimpostas do que com qualquer característica inerente ao exercício da disciplina.

O método científico em arqueologia

É necessário reconhecer que há um forte componente hermenêutico no método científico arqueológico, característica compartilhada com as Ciências da Terra, conforme apresentado anteriormente. A hermenêutica (ou “teoria da interpretação”) pode iluminar alguns pontos ainda obscuros no tocante a como funciona o método científico nas ciências históricas (Frodeman, 1995, 2003). A ideia do círculo hermenêutico, onde a compreensão do todo depende da compreensão das partes e vice-versa, é instrumental no entendimento de como funciona a arqueologia. Esse círculo pode ser considerado como vicioso em termos lógicos, porque poderia implicar um raciocínio circular, mas na realidade pode ser mais bem compreendido como uma espiral. Ao entrarmos no círculo, podemos fazê-lo por dois lados: pouco sabendo do todo mas interessados no particular, ou ao contrário, pouco sabendo das particularidades mais interessados no geral. O fato é que a correta compreensão do “texto” depende da integração do geral e do particular. Como a hermenêutica foi desenvolvida para tratar de textos literários ou religiosos, toda a aplicação do raciocínio em arqueologia é, obviamente, analógica. O “texto” que queremos interpretar em arqueologia não foi escrito por ninguém, ou melhor, não foi escrito de maneira intencional, mas ainda assim é resultado de um encadeamento de fatos operados por agentes vários e tão díspares como seres humanos, rios, fenômenos atmosféricos, plantas e reações químicas. Sendo assim, esse registro é passível de uma leitura histórica. A pedra lascada, a cerâmica, o pólen e os sedimentos; os fragmentos de carvão, os fitólitos, o colúvio que recobriu tudo; os fundos de lago, as vertentes e os terraços de rio. Tudo isso gera um texto, ou vários textos, que podem ser lidos. A chave da leitura desses textos é dada por diferentes disciplinas. Assim como para os filósofos há uma interpretação mais correta de um determinado texto, por meio da chamada “compreensão”, que une os horizontes do leitor e do autor (Schmidt, 2014) há, para os arqueólogos, a igual compreensão do (con)texto arqueológico por meio da junção dos horizontes do pesquisador (seu conhecimento prévio, ou seus preconceitos) com os vestígios do que ocorreu no passado. A entrada no círculo hermenêutico se dá pelo treinamento formal; aprende-se a ler uma lasca, um fragmento cerâmico ou um perfil de solo. Uma vez que essa chave é dada, não há mais volta. Um afloramento na beira da estrada nunca mais será apenas um mero barranco, uma lasca nunca mais será apenas um pedaço de pedra quebrada. A leitura do contexto arqueológico se dará por meio de idas e vindas, as interpretações sendo checadas e reformuladas em confrontação com novos dados, e a volta ao redor do círculo nunca mais passa pelo mesmo ponto. Entra-se em uma espiral interpretativa que leva, eventualmente,

a uma interpretação mais próxima da realidade. Para isso, a interdisciplinaridade é fundamental.

Conforme visto anteriormente, o método científico nas ciências históricas é necessariamente distinto do método experimental/laboratorial que costuma ser associado às ciências a-históricas. No caso específico da arqueologia, o método científico acaba por ser muito semelhante ao que os colegas das Ciências da Terra executam. Em primeiro lugar, o teste de hipóteses em Arqueologia não se dá, de maneira alguma, como queriam os proponentes do Processualismo. Ao contrário do que propunham Binford (1968) e Fritz e Plog (1970), testar uma hipótese em arqueologia não se trata de uma argumentação estritamente lógica, seguindo o modelo de Hempel. Trata-se de algo muito mais sutil, e que foi apresentado de maneira apropriada no final do século XIX por Thomas Chamberlin (1897), e denominado “método das múltiplas hipóteses de trabalho”. O texto de Chamberlin, um clássico nas Ciências da Terra mas pouco conhecido por arqueólogos, fornece uma visão bastante realista do método em uma disciplina que depende de observações em campo e de um diálogo entre teoria e empirismo. Inicialmente, Chamberlin argumenta que o desenvolvimento dos métodos científicos segue três etapas históricas: 1) teoria dominante; 2) hipótese de trabalho e 3) múltiplas hipóteses de trabalho.

Em um primeiro momento, durante o estabelecimento de uma disciplina, é desenvolvida uma ideia para explicar uma categoria de fenômenos, e rapidamente essa ideia é alçada à categoria de *teoria dominante* (“*ruling theory*” no original). Segundo Chamberlin, o pesquisador desenvolve uma relação afetiva com sua teoria, e começa a tratá-la como um filho. Seus seguidores o imitam. Em seguida, como contraponto aos problemas trazidos por essa abordagem, há um movimento no sentido contrário, de relegar a teoria a um segundo plano e trazer as observações empíricas para a linha de frente, ou seja, há uma desvalorização da teoria e uma valorização do empirismo, na forma do método da *hipótese de trabalho*. Nesse caso, o método é eminentemente indutivo. O antídoto seria a multiplicidade de “filhos”, ou seja, o método das *múltiplas hipóteses de trabalho*. O pesquisador se esforçaria para pensar em várias maneiras possíveis de se explicar um dado fenômeno, dando origem, assim, a vários “filhos intelectuais”, incluindo a adoção de “filhos” de outrem. No processo de confrontação com a realidade, vários desses “filhos” perecerão, mas outros sobreviverão, e é possível que mais de um sobreviva, tendo em vista que um mesmo fenômeno pode ter múltiplas causas e diferentes ideias podem ser combinadas em um sistema explanatório coerente. O método das múltiplas hipóteses evita, assim, a rigidez de pensamento e o dogmatismo. Enfim, a linguagem colorida de Chamberlin e sua lucidez fazem do texto um clássico extremamente atual.

Em arqueologia, o método de múltiplas hipóteses de trabalho é provavelmente utilizado pela maior parte dos praticantes, mesmo que de maneira implícita. A multiplicidade de interpretações possíveis acaba por ter que se relacionar

com a realidade empírica, e isso ocorre de maneira independente da postura teórica do pesquisador. Nas palavras de Hodder (1999, p.200):

Todos nós interpretamos o passado a partir de diferentes perspectivas e essas diferentes interpretações podem ser avaliadas em relação à evidência [...] a evidência arqueológica tem uma materialidade “objetiva” que limita e confronta o que pode ser dito sobre ela [...].

Em suma, o método de múltiplas hipóteses de trabalho é operacionalizado por meio de “triangulação” ou da convergência de múltiplas linhas de evidência extraídas do universo empírico, e que apontam para alguma ou algumas das hipóteses propostas, mas não para outras. A utilização de diferentes métodos advindos de diferentes áreas do conhecimento é imprescindível nessa empreitada. Obviamente consideramos como hipóteses viáveis apenas aquelas ideias que têm alguma implicação ou colagem com o universo empírico. Ideias sem essa característica estão fora do domínio do método científico, e efetivamente entram no âmbito do que Leach (1973) chamou de “pura especulação”.

A arqueologia como exemplo de ciência interdisciplinar

Não existe, atualmente, disciplina acadêmica mais interdisciplinar do que a Arqueologia. Além do aporte vindo das Humanidades, a Arqueologia é totalmente dependente das Ciências da Terra, da Biologia, da Física e da Química. Além disso, o montante titânico de dados produzidos por uma única etapa de escavação só pode ser analisado por meio de métodos estatísticos. A interdisciplinaridade é imprescindível no exercício da arqueologia, simplesmente porque não existe arqueologia “pura”. A definição mais básica de arqueologia, como sendo o estudo de artefatos operacionalizado por meio do conceito de cultura, já coloca dois campos acadêmicos distintos em contato: o mundo material, geralmente objeto de estudo das “*hard sciences*”, com o mundo das ideias, mais próximo das Humanidades. Porém, não podemos nos esquecer de que o organismo responsável pela elaboração desses artefatos é um ser vivo, e seu entendimento tem que passar também por uma abordagem biológica. Não bastasse isso, os artefatos produzidos por esse ser, que é ao mesmo tempo cultural e biológico, estão, na maior parte das vezes, imersos em uma matriz sedimentar, objeto das Ciências da Terra. Por fim, coroando toda essa diversidade, a abordagem teórica utilizada na explanação desses fenômenos culturais tem que dar conta de mudanças que ocorrem ao longo do tempo e do espaço, dentro de uma ontologia materialista e evolutiva, que separa claramente a Arqueologia de suas disciplinas irmãs. Em suma, a arqueologia é a rainha da interdisciplinaridade. Essa constatação, porém, pode ser vista de diferentes ângulos. Há os que prezam essa característica interdisciplinar e independente da arqueologia, assim como há os que parecem se sentir desamparados ao perceberem que sua atividade acadêmica não está necessariamente amarrada a nenhum porto, e não cabe dentro de nenhum hangar. Suspeito que desse desconforto nasçam os motes do gênero “*Arqueologia é [..... insira neste espaço a disciplina que mais lhe agrada] ou não é nada*”.

No entanto, esse desconforto não é infundado. Sendo o mundo acadêmico uma agremiação de pessoas, nada mais humano do que querer fazer parte de algum grupo, e o preço que se paga por transitar em diferentes “gêneros acadêmicos” é relativamente alto. Há também uma questão de legitimidade socioacadêmica, uma vez que ser considerado como integrante de uma disciplina estabelecida é sempre melhor, especialmente se os integrantes dessa outra disciplina são maioria no departamento. Por fim, há também os que, por falta de conhecimento, preferem ficar em sua zona de conforto e emitir opiniões do tipo “mas, se você quer trabalhar com fauna, por que não vai para um departamento de Biologia?”.

Enquanto disciplina científica, a estrutura da Arqueologia é muito semelhante à da Biologia, da Geologia e da Geografia (em especial a Geografia Física – ou as chamadas Ciências da Terra), fato esse já observado por vários autores (e.g., Cochrane, 2009, p.114-16; Gallay, 1986, p.100-3; Lyman; O’Brien, 1998; Renfrew, 1983; Schummm 1991, p.3; Watson et al., 1984, p.45). Do ponto de vista estrutural ou epistemológico, as quatro disciplinas não possuem uma maneira única de abordar seu objeto de estudo. Podemos dizer que facetas distintas da realidade são abordadas de maneiras diferentes, utilizando-se de corpos teóricos distintos porém integrados (Araujo, 1999). Isso pode parecer um truísmo, porque qualquer disciplina acadêmica vai acabar abordando facetas distintas da realidade de maneira diferente, mas o que queremos dizer aqui é que, apesar de ser possível abordar diferentes aspectos de uma sociedade de maneiras distintas, ou de analisar documentos históricos abordando-os a partir de maneiras distintas, não existe nas Humanidades uma diferença explícita e estrutural que diferencie essas abordagens. O uso de uma abordagem, por exemplo, da Escola dos Annales (e.g., Braudel, 1958), em que se postula que a História pode ser mais bem entendida por meio de uma abordagem em diferentes níveis, é uma escolha pessoal do pesquisador. Ele pode ou não seguir a Escola dos Annales, mas a História enquanto disciplina não é estruturada necessariamente dessa forma. O mesmo vale para as diferentes escolas da antropologia e da sociologia. Essas diferentes abordagens são manifestações do interesse e da formação do pesquisador, e não têm um papel *necessário* na estrutura da disciplina. Por isso, é importante notar que a estrutura da arqueologia difere fundamentalmente da estrutura das Humanidades em geral, e isso se observa de duas maneiras: a arqueologia, assim como a biologia evolutiva e a geologia histórica, possui um componente de cunho idiográfico, onde a contingência histórica reina, mas ao mesmo tempo são perceptíveis processos regulares que estão presentes, como plano de fundo, no desenrolar desses eventos. A arqueologia é uma ciência histórica e, portanto, não almeja o estabelecimento de “leis”. Do mesmo modo, não há “leis” na biologia (Mayr, 1996; Scriven, 1959). Seres vivos estão sujeitos a toda sorte de interferências da contingência histórica e do acaso, e são todos únicos. Mesmo organismos geneticamente idênticos não são fenotipicamente idênticos e, portanto, interagem com o mundo de maneiras distintas. Há, po-

rém, um processo nos bastidores que nunca cessa, que chamamos de evolução. Quanto à existência de “leis” na geologia, apesar do nome, as famosas “Leis da Estratigrafia” de Nicolaus Steno (1638-1686) são instâncias particulares da Lei da Gravidade, essa sim uma lei no sentido estrito. Se realmente se tratam de “leis”, há controvérsias, e depende do sentido que se dá à palavra “lei” (e.g., Mayr, 1961; Simpson, 1963, *contra* Watson, 1966, 1976). A semântica sugere algo que *deve* ser obedecido, e nesse sentido creio que, seguindo Mayr, não existem leis nem na Biologia e nem nas Ciências da Terra (cf. Schumm, 1991; a menos que estejamos falando das sub-áreas dessas disciplinas que lidam com reações químicas, como seria o caso da biologia molecular, da fisiologia ou da cristalografia). Um problema adicional é o fato de que na arqueologia esse termo é tão carregado de conotações negativas que é melhor simplesmente não usá-lo.

Ainda em termos de estrutura, temos nessas disciplinas uma dependência total de outras áreas de conhecimento, e por isso elas são chamadas ciências derivadas (Schumm, 1991, p.3), aquelas que *necessariamente* se utilizam de conceitos e informações de outras disciplinas, algo que não costuma ocorrer nas Humanidades. Conquanto possa haver interesses interdisciplinares, a História, a Antropologia e a Sociologia, por exemplo, não dependem necessariamente da Geomorfologia, da Geologia ou da Biologia para funcionarem, e muito menos da Química ou da Física. Quando, no âmbito das Humanidades, alega-se que algo é interdisciplinar, isso geralmente ocorre entre as próprias Humanidades, quando não *dentro* da mesma disciplina (por exemplo, quando se propõe uma abordagem “interdisciplinar” entre História Econômica e Demografia Histórica).

Em suma, se há vários motivos para supor-se que a arqueologia deva ser parte de alguma outra disciplina, nenhum deles passa pela ontologia, epistemologia ou pela simples prática científica, e sim por questões de política acadêmica ou pendor pessoal. A arqueologia, com essa característica um tanto anárquica, onde diferentes disciplinas são empregadas e nenhuma delas consegue se impor sobre as outras, acaba por se constituir em um paradigma de ciência que consegue congrega várias ontologias em um só ramo do conhecimento. Paradoxalmente, a disciplina que está mais voltada para o passado é justamente a que melhor prenuncia como será a ciência no futuro.

Agradecimentos – Este trabalho não teria sido possível sem o apoio do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, por meio do Programa Ano Sabático. Gostaria de agradecer especialmente a Martin Grossmann e Paulo Saldiva pelo apoio durante esse período academicamente tão rico. Agradeço também aos meus colegas do Programa Sabático do IEA pela agradável e intelectualmente instigante convivência: Rodolfo Coelho de Souza, Mary Gasalla, Dária Jaremtchuk, Lúcia Barbosa de Oliveira e Flavio Ulhoa Coelho. Agradeço também ao parecerista anônimo que teceu comentários bastante pertinentes ao texto, melhorando sua qualidade.

Referências

- ARAUJO, A. G. M. As geociências e suas implicações em teoria e métodos arqueológicos. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia, Anais da I Reunião Internacional de Teoria Arqueológica na América do Sul*. Sup.3, p.35-45, 1999.
- BABICH, B.; GINEV, D. (Ed.) *The multidimensionality of hermeneutic phenomenology*. Cham: Springer, 2014.
- BAMFORTH, D. B.; SPAULDING, A. C. Human behavior, explanation, archaeology, history, and science. *Journal of Anthropological Archaeology*, v.1, p.179-95, 1982.
- BAYARD, D. T. Science, theory, and reality in the “New Archaeology”. *American Antiquity*, v.34, p.376-84, 1969.
- BINFORD, L. R. Archaeology as anthropology. *American Antiquity*, v.28, p.217-25, 1962.
- _____. Some comments on historical versus processual archaeology. *Southwestern Journal of Anthropology*, v.24, p.267-75, 1968.
- BOAS, F. The history of anthropology. *Science*, New Series, v.20, p.513-24, 1904.
- BRAUDEL, F. Histoire et sciences sociales: La longue durée. *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations*, v.4, p.725-53, 1958.
- BUNGE, M. *Philosophy of science – From problem to theory*. New Brunswick: Transaction Publishing, 1998. v.I.
- CHAMBERLIN, T. C. The method of multiple working hypothesis. *Journal of Geology*, v.5, p.837-48, 1897.
- CLARKE, D. L. *Analytical Archaeology*. London: Methuen, 1968.
- _____. Review: Patty Jo Watson, Steven A. LeBlanc and Charles L. Redman: Explanation in Archaeology: An Explicitly Scientific Approach. New York and London: Columbia University Press, 1971. 191p., 8 figs. £ 3.30. *Antiquity*, v.46, p.237-9, 1972.
- _____. Archaeology: the loss of innocence. *Antiquity*, v.46, p.6-18, 1973.
- CLELAND, C. E. Historical science, experimental science, and the scientific method. *Geology*, v.29, p.987-990, 2001.
- _____. Methodological and epistemic differences between historical science and empirical science. *Philosophy of Science*, v.69, p.474-96, 2002.
- COCHRANE, E. E. Evolutionary explanation and the record of interest. In: SHENNAN, S. *Pattern and process in cultural evolution*. Berkeley: University of California Press, 2009. p.113-32.
- CREASE, R. P. Hermeneutics and the natural sciences: Introduction. *Man and World*, v.30, p.259-70, 1997.
- DE QUEIROZ, K. Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology*, v.56, p.879-86, 2007.
- DESCOLA, P. On anthropological knowledge. *Social Anthropology*, v.13, p.65-73, 2005.
- DILTHEY, W. *Selected works, volume I: Introduction to the Human Sciences*. In: R. A. Makkreel; F. Rodi ed. Princeton: Princeton University Press, 1989.

- DUNNELL, R. C. Science, social science, and common sense: The agonizing dilemma of modern archaeology. *Journal of Anthropological Research*, v.38, p.1-25, 1982.
- _____. Methodological issues in contemporary Americanist archaeology. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association 1984*, v.2, p.717-44, 1984.
- _____. Is a scientific archaeology possible? In: EMBREE, L. *Metaarchaeology*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1992. p.75-97.
- DUTRA, L. A. *Introdução à teoria da ciência*. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.
- EGER, M. Achievements of the hermeneutic-phenomenological approach to natural science. *Man and World*, v.30, p.343-67, 1997.
- EMBREE, L. The future and past of metaarchaeology. In: _____. *Metaarchaeology*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1992. p.3-50.
- FABIAN, E. P. *Karl Popper e o darwinismo*. São Paulo: Habilis, 2009.
- FEYERABEND, P. *Adeus à razão*. São Paulo: Editora Unesp, 2009.
- FRITZ, J. M.; PLOG, F. T. The nature of archaeological explanation. *American Antiquity*, v.35, p.405-12, 1970.
- FRODEMAN, R. Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *Geological Society of America Bulletin*, v.107, n.8, p.960-8, 1995.
- _____. *Geo-Logic: Breaking ground between philosophy and the earth sciences*. Albany: State University of New York Press, 2003.
- GALLAY, A. *L'Archéologie démain*. Paris: Belfond, 1986.
- GHINS, M. *Uma introdução à metafísica da natureza: representação, realismo e leis científicas*. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 2013.
- GIBBON, G. *Anthropological archaeology*. New York: Columbia University Press, 1984.
- _____. *Explanation in archaeology*. Oxford: Basil Blackwell, Oxford, 1989.
- GILBERT, G. K. The inculcation of scientific method by example, with an illustration drawn from the Quaternary geology of Utah. *American Journal of Science*, v.184, p.284-99, 1886.
- GODFREY-SMITH, P. *Theory and reality – an introduction to the philosophy of science*. Chicago: The University of Chicago Press, 2003.
- GUMERMAN, G. J.; PHILLIPS JUNIOR, D.A. Archaeology beyond anthropology. *American Antiquity*, v.43, p.184-91, 1978.
- HAWKES, C. F. C. Archaeology as science: purposes and pitfalls. *British Association, Presidential Address Section H*, p.92-102, 1957.
- HEELAN, P. A. Why a hermeneutical philosophy of the natural sciences? *Man and World*, v.30, p.271-98, 1997.
- _____. The scope of hermeneutics in the natural science. *Studies in the History and Philosophy of Science*, v.29, p.273-98, 1998.
- HODDER, I. *The archaeological process: an introduction*. Oxford: Blackwell, 1999.
- HOWORTH, H. H. Proceedings at meetings of the Royal Archaeological Institute,

- June 3rd 1908. *Archaeological Journal of the Royal Archaeological Institute of Wiltshire*, v.65, n.1, 1908.
- HULL, D. L. Central subjects and historical narratives. *History and Theory*, v.14,n.3, p.253-74, 1975.
- _____. The use and abuse of Sir Karl Popper. *Biology and Philosophy*, v.14, p.481-504, 1999.
- JOHNSON JUNIOR, L. Problems in “avant-garde” archaeology. *American Anthropologist*, v.74, p.366-77, 1972.
- JUDD, N. M. The present status of archaeology in the United States. *American Anthropologist*, v.31, n.3, p.401-18, 1929.
- KLEJN, L. S. Metaarchaeology. *Acta Archaeologica*, v.72, n.1, p.1-149, 2001.
- KOHL, P. L. Limits to a post-processual archaeology (or, The dangers of a new scholasticism). In: YOFFEE, N.; SHERRATT, A. *Archaeological Theory: Who Sets the Agenda?* Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p.3-19.
- KROEBER, A. L. Historical reconstruction of culture growths and organic evolution. *American Anthropologist*, v.33, p.149-56, 1931.
- _____. History and science in anthropology. *American Anthropologist*, v.37, n.4, p.539-69, 1935.
- _____. An anthropologist looks at history. *Pacific Historical Review*, v.26, p.281-7, 1957.
- KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*. International Encyclopedia of Unified Science II. 2.ed. Chicago: University of Chicago Press, 1970.
- KUPER, A. *Culture – the anthropologists’ account*. Cambridge: Harvard University Press, 1999.
- LEACH, E. Concluding Address. In: RENFREW, C. *The explanation of culture change: models in prehistory*. London: Duckworth, 1973. p.761-71.
- LEWIS, D. Counterfactual dependence and time’s arrow. *Noûs*, v.13, p.455-76, 1979.
- LEWONTIN, R. C. Testing the theory of natural selection. *Nature*, v.236, n.5343, p.181-2, 1972.
- LYMAN, R. L.; O’BRIEN, M. J. The goals of evolutionary archaeology: History and explanation. *Current Anthropology*, v.39, p.615-52, 1998.
- LYOTARD, J.-F. *The postmodern condition: a report on knowledge*. Manchester: Manchester University Press, 1984.
- MAHNER, M.; BUNGE, M. *Foundations of biophilosophy*. Berlin: Springer, Berlin, 1997.
- MANTZAVINOS, C. *Naturalistic hermeneutics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- MAYR, E. Cause and effect in biology. *Science*, v.134, n.3489, p.1501-6, 1961.
- _____. The nature of the Darwinian revolution. *Science*, v. 176, n.4038, p.981-9, 1972.
- _____. *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

- MAYR, E. The autonomy of Biology: The position of Biology among the sciences. *The Quarterly Review of Biology*, v.71, p.97-106, 1996.
- _____. *What Evolution Is*. London: Phoenix, 2002.
- _____. *What makes biology unique?* Considerations on the autonomy of a scientific discipline. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- MERCINIER, E. Congrès International d'Anthropologie et d'Archéologie Préhistoriques. Compte rendu de la XIVe session. Genève 1912. Publié par les soins de M. Waldemar Deonna. 1913. *Le Globe. Revue Genevoise de Géographie*, v.53, n.1, p.68-9, 1914.
- MOIR, J. R. The position of prehistoric research in England. *Proceedings of the Prehistoric Society of East Anglia*, v.2, n.3, p.381-91, 1917.
- O'HARA, R. J. Homage to Clio, or, toward an historical philosophy for evolutionary biology. *Systematic Zoology*, v.37, p.142-55, 1988.
- O'MEARA, J. T. Anthropology as empirical science. *American Anthropologist*, v.91, p.354-69, 1989.
- PEACE, W. J. Leslie White and evolutionary theory. *Dialectical Anthropology*, v.18, p.123-51, 1993.
- PEREIRA, O. *O que é teoria*. 7.ed. São Paulo: Brasiliense, 1990.
- POPPER, K. Darwinism as a metaphysical research program. In: SCHILP, P. A. *The Philosophy of Karl Popper*. La Salle: Open Court, La Salle, 1974. p.133-43.
- RENFREW, C. Geography, archaeology and environment. *The Geographical Journal*, v.149, p.316-33, 1983.
- ROSSI, P. *Os sinais do tempo – história da terra e história das nações de Hooke a Vico*. São Paulo, Companhia das Letras, 1992.
- RUNCIMAN, W. G. Culture does evolve. *History and Theory*, v.44, p.1-13, 2005.
- RUSE, M. Karls Popper's philosophy of biology. *Philosophy of Science*, v.44, p.638-61, 1977.
- SCHMIDT, L. K. *Hermenêutica*. Petrópolis: Vozes, 2004.
- SCHUMM, S. A. *To interpret the earth: ten ways to be wrong*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- SCRIVEN, M. Explanation and prediction in evolutionary theory. *Science*, v.130, n.3374, p.477-82, 1959.
- SHANKS, M.; TILLEY, C. *Social theory and archaeology*. Albuquerque: University of New Mexico Press, 1987.
- SIMPSON, G. G. Historical Science. In: ALBRITTON, C. C. *The Fabric of Geology*. Stanford: Freeman Cooper, 1963. p.24-48.
- SOBER, E. Evolution, population thinking, and essencialism. *Philosophy of Science*, v.47, p.350-83, 1980.
- STELLO, D. et al. Oscillating red giants observed during campaign 1 of the Kepler k2 mission: new prospects for galactic archaeology. *The Astrophysical Journal Letters*, 809: L3, 2015.
- STERELNY, K. Philosophy of evolutionary thought. In: RUSE, M.; TRAVIS, J. *Evolution: the first four billion years*. Cambridge: Harvard University Press, 2009. p.313-29.

- TILLEY, C. Interpreting material culture. In: PEARCE, S. M. *Interpreting objects and collections*. New York: Routledge, 1994. p.67-75.
- TRIGGER, B. G. "The loss of innocence" in historical perspective. *Antiquity*, v.72, n.277, p.694-8, 1998.
- WASSERMAN, G. On the nature of the theory of evolution. *Philosophy of Science*, v. 48, p.416-37, 1981.
- WATSON, R. A. Geology is different: A critical discussion of "The Fabric of Geology". *Philosophy of Science*, v.33, p.172-85, 1966.
- _____. Laws, systems, certainty, and particularities. *American Anthropologist*, v.78, p.341-4, 1976.
- WATSON, P. J.; LEBLANC, S. A.; REDMAN, C. L. *Archaeological explanation: the scientific method in archaeology*. New York: Columbia University Press, 1984.
- WHITE, L. A. History, evolutionism, and functionalism: Three types of interpretation of culture. *Southwestern Journal of Anthropology*, v.1, p.221-48, 1945.
- _____. Kroeber's "Configurations of Culture Growth". *American Anthropologist*, v.48, p.78-93, 1946.
- WILLER, D.; WILLER, J. *Systematic empiricism: critique of a pseudoscience*. New Jersey: Prentice-Hall, 1973.
- WYLIE, A. *Thinking from Things: Essays in the Philosophy of Archaeology*. Berkeley: University of California Press, 2002.

RESUMO – Neste artigo a arqueologia será utilizada como um estudo de caso ilustrando a discussão a respeito das diferentes modalidades de ciência e das diferentes ontologias envolvidas. Argumentamos que a arqueologia é tão interdisciplinar que não pode ser encarada da mesma maneira que outras disciplinas das Humanidades, tendo suas componentes ontológicas, epistemológicas, teóricas e práticas mais associadas às Ciências da Terra e à Biologia do que à História ou à Antropologia. Por fim, apresentamos a estrutura do método científico na arqueologia e como as suas características apontam para um modelo de interdisciplinaridade extrema, com poucos paralelos nas outras ciências.

PALAVRAS-CHAVE: Arqueologia, Ciência, Interdisciplinaridade, Ciências históricas.

ABSTRACT – In this article Archeology will be used as a case study illustrating the discussion about In this article, Archeology will be used as a case study to illustrate the discussion about the different modes of Science and the different ontologies involved. We argue that Archeology is so interdisciplinary that it cannot be viewed in the same way as other disciplines of the Humanities, having its ontological, epistemological, theoretical and practical components more associated with Earth Sciences and Biology than with History or Anthropology. Finally, we present the structure of the scientific method in Archeology and how its characteristics point to a model of extreme interdisciplinarity, with few parallels in the other sciences.

KEYWORDS: Archaeology, Science, Interdisciplinarity, Historical sciences.

Astolfo Gomes de Mello Araujo é professor do Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP). Participou do Programa Ano Sabático do Instituto de Estudos Avançados da USP em 2016. @ – astwolfo@usp.br

Recebido em 18.9.2017 e aceito em 24.4.2018.

¹Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo Brasil.

Ensino de Geociências na universidade

UMBERTO G. CORDANI, ^I

MARCIA ERNESTO, ^{II}

MARIA ASSUNÇÃO F. DA SILVA DIAS, ^{III}

ELISABETE DE SANTIS B. G. SARAIVA, ^{IV}

FERNANDO F. DE ALKIMIM, ^V

CARLOS ALBERTO MENDONÇA ^{VI}

e RACHEL ALBRECHT ^{VII}

Um pouco de história: as Ciências da Terra no Brasil colonial e no Império

A HISTÓRIA do Brasil colonial compreende duas fases de atividade econômica com base extrativista. A primeira, exclusivamente agrícola e pastoril, se estende pelos dois primeiros séculos após Descobrimento. A segunda, que ficou conhecida como Ciclo do Ouro, tem início em 1698 com as descobertas dos grandes depósitos auríferos de Minas Gerais, e um incremento a partir de 1714, com o início da produção de diamantes, também na região das minas. Marcado por intensa atividade mineira e grande fluxo migratório para o interior do Brasil, o Ciclo do Ouro encerra-se ao final do século XVIII com o esgotamento das lavras a céu aberto e com a falta de tecnologias que permitissem o desenvolvimento de minas subterrâneas. Estima-se que, entre os anos 1700 e 1808, quando da chegada da família real ao Brasil, aproximadamente 700 toneladas de ouro e cerca de três milhões de quilates de diamantes tenham sido extraídos somente em Minas Gerais (Abreu, 1973; Guimarães, 1981; Machado; Figueirôa, 2001). Além disso, o afluxo populacional à colônia teria sido de aproximadamente 600.000 portugueses e de 2.600.000 africanos trazidos como escravos.

Apesar da experiência de um século de intensa atividade mineira, o Brasil colonial não foi palco de estudos geocientíficos (ou mesmo científicos de um modo geral) relevantes. Vale mencionar, entretanto, a relação do Brasil com a era das Grandes Navegações, iniciada entre os séculos XV e XVI por portugueses e espanhóis. Portugal, com o estímulo do infante D. Henrique, reunia na Escola de Sagres, considerada o centro de estudos de navegação, cosmógrafos, cartógrafos, mercadores, navegadores e aventureiros. O interesse de Portugal por grandes viagens voltadas ao Atlântico proporcionou aos portugueses a descoberta do Brasil em 1500, por Pedro Álvares Cabral. De certo modo, os

navegadores se serviam de um conhecimento multidisciplinar sobre circulação atmosférica oceânica, abordados pela oceanografia atual, bem como passaram a cultivar outros interesses, biológicos, químicos e geológicos, os quais complementam a vocação da Oceanografia como um todo, incluindo-a entre uma das sub-áreas das Ciências da Terra. Ademais, os primeiros navegantes portugueses, ao chegarem em terra, registravam a declinação magnética em cada local apontado, dado importante para a navegação mais segura. Os apontamentos por eles feitos constituem, atualmente, fontes de informação preciosas para estudos da variação secular do campo magnético terrestre, podendo-se dizer que, simbolicamente, a geofísica chegou ao Brasil com os seus descobridores. Sobreviveram aos nossos dias alguns poucos documentos do período, todos eles relativos à atividade mineira. Tornou-se muito conhecida a obra do jesuíta italiano Andre João Antonil (1649-1716), intitulada *Cultura e opulência do Brasil por suas drogas e minas* (Antonil, 1982), publicada em 1711 em Lisboa, que contém uma reportagem sobre as técnicas aqui empregadas na mineração de ouro aluvionar.

Atividades com caráter técnico ou científico bem atribuído têm início no Brasil nos últimos anos do século XVIII com a atuação dos chamados egressos de Coimbra. Brasileiros ilustrados, formados em Coimbra após as reformas pombalinas, engajaram-se em projetos da coroa portuguesa que tinham como objetivo principal revitalizar e ampliar a mineração na colônia, a essa época em franca decadência (Figueirôa et al., 2004; Silva; Figueirôa, 2004). Como representantes destacados desse grupo figuram José Vieira Couto, José Bonifácio de Andrada e Silva e Manoel Ferreira da Câmara Bittencourt Aguiar e Sá.

Vieira Couto (1752-1827), naturalista, nascido no Arraial do Tejuco (hoje Diamantina, MG) e graduado em Coimbra em 1778, produziu quatro monografias: i) *Memoria sobre Capitania de Minas Geraes, seu território, clima e produções metallicas*, escrita em 1799; ii) *Memoria sobre as minas da capitania de Minas Geraes, de 1801*; iii) *Memoria sobre as nitratreiras naturaes e artificiaes de Monte Rorigo na Capitania de Minas Geraes*, escrita em 1803; e iv) *Memoria sobre as minas de cobalto de Minas Geraes*, de 1805. Além do que vai explicitado nos respectivos títulos, as memórias de Vieira Couto contém descrições pioneiras da geomorfologia e aspectos da geologia de várias partes do território mineiro, além de arrazoados críticos sobre técnicas de mineração então empregadas e propostas de soluções para os problemas existentes (Silva, 2002). Embora não devidamente citadas, é evidente incorporação das observações e críticas de Vieira Couto em textos mais tarde produzidos por outros autores.

Manoel Ferreira da Câmara Bittencourt Aguiar e Sá (1762-1835), nascido provavelmente em Itacambira, Minas Gerais, concluiu o curso na Universidade de Coimbra em 1788, onde foi contemporâneo de José Bonifácio de Andrada e Silva. Após a sua graduação, ingressou na Academia de Ciências de Lisboa, onde publicou em 1789 a monografia *Ensaio de Descrição Física e Econômica da Comarca de Ilhéus na América*, que foi sucedida, no mesmo, pela *Memoria de Observações Físico-Econômicas Acerca da Extração do Ouro do Brasil*. Após

a realização de outros trabalhos, foi aquinhoado com uma bolsa para viagens científicas a vários países europeus, quando faz significativas contribuições aos campos da mineralogia e geognosia (denominação para geologia até meados do século XIX). Retornou ao Brasil em 1808, onde se tornou intendente geral das Minas dos Diamantes do Serro Frio (Varela, 2007). Mais tarde, como deputado da Assembleia Nacional Constituinte de 1823 e senador do Império, reivindicou e atuou para a criação no Brasil de uma escola superior voltada para o ensino de mineração, mineralogia e metalurgia, o que só veio a se concretizar no Brasil ao sinal de século XIX, com a criação da Escola de Minas de Ouro Preto.

José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838), natural de Santos e que viria a ser mais tarde o patriarca da Independência do Brasil, teve uma destacada carreira como naturalista, notadamente no campo da mineralogia. Como Câmara, após a graduação em Coimbra, em 1790 iniciou viagens pela Europa (Varela et al., 2005) que perduraram por mais de dez anos. Com menos de 40 anos já era plenamente consagrado no mundo da ciência e, em sua estada na França, apresentou em 1792, na Sociedade de História Natural de Paris, um trabalho intitulado *Memória sobre os diamantes do Brasil*. Depois de concluída a viagem, escreveu em 1800 um artigo científico sobre os minerais novos que encontrou nas minas da Suécia e da Noruega, em que ele fez uma descrição mineralógica e química completa das espécies minerais espodumênio, petalita, criolita e escapolita. Esse trabalho, o primeiro desse nível feito por um brasileiro, foi publicado no mesmo ano na França, na Alemanha e na Inglaterra.

Remontam também ao final do século XVIII outras iniciativas importantes, como a criação em 1780 do Imperial Observatório Nacional (ON) no Rio de Janeiro, a primeira instituição brasileira a se ocupar de estudos geofísicos a partir das instalações montadas por astrônomos portugueses para realizar observações regulares de astronomia e magnetismo terrestre. Segundo Dos Santos (2005), atreladas às observações astronômicas, ocorreram também as primeiras observações meteorológicas documentadas no Brasil.

Com a chegada da corte portuguesa e do príncipe regente Dom João VI em 1808, o Brasil foi aberto aos naturalistas, viajantes e artistas estrangeiros que deixaram importante legado. Inaugura-se então um período de várias investigações científicas do território brasileiro, no qual a grande atuação no ramo das ciências da Terra coube ao alemão Wilhelm Ludwig von Eschwege (1777-1855), engenheiro militar de profissão, além de naturalista, geólogo, geógrafo e botânico. Foi incumbido pela coroa portuguesa de realizar um estudo do potencial mineiro do país, com a meta de reanimar a decadente mineração de ouro e implementar a nascente indústria siderúrgica. Von Eschwege permaneceu no Brasil até 1821 como intendente das Minas e curador do Real Gabinete de Mineralogia. Além disso, foi encarregado do ensino das ciências da engenharia aos futuros oficiais do exército e do de técnicas avançadas de extração mineral aos mineiros. Considerado pioneiro dos estudos geológicos do Brasil, empreendeu

várias viagens de exploração geológica, das quais resultou uma vasta contribuição escrita. A sua principal obra, *Pluto Brasiliensis (Riqueza do Brasil)* (Berlim, 1833), pode ser considerada a primeira peça científica em profundidade e abrangência sobre a geologia do Brasil.

Além de Von Eschwege, muitos novos conhecimentos sobre a história natural do território brasileiro foram obtidos com as expedições realizadas pelos naturalistas viajantes, dentre eles o francês Auguste de Saint Hilaire (1779-1853) e os alemães Karl Friedrich Philipp von Martius (1794-1868) e Johann von Spix (1781-1826), estes últimos autores da famosa monografia *Flora Brasiliensis*.

Após a Independência, o imperador Dom Pedro II, com seu interesse pelas artes e ciência, empreendeu inúmeros esforços para estabelecimento da pesquisa e ensino das Ciências da Terra no país. Por um tempo, mostrou inclusive preocupação com tremores de terra registrados em vários pontos do Brasil e procurou coletar informações nas províncias. Surge então o que talvez tenha sido a primeira publicação geocientífica feita no Brasil (Capanema, 1859). O próprio imperador foi autor de uma publicação a respeito de um tremor ocorrido em Pernambuco em 1811 (Dom Pedro d'Alcântara, 1860) e posteriormente comunicou outro episódio à mais prestigiada revista científica da época (Dom Pedro d'Alcântara, 1886), os *Anais da Academia de Ciências de Paris*.

Persistindo no seu intento, D. Pedro II fez, em 1871, uma viagem à França em busca de conselhos para melhor aproveitar o potencial mineral do Brasil. Muito importantes foram os desdobramentos dessa viagem, pois, tendo partido com o intuito de promover o ensino de Mineralogia, Geologia, Mineração e Metalurgia no país, retornou convicto de que deveria também criar as condições para a confecção da carta geológica do território nacional.

As mesmas sugestões recebidas em Paris foram apresentadas ao imperador pelo geólogo canadense Charles Frederick Hartt (1840-1878), que viajou pelo Brasil em 1870-1871 liderando as expedições Morgan, no litoral nordeste do país e na Amazônia, organizadas pela Universidade norte-americana de Cornell. Pelo potencial científico e mineral que o país apresentava, Hartt convenceu as autoridades brasileiras da importância da elaboração de um mapa geológico do país. Em 1875, Dom Pedro II criou, então, a Comissão Geológica do Império, com ênfase no estudo da Geologia e da Paleontologia e das minas brasileiras. Charles F. Hartt foi o seu primeiro coordenador, cargo que exerceu até a sua morte prematura, em 1878, vítima de um surto de febre amarela. Uma resenha sobre os escritos de Hartt apareceu na edição da revista *Nature* em 1870, assinada por Alfred Wallace, um dos proponentes da teoria da evolução das espécies junto com Charles Darwin.

Durante a expedição Morgan, um dos principais ajudantes de Charles Hartt foi o geólogo e geógrafo estadunidense Orville Adalbert Derby (1851-1915), à época estudante da Universidade Cornell. Convidado para fazer parte da Comissão Geológica do Império, Derby organizou as coleções de minera-

logia e paleontologia da instituição e, a partir de 1886, dirigiu a importante Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo e posteriormente o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. Muito ativo intelectualmente, Derby fez importantes trabalhos básicos nas ciências da Terra em muitas partes do território brasileiro e publicou, até o início do século XX, inúmeras memórias e artigos científicos nas áreas da mineralogia, petrografia, geologia, geografia e paleontologia. Em vista de suas grandes e numerosas contribuições, Orville Derby é considerado o pai da geologia do Brasil. Nessa época, no contexto da Comissão Geográfica e Geológica, e publicação no *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, foram documentados novos registros meteorológicos sobre o território brasileiro (Dos Santos, 2005).

Na mencionada viagem que fez a Paris em 1871, Dom Pedro II viabilizou a contratação do naturalista e geólogo francês Claude Henri Gorceix (1842-1919) para vir ao Brasil e se incumbir da criação de uma escola superior de mineralogia, geologia, mineração e metalurgia. Após várias viagens de Gorceix pelo Brasil para escolha do local de instalação da escola, foi finalmente fundada a Escola de Minas (EMOP) em 12 de outubro de 1876 em Ouro Preto, então capital da província de Minas Gerais. Nos anos seguintes, a EMOP, que originalmente se organizou segundo o modelo das escolas de montanhística de Freiberg e Saint Etienne, ampliou o seu escopo ao se espelhar na Escola de Minas de Paris. Desde a sua fundação em 1876 até 1960, ano de conclusão da primeira turma de geólogos nos cursos instalados pela Campanha de Formação de Geólogos (CAGE) (ver adiante), graduaram-se pela EMOP 827 engenheiros. Um grande número deles atuou profissionalmente como geólogo, tanto em empresas de mineração e exploração mineral como em órgãos governamentais e instituições de Ensino Superior. Um dos importantes legados do fundador da escola foi a ênfase nos conhecimentos em geociências, praticado por todos os seus sucessores (Alkmim; Menezes, 2008).

As motivações para a criação de cursos de Geologia, Meteorologia, Geofísica e Oceanografia no Brasil

Em vista da navegação marítima sempre sujeita a intempéries, no final do século XIX e início do século XX, houve grande motivação para o estabelecimento de um serviço meteorológico no Brasil. As tempestades marítimas na costa de Santa Catarina e do Rio de Janeiro impulsionaram a necessidade de um acompanhamento mais detalhado das variáveis meteorológicas, o que, aliás, já ocorria nos países desenvolvidos do Hemisfério Norte. Além da Comissão Geográfica e Geológica, ocupavam-se de meteorologia a Repartição dos Telégrafos, a Repartição Hidrográfica, ligada ao Ministério da Marinha, e o Imperial Observatório Astronômico do Rio de Janeiro. Este último deu lugar em 1909 à Diretoria de Meteorologia e Astronomia, a qual originou o atual Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do Ministério da Agricultura e Pecuária. Barboza (2006) descreve a evolução das redes meteorológicas de observação nessa época

e o uso do telégrafo para transmissão das informações para previsão do tempo. Nessa época, o Brasil incorporava as teorias científicas desenvolvidas em latitudes médias na Europa e Estados Unidos, referentes à movimentação de massas de ar e frentes frias, e sofria com falhas de previsão devidas, essencialmente, às lacunas nas observações e à falta de conhecimento sobre os processos inerentes à Meteorologia Tropical. O ensino informal da Meteorologia ocorria somente do ponto de vista técnico, através de disciplinas para observadores meteorológicos na Escola Normal da Praça da República (Dos Santos, 2005) e a partir da atuação de formados em outras áreas, seja da geografia, geologia, biologia, agricultura, astronomia ou engenharia.

Com relação à Geologia, em 1907 foi criado o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, sob a direção de Orville Derby, e até a década de 1930 estava sendo apenas incubada uma cultura geológica nacional. Com a criação de universidades, do Conselho Nacional do Petróleo e da Companhia Vale do Rio Doce, e com todas as mudanças experimentadas pelo setor mineral, gerou-se no Brasil uma crescente demanda de profissionais com formação específica em Geologia. Já no governo de Getúlio Vargas, em 1934, uma nova constituição separou as propriedades do solo e do subsolo e nacionalizou as reservas minerais do país. Por essa norma legal foi criado o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), como órgão governamental encarregado de planejar, gerir e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, zelando para que o aproveitamento dos recursos minerais fosse realizado de forma racional e controlada.

Quanto à geofísica, foi instalado pelo Observatório Nacional, em 1915, o Observatório Magnético de Vassouras. Além disso, o ON também realizou as primeiras medidas do campo de gravidade no Brasil, que resultaram nas redes de referência a partir de 1955. Digno de nota também foi o estudo de prospecção magnética realizado por M. C. Malamphy no Estado de Santa Catarina, e publicado em 1936 no primeiro número da revista *Geophysics*, que tinha sido encomendado pelo Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil para identificar estruturas favoráveis à acumulação de petróleo.

A Oceanografia no Brasil nasceu em 1946 com o Instituto Paulista de Oceanografia (IPO), cujo objetivo era dar base científica às atividades de pesca, apoiando a exploração de recursos no litoral paulista. Seu fundador foi o professor Wladimir Besnard, ilustre pesquisador, considerado o pai da Oceanografia no Brasil, que atuava na França e que foi convidado a trabalhar no Brasil pelo governo paulista. De início, ele instalou duas bases de pesquisa nas partes norte e sul do litoral do estado, e iniciou suas pesquisas oceanográficas em trechos do complexo estuarino-lagunar de Cananeia-Iguape, onde no final de 1948 foi construído um laboratório flutuante. No litoral norte, as atividades iniciaram-se em 1949, no Canal de São Sebastião, e em maio de 1950, o IPO realizou a sua primeira expedição em mar aberto, no Oceano Atlântico Sul, indo rumo às ilhas

de Trindade e Martim Vaz. A Incorporação do IPO à Universidade de São Paulo (USP) como Instituto Oceanográfico ocorreu em 1951, e o professor Besnard foi o seu primeiro diretor. Em 1955, o IOUSP adquiriu o Navio Oceanográfico (N/Oc.) Ungava, o primeiro navio nacional de pesquisa, e no ano de 1964 foi assinado um contrato para construção do novo navio, que se chamaria Wladimir Besnard, no estaleiro norueguês de Bergen. Posteriormente, as expedições desse navio para a península Antártica foram importantes no processo de inclusão do Brasil como membro do Tratado Antártico.

Durante toda a primeira metade do século XX, o contingente de profissionais envolvidos com as ciências da Terra no Brasil não ultrapassava 5-6 dezenas de pessoas, oriundas dos cursos de História Natural ou de Engenharia existentes no Brasil, ou geólogos formados no exterior, que desenvolviam algumas atividades ligadas ao conhecimento do arcabouço geológico do território brasileiro. Em 1949 foi fundada a Sociedade Brasileira de Geologia, com engenheiros, geógrafos ou naturalistas, mas sem geólogos brasileiros. Com as atividades mineiras, e com o início ao sistemático processo de exploração de petróleo e gás, pela criação da Petrobrás, em 1953, tornou-se urgente a formação de pessoal técnico em número e qualidade para o desenvolvimento mineral brasileiro.

Com sua meta de “50 anos em 5”, o presidente recém-eleito em 1957, Juscelino Kubitschek, desejava fomentar a indústria nacional, com investimentos na área tecnológica. Em particular, a Geologia era uma das mais deficitárias, e por isso buscou instalar cursos superiores de padrão e qualidade, em regime de tempo integral e dedicação exclusiva, num ambiente integrado de ensino e pesquisa. Foi criada nesse ano a Campanha de Formação de Geólogos (CAGE), que fomentou a criação e forneceu recursos materiais e humanos para quatro cursos de Geologia: em Porto Alegre, São Paulo, Recife (PE) e em Ouro Preto (MG). No ano seguinte foram criados dois outros cursos, em Salvador e Rio de Janeiro. Alguns anos depois, com a primeira leva de bacharéis formados nos cursos de Geologia, a profissão de geólogo veio a ser regulamentada, ficando reservada exclusivamente aos graduados em Geologia, sob a fiscalização do Conselho de Engenharia e Arquitetura.

No caso da Geofísica, a Petrobras havia iniciado de forma regular, nos anos 1960, o reconhecimento aerogeofísico das bacias sedimentares, e o levantamento gravimétrico dessas bacias, visando a delimitação de estruturas geológicas para prospecção de petróleo. As atividades crescentes ligadas à exploração de petróleo levaram a empresa a criar cursos e atividades de capacitação profissional de físicos, engenheiros, geólogos, entre outros, para formar especialistas em tópicos diversos dos métodos exploração, com implementação de base computacional para processamento de dados e interpretação de dados sísmicos e de geofísica de poço. Alguns anos mais tarde, as muitas ações de cunho mais científico e observacional em algumas universidades que haviam iniciado estudos geofísicos e geodésicos, do Observatório Nacional, que havia criado em

1915 o Observatório de Vassouras, do IBGE que havia expandido a cobertura de dados gravimétricos, e do DNPM com atividades de geofísica aplicada, levaram à criação de cursos formais de geofísica, mas em nível de pós-graduação. Na época algum ensino já ocorria nas universidades, pela oferta de disciplinas versando sobre alguns tópicos da Geofísica em cursos de graduação em Física, Geologia e outros. Entretanto, a formação de profissionais somente teria início com os cursos de pós-graduação criados na Universidade Federal da Bahia (1969), na Universidade de São Paulo (1972) e na Universidade Federal do Pará (1973). De modo geral, esses cursos nasceram de grupos de ciências exatas, porém com inspirações diferentes, uma com vocação para tópicos aplicados, de interesse imediato para setores industriais, outra vertente para estudos globais e de conhecimento básico. Em 1978 foi fundada a Sociedade Brasileira de Geofísica (SBGf), pois os geofísicos até então não contavam com um fórum único para se reunir. A SBGf, desde então, organizou seu Congresso Internacional de Geofísica e, a partir de 2004, o Simpósio Brasileiro de Geofísica. Finalmente, a necessidade de contar com um ensino iniciado diretamente em Geofísica, a partir de jovens egressos do Ensino Médio, em regime de tempo integral durante 4-5 anos, levou à criação dos cursos de graduação. O primeiro ocorreu na USP em 1983 e o segundo na Universidade Federal da Bahia (UFBa), em 1992.

Características dos cursos de graduação em Geociências

A Tabela 1 apresenta a relação das 47 universidades brasileiras, federais, estaduais e privadas, que ofereceram em 2018 cursos de graduação nas Ciências da Terra, com as respectivas datas de início. Verifica-se que há 33 cursos de Geologia, além de três de Engenharia Geológica, 14 cursos de Meteorologia, 13 de Oceanografia e 8 de Geofísica. A criação desses cursos ao longo das últimas seis décadas obedeceu a diferentes circunstâncias, tais como inaugurar algumas áreas científicas específicas ou atender a pressões do mercado profissional em desenvolvimento.

Cursos de Geologia

Com relação à geologia, como já foi exposto, os primeiros seis cursos foram iniciados no fim da década de 1950, contando com a estrutura das universidades que os receberam e com recursos financeiros fornecidos pela Campanha de Formação de Geólogos (CAGE). A maioria de seus professores já fazia parte das universidades brasileiras, mas com o auxílio da CAGE foram contratados muitos profissionais estrangeiros, em especial diversos geólogos que pertenciam ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), que já se encontravam no Brasil, num acordo com o governo brasileiro, para o projeto de avaliação dos recursos minerais do Quadrilátero Ferrífero. Max White, Norman Herz, Patrick Delaney, entre outros, em muito contribuíram para o desenvolvimento da geologia no Brasil na década de 1960

Os cursos iniciais de Geologia tinham duração de quatro anos e a maioria dos egressos, em 1960 e 1961, foi absorvida nas atividades de prospecção mi-

Tabela 1 – Universidades brasileiras nas Ciências da Terra

| Instituição | Localização | Manutenção | Geologia | Geofísica | Meteorologia | Ocenografia |
|-------------------------------------------------|--------------------|------------|----------|-----------|--------------|-------------|
| Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH | Belo Horizonte, MG | Particular | 2014 | | | |
| Faculdade do Noroeste de Minas – FINOM | Patos de Minas, MG | Particular | 2013 | | | |
| Universidade da Amazônia – UNAMA | Belém, PA | Particular | 2015 | | | |
| Universidade de Brasília – UNB | Brasília, DF | Federal | 1965 | 2009 | | |
| Universidade de São Paulo – USP | São Paulo, SP | Estadual | 1957 | 1983 | 1976 | 2002 |
| Universidade do Estado do Amazonas – UEA | Manaus, AM | Estadual | | | 2008 | |
| Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ | Rio de Janeiro, RJ | Estadual | 1977 | | | 1977 |
| Universidade do Estadual Paulista – UNESP | Bauru, SP | Estadual | | | 2014 | |
| Universidade do Norte Fluminense – UENF | Macaé | Estadual | | | 2013 | |
| Universidade do Rio dos Sinos – UNISINOS | São Leopoldo, RS | Particular | 1973 | | | |
| Universidade do Rio Grande do Sul – UFRGS | Porto Alegre, RS | Federal | 1957 | | | |
| Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP | Campinas, SP | Estadual | 1998 | | | |
| Universidade Estadual Paulista – UNESP | Rio Claro, SP | Estadual | 1969 | | | |
| Universidade Federal da Bahia – UFBA | Salvador, Ba | Federal | 1958 | 1992 | | 2003 |
| Universidade Federal de Alagoas – UFAL | Maceió, AL | Federal | | | 1979 | |
| Universidade Federal de Campina Grande – UFCG | Campina Grande, PB | Federal | | | 1973 | |
| Universidade Federal de Goiás – UFG | Goiânia, GO | Federal | 2015 | | | |
| Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI | Itajubá, MG | Federal | | | 2010 | |
| Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT | Cuiabá, MT | Federal | 1976 | | | |
| Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG | Belo Horizonte, MG | Federal | 1973 | | | |
| Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP | Ouro Preto, MG | Federal | 1957 | | | |
| Universidade Federal de Pelotas – UFPel | Pelotas, RS | Federal | 2008 | | 1978 | |
| Universidade Federal de Pernambuco – UFPE | Recife, PE | Federal | 1957 | | | 2009 |
| Universidade Federal de Roraima – UFRRR | Boa Vista, RR | Federal | 2007 | | | |
| Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC | Florianópolis, SC | Federal | 2009 | | 2012 | 1998 |

| Continua | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|------|------|------|-------|
| Universidade Federal de Santa Maria – UFSM | Santa Maria, RS | Federal | | | 2005 | |
| Universidade Federal de Sergipe – UFS | Aracaju, SE | Federal | 2007 | | | |
| Universidade Federal de Uberlândia – UFU | Uberlândia, MG | Federal | 2015 | | | |
| Universidade Federal do Amazonas – UFAM | Manaus, AM | Federal | 1976 | | | |
| Universidade Federal do Ceará, UFC | Fortaleza, Ce | Federal | 1970 | | | 2007 |
| Universidade Federal do Espírito Santo – UFES | Alegre, ES | Federal | 2005 | | | 2000 |
| Universidade Federal do Oeste da Bahia – UFOB | Barreiras, BA | Federal | 2006 | | | |
| Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA | Itaituba/Santarém, PA | Federal | 2015 | 2009 | 2014 | |
| Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA | Bagé, RS | Federal | 2011 | 2006 | | |
| Universidade Federal do Pará – UFPa | Belém, Pa | Federal | 1964 | 2002 | 1975 | 2000 |
| Universidade Federal do Paraná – UFPr | Curitiba, PR | Federal | 1973 | | | 2000 |
| Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ | Rio de Janeiro, RJ | Federal | 1958 | | 1963 | |
| Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN | Natal, RN | Federal | 1976 | 2009 | 2015 | |
| Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA | Marabá, PA | Federal | 2013 | | | |
| Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM | Diamantina, MG | Federal | 2014 | | | |
| Universidade Federal Fluminense – UFF | Niterói, RJ | Federal | | 2004 | | |
| Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ | Seropédica, RJ | Federal | 1970 | | | |
| Universidade São Judas – UNIMONTE | Santos, SP | Particular | | | | 1998* |
| Universidade Vila Velha – UVV | Vila Velha, ES | Particular | 2017 | | | |
| Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI | Itajaí, SC | Privada | | | | 1992 |
| Universidade Federal do Rio Grande – FURG | Rio Grande, RS | Federal | | | | 1971 |
| Universidade Federal do Maranhão – UFMA | São Luís, MA | Federal | | | | 2006 |

neral e de petróleo. Nos 20 anos seguintes foram instalados mais 12 cursos de Geologia (Tabela 1), em virtude do crescimento da demanda de geólogos por causa do aumento nas atividades de exploração mineral e das novas atuações dos profissionais em geologia para o aproveitamento de águas subterrâneas e para a geologia de engenharia, esta última desenvolvida para auxiliar nas grandes obras de engenharia civil que estavam sendo instaladas no Brasil. A partir de 1970, os cursos de Geologia passaram a ter cinco anos, de modo similar aos cursos de Engenharia.

Já nos primeiros anos do século XXI, em grande parte devido à revelação pela Petrobrás do grande potencial petrolífero nas estruturas pré-sal nas bacias da margem leste brasileira, e ao crescimento da demanda de “*commodities*” em sua primeira década, mais 17 novos cursos de Geologia foram criados muitos deles num passado muito recente (Tabela 1).

Em vistas das transformações tecnológicas e culturais que ocorreram no mundo, a partir da década de 1980 os geólogos foram chamados para atividades relacionadas com conservação e reabilitação ambiental. À geologia foi conferido um papel de importância crescente em todas as questões relacionadas a um melhor entendimento da Terra, no caminho para uma sociedade sustentável. Seu papel é considerado essencial na gestão de recursos minerais e energéticos, gestão de aquíferos, combate à degradação e erosão de solos, e também na mitigação de desastres naturais de causa geológica. Além disso, a geologia voltou-se progressivamente para questões globais, holísticas, inerentes a um “*Sistema Terra*” e com isto tornou-se mais quantitativa, utilizando largamente a matemática, a estatística e a tecnologia da informação no monitoramento e modelamento dos processos inerentes ao funcionamento e à evolução do planeta.

Essas transformações na sociedade podem ser vistas nas modificações no conteúdo programático dos cursos de Geologia no Brasil. Se em seu início os cursos de Geologia tinham forte ligação com as ciências naturais, e certo viés para atender a busca de recursos minerais e energéticos, com o tempo seu conteúdo se tornou muito mais diversificado, mais quantitativo e mais voltado para opções profissionais, sem porem perder as variantes mais acadêmicas, voltadas para mineralogia, petrologia, paleontologia etc. Com seis décadas de atuação dos cursos de Geologia, estima-se que se formaram, no país, cerca de 30 mil geólogos, dois terços dos quais ainda se encontram ativos. Algumas centenas fazem parte do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) e outros tantos integram as duas principais empresas do país, a Petrobrás e a Vale. Muitos atuam em empresas de serviços, e outros como consultores para exploração mineral, recursos hídricos ou geologia ambiental.

Presentemente, os currículos dos cursos de Geologia no Brasil possuem certa uniformidade, incluindo genericamente: (1) Disciplinas básicas tais como Cálculo, Estatística, Computação, Física, Química, Biologia, e noções holísticas relacionadas com o “*Sistema Terra*”; (2) Disciplinas específicas com conteúdo

geológico, tais como Geologia Geral, Mineralogia, Paleontologia, Estratigrafia, Mapeamento Geológico; (3) Disciplinas profissionalizantes, tais como Exploração Mineral, Geologia do Petróleo, Hidrogeologia, Geologia de Engenharia, Geologia Ambiental; (4) Disciplinas optativas diversificadas, muitas delas fora da Geologia; e (5) Normalmente os cursos incluem também um trabalho final de graduação.

Cursos de Meteorologia

O ensino específico de graduação em Meteorologia se iniciou no Brasil em 1963 na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Vários professores indicados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) foram ao Rio de Janeiro para formar as primeiras turmas de meteorologistas, e dessas primeiras turmas foram escolhidos os primeiros docentes brasileiros da Meteorologia na UFRJ. Em 1968 teve início a pós-graduação em Meteorologia no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), no contexto do Programa Espacial Brasileiro. Na década de 1970, os graduados da UFRJ e os mestres e doutores formados no Inpe promoveram a expansão dos cursos de graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, em 1973; Universidade Federal do Pará, em Belém, Pará, em 1975; Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), no Rio Grande do Sul, em 1978; e Universidade Federal de Alagoas (Ufal), em Maceió, em 1979 (Tabela 1). Em São Paulo, a iniciativa de criação de um curso de Meteorologia em 1976 foi independente das demais, com contratação de professores estrangeiros e o envio de docentes para obtenção do doutorado no exterior.

Nas décadas de 1980 e 1990, o número de cursos de graduação em Meteorologia permaneceu estável. A partir de 2005 e até 2014, o total de cursos passou por nova expansão e chegou ao número de 13. Razões para essa expansão são diversas, mas é interessante notar que o mercado de trabalho e as instituições de pesquisa também se expandiram e se diversificaram nessa mesma época. As áreas de aplicação da Meteorologia passaram a demandar projetos e profissionais da área. Em particular, os setores de energia hidroelétrica, eólica e solar e a área de poluição do ar contrataram profissionais da meteorologia em todas as regiões do país. A conscientização sobre o papel da meteorologia de precisão na agricultura impulsionou novas áreas de aplicação. Programas do Ministério da Ciência e Tecnologia promoveram a implantação do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) no Inpe, em 1994, e nos anos seguintes de núcleos de meteorologia nos estados voltados aos problemas regionais. A expansão relativamente desordenada da meteorologia no país provocou alguns conflitos, como na atuação dos grupos mais tradicionais como o INMET, a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha e o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (Decea) do Ministério da Defesa, com o novo ator representado pelo CPTEC/Inpe. Nos estados de Rio de Janeiro e São Paulo, diversos órgãos surgiram com sobreposição de atuação. Apesar da evidente

duplicação de esforços, que causou certo desperdício de recursos financeiros, a expansão certamente contribuiu para a consolidação do mercado de trabalho e abriu espaço também para a iniciativa privada com o estabelecimento de várias empresas de serviços de meteorologia.

Os cursos de Meteorologia no Brasil são estruturados em forte fundamentação matemática (Cálculo, Álgebra, Vetores e Geometria, Estatística e Computação) e física (teóricas e laboratórios), e também conceitos fundamentais de meteorologia (e.g., instrumentos meteorológicos, termodinâmica da atmosfera, radiação solar e terrestre, climatologia, meteorologia sinótica e física). Destaca-se também a sólida formação em conceitos avançados na maioria dos cursos, como meteorologia tropical, dinâmica atmosférica, micrometeorologia, hidrometeorologia, agrometeorologia, radares meteorológicos e sensoriamento remoto por satélites. Os cursos também exigem estágio curricular obrigatório e trabalho de conclusão de curso, seguindo as diretrizes do MEC para bacharelado em Meteorologia e Ciências Atmosféricas.

Cursos de Geofísica

Como já mencionado, os primeiros cursos formais de geofísica foram criados em nível de pós-graduação, pelo interesse científico de pessoal existente nas universidades de São Paulo, Bahia e Pará, com formação em física ou geologia. Nos anos 1960, por recomendação da Unesco, foi iniciada a instalação de uma rede sismológica na recém-criada Universidade de Brasília, para compor o arranjo sismográfico de alta sensibilidade destinado à monitoração da atividade sísmica andina. Na época, no Inpe, no estado de São Paulo, havia também uma importante área de pesquisa em Geofísica Espacial, que desde então se estabeleceu, e trata de observações geomagnéticas e das interações Sol-Terra. Ademais, na década de 1970, para realizar um primeiro reconhecimento de parâmetros geofísicos, em escala continental, já estavam sendo efetuados, no território brasileiro, levantamentos regionais pelo Observatório Nacional do ON, em parceria com a USP e a UFPr, visando a implantação de uma Rede Gravimétrica de Referência para a representação e interpretação do campo de gravidade no Brasil.

Ao mesmo tempo, em vista do aumento das atividades de exploração mineral no Brasil, levantamentos regionais de geofísica foram realizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) em muitas áreas com potencial mineral, e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) coordenou o reconhecimento aerogeofísico do escudo cristalino. Nesse último aspecto, os dados obtidos na vasta região Amazônica forneceram uma base de dados fundamental para o conhecimento geológico dessa área até então desconhecida do território brasileiro. Além disso, em face da demanda mundial por minério de ferro, abundante no Brasil, as províncias do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, e da Serra dos Carajás do estado do Pará, ambas com relevância mundial, foram cobertas por levantamentos de gravimetria aerotransportada por empresas públicas e privadas. São dessa época também os levantamen-

tos radioativos efetuados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e pela Nuclebras para a prospecção de jazidas de Urânio, e os muitos estudos com geofísica terrestre, realizados pela CVRD (atualmente Vale) para a exploração de recursos minerais não ferrosos.

No caso da exploração de petróleo, a Petrobras deu início à prospecção na plataforma continental nas bacias de Sergipe e de Campos, que levou a descobertas de campos gigantes em águas profundas. A exploração econômica da plataforma continental motivou estudos científicos regionais, desenvolvidos nos projetos Remac (Reconhecimento da Margem Continental) na década de 1970. Posteriormente, já no século presente, foram descobertas as reservas do pré-sal, em águas ultraprofundas, e a exploração de petróleo na plataforma exigiu a cobertura sistemática com sísmica de reflexão, aquecendo o mercado de trabalho e de serviços.

Essas numerosas atividades de geofísica efetuadas por algumas universidades e por algumas instituições científicas, aliadas às ações de geofísica aplicada à exploração mineral e à prospecção de petróleo, realizadas por diversos órgãos governamentais e por empresas privadas, exerceu a pressão necessária para a criação de cursos de graduação, em tempo integral, que pudessem atender à demanda de pesquisadores e profissionais competentes. Os primeiros cursos de Geofísica instalados no Brasil ocorreram justamente naquelas universidades onde já havia uma pós-graduação consolidada, na USP (1983), UFBA (1992) e UFPa (2002). Os cinco outros cursos de Geofísica no Brasil vieram a ser criados entre 2004 e 2009 (Tabela 1), em razão de uma forte demanda do mercado de trabalho, em vista da aceleração da produção de petróleo pela Petrobras e do grande incremento das atividades de exploração mineral pelo ciclo mundial de maior valor das “*commodities* minerais”.

As grades curriculares do ensino de graduação em Geofísica fornecem forte fundamentação em matemática e física, nos primeiros semestres, o que forma a base para introduzir as metodologias específicas da geofísica aplicada (sísmica, métodos potenciais, métodos elétricos e eletromagnéticos, métodos radiométricos). Alguns cursos, como o da USP, introduzem também disciplinas para a formação mais acadêmica ou de investigação profunda da Terra (geomagnetismo, paleomagnetismo, sismologia, geotermia, dinâmica e evolução da Terra). Os cursos exigem trabalhos de conclusão do curso realizados na própria unidade, junto a outros grupos de geofísica ou em empresas.

Cursos de Oceanografia

O estudo sistemático da Oceanografia, que teve início no Brasil com a criação do Instituto Paulista de Oceanografia (1946), foi posteriormente absorvido pela Universidade de São Paulo, passando a denominar-se Instituto Oceanográfico. Em 1954 foi criada a Sociedade de Estudos Oceanográficos do Rio Grande (SEORG) e, em seguida, foi realizada a Semana Oceanográfica e fundado o Museu e Aquário Oceanográfico (1955). Esses acontecimentos impul-

sionaram as pesquisas e os estudos oceanográficos no Brasil. As demandas em razão do desenvolvimento econômico brasileiro incentivaram a implementação da formação de recursos humanos na pesca, as quais culminaram com a criação do primeiro curso oceanográfico do Brasil, em 1970, na Universidade Federal de Rio Grande (FURG), com a denominação “Curso de Oceanologia”, e a sua primeira turma iniciou seus estudos em 1971. Com a dificuldade de se compor um currículo nacional, foram buscadas informações para a sua organização em universidades dos Estados Unidos, da Rússia e da França. Na época a região Sul passava por uma importante projeção nacional, fortemente influenciada pela criação da Superintendência de Desenvolvimento Pesqueiro (Sudepe), em 1962. O curso de Oceanologia em Rio Grande, junto à Lagoa dos Patos e com acesso ao Atlântico Sul, recebeu impulso pela consolidação da indústria pesqueira, bem como pelas condições favoráveis de matéria-prima abundante e mão de obra qualificada para captura e processamento de pescado. A delimitação do mar territorial brasileiro para 200 milhas náuticas, no início de 1970, restringiu a atuação da pesca às águas territoriais, levando a um declínio na indústria pesqueira. Apesar disso, o curso de Oceanologia de Rio Grande se manteve ativo e muito bem estruturado, estando entre os melhores do país. A Associação Brasileira de Oceanografia foi formada em 1975 (AOCEANO, 2009).

A primeira turma da Faculdade de Oceanografia da UERJ teve início em 1977. O curso foi originado como um departamento da universidade, tendo alcançando independência administrativa apenas no final do ano de 2007. O Instituto Oceanográfico da USP foi criado em 1973 com um perfil diferente, e começou a oferecer disciplinas optativas de graduação, recebendo alunos de outras unidades como um complemento do ensino de áreas como a Biologia, a Física, Química e Geologia.

Com o aumento do interesse pela formação em Oceanografia no país, que já ocorria pela demanda existente nos cursos pioneiros, e com a identificação da vocação por diversas universidades do país, sobretudo aquelas localizadas junto às cidades costeiras, apareceram novas ofertas de cursos de especialização. Os mestres e doutores já titulados em Rio Grande, São Paulo e Rio de Janeiro, os professores estrangeiros contratados, e os docentes cativos de várias instituições brasileiras exerceram um papel importante na implantação de novos cursos. Atendendo ao interesse do país para a formação de bacharéis, a Universidade do Vale do Itajaí (Univali) criou o seu bacharelado em 1992, enquanto, em 1998, foram iniciados os bacharelados da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e o curso de Oceanografia da Universidade Unimonte, hoje incorporado à Universidade São Judas. Na USP, a criação do curso de Bacharelado em Oceanografia se deu em 2001, com ingresso da primeira turma em 2002.

Com a demanda estabelecida, também devido a questões ambientais globais, firmou-se a necessidade de profissionais para atuar ao longo de uma costa

litorânea de cerca de 7.400 km de extensão, com seus domínios contíguos, com espalhamento mar adentro para a chamada “Amazônia Azul”, e também além dos limites de águas sob a soberania nacional, visto que a Oceanografia é uma ciência sem fronteira. Com isso, como pode ser visto pela Tabela 1, os cursos de Oceanografia disseminaram-se pelo litoral brasileiro, sendo 11 em universidades públicas e 2, em particulares. Pelas suas características regionais, as disciplinas que compõem as suas estruturas curriculares apresentam importantes diferenças. De um modo geral, as de Matemática (Cálculo e Estatística) compõem a parte básica, e as disciplinas específicas são reunidas em conjuntos que agrupam os conteúdos de Oceanografia Biológica, Física, Química e Geológica. A parte prática inclui embarques (120-150 horas) e por vezes estágios a bordo, e normalmente também é exigido um trabalho de término de curso.

Os oceanógrafos encontram campo de atuação em universidades e em centros de pesquisa. Além disso, atuam junto ao setor público em órgãos federais, estaduais e municipais como secretarias de Meio Ambiente, secretarias de Agricultura e Pesca; secretarias de Obras e de Saneamento e em diversas divisões do Ministério da Marinha. No setor privado, atuam em cooperativas de produtores, setores de segurança e meio ambiente de indústrias químicas e gestão ambiental de portos, indústrias do setor de controle de efluentes e da poluição ambiental, empresas de consultoria ambiental, empresas de engenharia ligada à zona costeira, empresas de extensão pesqueira e aquícola, bem como empresas de exploração, produção e distribuição de petróleo, gás e derivados.

Pesquisa e Ensino de pós-graduação

As pesquisas geocientíficas integram conhecimentos que são adquiridos por meio da ação de inúmeras especialidades setoriais. O seu principal objetivo é o estudo do Sistema Terra, composto pelo planeta sólido e pelos seus envoltórios fluidos, atmosfera e hidrosfera. Geologia, Geofísica, Meteorologia e Oceanografia buscam explicar como se processa a dinâmica do planeta, ao dissipar tanto a energia interna que o caracteriza, como a energia externa que recebe do Sol, a qual afeta principalmente atmosfera e hidrosfera. Acrescente-se a esses objetivos a função histórica das Geociências, buscando formas de revelar a origem e a evolução da Terra no tempo geológico. Em todas essas áreas setoriais das geociências há muitos exemplos de pesquisas relevantes realizadas por instituições nacionais, que transcendem os aspectos regionais ou locais.

No caso da geologia, as contribuições mais importantes dos pesquisadores brasileiros se dão quando as observações de petrologia, geoquímica de rochas e geoquímica isotópica, bem como de geologia estrutural, são integradas para estudos de geotectônica ou de processos geológicos naturais. Pesquisas paleontológicas e paleoclimáticas efetuadas com rochas e fósseis brasileiros têm sido importantes como contribuição para o conhecimento da evolução biológica e para a evolução climática do planeta durante o tempo geológico. Para a geofísica, os assuntos mais relevantes são os que tratam do material do interior da Terra, em

suas propriedades sismológicas, gravimétricas e magnéticas, entre outras, para caracterizar os diferentes aspectos de tectônica crustal, do regime de tectônica de placas e a dinâmica do manto, para saber como funciona o planeta.

Por outro lado, presentemente, a participação brasileira na ciência mundial como um todo, e em particular nas Ciências da Terra, possui certo destaque na investigação da dinâmica da Atmosfera e da Hidrosfera. Em vista das dimensões continentais do território brasileiro, e de sua grande extensão ao longo do Atlântico, as Ciências Atmosféricas e Oceanográficas são de grande relevância global, para o planeta, em vista das ameaças à humanidade representadas pelas mudanças climáticas e o aquecimento global. Ademais, deve-se ressaltar que muitas dessas ações científicas foram realizadas na forma de redes de pesquisa internacionais e, neste particular, os estudos de oceanografia no Atlântico Sul e os de mudanças climáticas, que envolvem a região amazônica, têm servido como laboratório para modelagens globais de alto impacto. O grau de internacionalização dessas pesquisas pode ser medido pela expressiva participação de pesquisadores brasileiros em projetos internacionais ligados ao World Climate Research Programme (WCRP), ou ao Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR), entre outros.

Deve ser lembrado que as Geociências no Brasil são muito jovens, tendo começado de forma institucional praticamente na segunda metade do século XX. A formação de geólogos no Brasil se iniciou apenas em 1957, e a de geofísicos, meteorologistas e oceanógrafos é posterior. Em vista disso, o conhecimento geocientífico de seu enorme território se encontra ainda bastante incompleto, e o maior desafio dos cientistas e profissionais que atuam na área é justamente o de melhorar o conhecimento existente na escala local ou regional. Dessa forma, a atuação das instituições geológicas e geofísicas, que de um modo geral possuem capacitação científica instalada adequada, buscam feições específicas que ocorrem em certos locais de interesse, e caracterizar processos que atuam sobre rochas, estruturas geológicas e geofísicas etc. no plano regional, com conclusões voltadas para alguma característica particular considerada de interesse. Disso decorre que os estudos de pesquisadores relacionados com Atmosfera ou Hidrosfera apresentam grande interesse internacional, enquanto que aqueles relacionados com a Terra sólida, que sem dúvida são em si meritórios, possuem menor relevância global e pouco aparecem entre o que está sendo produzido como ciência de impacto no mundo.

De acordo com o documento da área de Geociências da Capes (1916), ela compreende, atualmente, 57 programas de pós-graduação. Esse patamar teve um crescimento lento ao longo do tempo, considerando-se os últimos vinte anos, embora tenha experimentado um incremento maior nos últimos cinco anos. Os primeiros programas remontam à década de 1970 e, passados mais de 50 anos do início das atividades refletem o grau de consolidação e maturidade atingido pela área. Vinte e nove programas se referem às Ciências Geológicas,

11, às Ciências Atmosféricas, 10, às Ciências Geofísicas e Geodésicas, e 6, às Ciências Oceanográficas. A maioria faz parte de instituições públicas de Ensino Superior que também possuem programas análogos de graduação, sendo apenas três programas vinculados a IES de natureza não pública.

A distribuição dos programas de pós-graduação no território brasileiro guarda estreita relação com os indicadores demográficos e de atividade econômica no país, e nesse particular torna-se nítida a assimetria regional existente, visto que cerca de dois terços dos programas se localiza nas partes sudeste e sul, do país, que corresponde a pouco mais de um terço do território. Do total de programas em funcionamento, 42 oferecem cursos de mestrado e doutorado e 15, somente de mestrado, dois dos quais de mestrado profissional.

Conforme o relatório de avaliação da Capes para a área de Geociências (2017), 55 programas foram avaliados em 2017, com especial ênfase no enquadramento dos docentes permanentes e colaboradores, na certificação da produção intelectual e na participação discente nessa produção. Na avaliação preliminar 14 programas tiveram nota 3, 20 tiveram nota 4, e 21 conseguiram nota 5. De acordo com os critérios da Capes, na última etapa da avaliação, os programas mais bem classificados (aqueles com nota 5) foram analisados em detalhe e comparados no tocante ao seu grau de internacionalização, atribuindo-se, quando fosse o caso, notas 6 e 7, respeitando o pressuposto básico que essas notas deveriam contemplar padrões de excelência internacional observados nas diferentes subáreas do conhecimento. Como resultado, oito programas permaneceram com nota 5, sete alcançaram nota 6 e seis alcançaram nota 7 (ver Tabela 2). Os programas de excelência na área se caracterizam pela consolidação e liderança nacional, como formadores diferenciados de recursos humanos para a pesquisa e pós-graduação. Além disso, tradicionalmente, possuem um elevado patamar de consolidação e internacionalização, o que é registrado pelo intenso intercâmbio com instituições estrangeiras do Hemisfério Norte. Com efeito, no quadriênio 2013-2016, intervalo de tempo que foi avaliado pela Capes, tornou-se evidente o esforço dos programas de pós-graduação em atingir uma melhor visibilidade internacional, pelo aumento significativo de artigos publicados em periódicos internacionais com elevado índice de impacto. Também cresceu o número de livros nacionais de alta qualidade e capítulos de livros publicados por editoras estrangeiras.

A Tabela 2 mostra os 20 programas mais bem avaliados (nota igual ou superior a 5), em que se nota a predominância das instituições de Ensino Superior do sudeste brasileiro, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Paraná. Por outro lado, entre os programas considerados de excelência (notas 6 e 7) encontram-se também as universidades federais de Brasília (UNB), Belém (UFPA) e Porto Alegre (UFRGS), além da Fundação Rio Grande (FURG). Nessa rodada de avaliação da Capes, dos 47 programas existentes, 41 foram considerados positivamente (80,4%), enquanto os outros 10 receberam conse-

lhamentos no sentido de evoluir para uma melhor situação no futuro. Com 20 programas considerados bons (aqueles com nota 4), oito muito bons (nota 5) e 13 considerados de excelência (notas 6 e 7), a situação atual da pós-graduação em Geociências no Brasil indica que a área, em seu conjunto, encontra-se em situação de consolidação e maturidade.

Tabela 2 – Programas de pós-graduação em Geociências mais bem avaliados pela Capes (notas acima de 5 correspondem a “muito bom”) em seu relatório de 2017

| | | |
|----------|------------------------------------------|---|
| UFRN | Geodinâmica e Geofísica | 5 |
| UFRJ | Geociências | 5 |
| ON | Geofísica | 5 |
| UFMG | Geologia | 5 |
| UFOP | Evolução crustal e Recursos Naturais | 5 |
| UNESP/RC | Geociências e Meio Ambiente | 5 |
| UNESP/PP | Ciências Cartográficas | 5 |
| UFPR | Ciências Geodésicas | 5 |
| UFPA | Geologia e Geoquímica | 6 |
| UFF | Geociências (Geoquímica) | 6 |
| INPE | Geofísica Espacial | 6 |
| INPE | Meteorologia | 6 |
| UNICAMP | Geociências | 6 |
| USP | Geofísica | 6 |
| FURG | Oceanografia Física, Química e Geológica | 6 |
| UNB | Geologia | 7 |
| UFRGS | Geociências | 7 |
| INPE | Sensoriamento Remoto | 7 |
| USP | Geoquímica e Geotectônica | 7 |
| USP | Meteorologia | 7 |
| USP | Oceanografia | 7 |

Referências

ABREU, S.F. *Recursos minerais do Brasil*, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1973, 734p., v.1 e 2.

ALKMIM, F. F.; MENEZES, M. G. O cinquentenário do curso de Geologia nos 131 anos da Escola de Minas de Ouro Preto. *Boletim de Geociências da Petrobras*, n.16, p.171-194, 2008.

ANTONIL, J. A. A. *Cultura e opulência do Brasil por suas drogas e minas*. São Paulo: Edusp; Itatiaia, 1982. 157p.

AOCEANO, *Guia da Oceanografia*. Associação Brasileira de Oceanografia, 2009. Disponível em: <<http://www.aoceano.org.br/>>.

BARBOZA, C. H. História da Meteorologia no Brasil – 1997-1917. 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/265894492_HISTORIA_DA_METEOROLOGIA_NO_BRASIL_1887-1917_A_METEOROLOGIA_TELEGRAFICA>.

CAPANEMA, G. S. Quaes as tradições, ou vestígios geológicos que nos levem à certeza de ter havido terremotos no Brasil. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, v.22, p.135-59, 1859.

CAPES. Documento da área de Geociências. 2016.

CAPES. Relatório de Avaliação da área de Geociências. 2017.

CORDANI, U. G. As Ciências da Terra e a Mundialização das Sociedades – IEA-USP. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.9, n.25, p.13-17, 1995.

_____. Geosciences and development: The role of the Earth sciences in a sustainable world. *Ciência e Cultura* (SBPC), v.50, n.5, p.336-41, 1998.

DOM PEDRO D'ALCÂNTARA. Documentos relativos ao tremor de terra havido em Pernambuco em 1811. *Rev. do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, Rio de Janeiro, v.23, n.401-6, 1860.

_____. Tremblement de terre survenu au Brésil le 9 mai 1886; Note. *Comptes Rendus*, v.102, n.24, p.1351-2, 15 jun.1886.

DOS SANTOS, P. M. *Instituto Astronômico e Geofísico da USP – Memórias sobre sua Formação e Evolução*. São Paulo: Edusp, 2005. 182p.

FIGUEIRÔA, S. F. M. et al. Aspectos mineralógicos das Viagens Filosóficas pelo território brasileiro na transição do século XVIII para o século XIX. *História, Ciências, Saúde. Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.11, n.3, p.713-29, 2004.

GUIMARÃES, J. E. P. *História da Mineração no Brasil*. São Paulo: Art Editora, 1981. 189p.

MACHADO, I. F.; FIGUEIRÔA, S. F. M. 500 years of mining in Brazil: a brief review. *Resources Policy*, v.27, p.9–24, 2001.

MALAMPHY, M. C. Magnetic prospecting in Santa Catharina, Brazil. *Geophysics*, v.1, n.1, p.23-47, 1936.

MOHRIAK, W. U.; TORRES, L. C. Levantamentos geofísicos para delimitação da margem continental brasileira. *Revista USP*, São Paulo, v.113, n.59-80, 2017.

SILVA, C. P. *O despendar do grande livro da natureza: um estudo da obra do mineralogista José Vieira Couto, 1798-1805*. São Paulo; Campinas: Annablume; Fapesp; Unicamp, 2002.

SILVA, C. P.; FIGUEIRÔA, S. F. M. Garimpando ideias. A “Arte de Minerar” no Brasil em quatro memórias na transição para o século XIX. *Revista da SBHC*, v.2, n.1, p.32-53, 2004.

VARELA, A. G. A trajetória do ilustrado Manuel Ferreira da Câmara em sua “Fase Europeia” (1783-1800). *Tempo. Revista do Departamento de História da UFF*, v.12, p.165-90, 2007.

VARELA, A. G. et al. Naturalista e Homem Público: a trajetória do ilustrado José Bonifácio de Andrada e Silva em sua fase portuguesa (1780-1819). *Anais do Museu Paulista*, São Paulo, v.13, n.1, p.207-34, 2005.

RESUMO – No Brasil colonial, apesar de intensa atividade mineira na busca de ouro e diamantes, não houve práticas geocientíficas relevantes. No século XIX ocorreram diversas explorações geológicas, das quais resultou uma vasta contribuição escrita. Além disso foram criadas importantes instituições, como o Observatório Nacional, o Serviço Meteorológico, o Observatório Magnético de Vassouras e a Escola de Minas de Ouro Preto em 1876. O ensino formal de Geociências no Brasil foi iniciado apenas em 1957, com a Campanha de Formação de Geólogos (CAGE), que criou e forneceu recursos materiais e humanos para quatro cursos de graduação em Geologia. Na Meteorologia a graduação se iniciou em 1963, na Oceanografia em 1971, e na Geofísica em 1983. Atualmente, 47 universidades brasileiras oferecem 71 cursos de graduação nas Geociências. Há 33 cursos de Geologia, três de Engenharia Geológica, 14 de Meteorologia, 13 de Oceanografia e 8 de Geofísica. Há no Brasil 57 programas de pós-graduação em Geociências, 13 dos quais considerados de excelência, indicando que a situação atual da área é de consolidação e maturidade. Geólogos e geofísicos foram absorvidos, em sua maioria, pelas atividades de mapeamento geológico, exploração mineral e de petróleo. Meteorologistas dedicaram-se ao monitoramento meteorológico e climático, e também a projetos de energia hidroelétrica, eólica e solar. Na Oceanografia, os formados atuaram em órgãos relacionados com ambiente, agricultura e no Ministério da Marinha. Quanto à pesquisa, as ciências atmosféricas e oceanográficas são de grande relevância global, no estudo das mudanças climáticas e o aquecimento global. Por sua vez, o maior desafio de geólogos e geofísicos é o de melhorar do conhecimento do território brasileiro, na escala local ou regional.

PALAVRAS-CHAVE: Geologia, Meteorologia, Geofísica, Oceanografia, Ensino de Graduação, Pesquisa em Geociências.

ABSTRACT – In colonial times, in Brazil, although intense mining activities occurred in the search for gold and diamonds, relevant geoscientific actions did not occur. In the 19th century, a few geological exploratory trips were made, from which several written contributions resulted. Moreover, important institutions were created, such as the National Observatory, the Meteorological Service, the Magnetic Observatory at Vassouras and the Mining School of Ouro Preto in 1876, The formal teaching of Geosciences in Brazil started only in 1957, with the "Campaign for the training of geologists" (CAGE), that created and provided material and human resources to four Geology undergraduate courses. In Meteorology the first course was in 1973, in Oceanography in 1971 and in Geophysics in 1983. Now, 48 Brazilian universities offer 71 undergraduate courses in Geosciences, 33 in Geology, 3 in Geological Engineering, 14 in Meteorology, 13 in Oceanography and 8 in Geophysics. Fifty-seven graduate programs exist in Brazil, 13 of which are considered of excellence, indicating that the area is mature and consolidated. Most geologists and geophysicists were absorbed in geological mapping activities, as well as mining and oil exploration. Meteorologists dedicated themselves to meteorological and climatic monitoring, as well as to projects in hydroelectric, wind and solar energy. Graduates in Oceanography worked in institutions related to the environment, agriculture, and to the Ministry of the Navy. The atmospheric and oceanographic sciences are of global relevance in studies of climatic changes and global warming. In turn, the major challenge of geologists and geophysicists is to improve knowledge of the Brazilian territory, at the local and regional scale.

KEYWORDS: Geology, Meteorology, Geophysics, Oceanography, Undergraduate teaching, Geoscientific research.

Umberto G. Cordani é professor do Instituto de Geociências da USP. Foi diretor do Instituto de Estudos Avançados da USP (1994-1997). @ – ucordani@usp.br

Marcia Ernesto é professora do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. @ – mernesto@usp.br

Maria Assunção F. da Silva Dias é professora do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. @ – massuncao.dias@usp.br

Elisabete de Santis B. G. Saraiva é professora do Instituto Oceanográfico da USP. @ – edsbraga@usp.br

Fernando F. de Alkmim é professor do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Ouro Preto. @ – ffalkmim@gmail.com

Carlos Alberto Mendonça é professor do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. @ – carlos.mendonca@iag.usp.br

Rachel Albrecht é professora do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. @ – rachel.albrecht@iag.usp.br

Recebido em 5.9.2018 e aceito em 12.10.2018.

^I Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

^{II, III, VI e VII} Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

^{IV} Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

^V Instituto de Geociências, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

Perspectivas do ensino de Geociências

MARCIA ERNESTO,^I

UMBERTO G. CORDANI,^{II}

CELSO DAL RÉ CARNEIRO,^{III}

MARIA ASSUNÇÃO F. DA SILVA DIAS,^{IV}

CARLOS ALBERTO MENDONÇA^V

e ELISABETE DE SANTIS BRAGA^{VI}

Contexto histórico

O ENSINO de Ciências foi incorporado aos currículos escolares somente no século XIX. Até então, focava-se no ensino de línguas clássicas e matemática. A forma de se entender as Ciências Naturais estava, até então, muito condicionada às tradições e à forma como se via o mundo que nos rodeia. Entender as leis da Natureza era o caminho para “dominar” a Terra e explorar os recursos disponíveis. Assim, as ciências eram vistas de forma totalmente utilitarista. A Revolução Industrial levou ao reconhecimento de que a ciência e a tecnologia tinham o poder de transformar a economia das sociedades, o que levou a formalizar o ensino da Física, Química e Geologia, com a preocupação de formar indivíduos para ensinar essas matérias.

Duas correntes de pensamento reinavam na época: a corrente que podemos chamar de “utilitarista”, segundo a qual a ciência tinha um sentido mais prático e que deveria ajudar na resolução dos problemas cotidianos, e aquela da ciência acadêmica voltada à formação de cientistas. Krasilchik (2000) aponta a década de 1950 como o marco para a transformação do ensino da Ciência e Tecnologia, crescendo em todos os níveis, à medida que se reconhecia o poder transformador das ciências no desenvolvimento econômico, cultural e social das nações. De fato, as Ciências da Natureza de que tratamos aqui, Geologia, Geofísica, Meteorologia e Oceanografia, tiveram seus primeiros cursos de nível superior criados nessa época (ver Tabela 1, p.317-18, do artigo “Ensino de Geociências na universidade” de Cordani et al., neste volume).

No Brasil Império o ensino das Ciências Naturais era incipiente, embora, desde a criação do Colégio Pedro II, em 1837, as ciências já fizessem parte do currículo do ensino secundário. Todavia, alguns requisitos essenciais para o bom ensino de Ciências eram ausentes, tais como a ausência de atividades experimentais (Chassot, 1996).

Assim como os estudos de campo permitem reconhecer a geologia do ambiente em que se vive, as atividades observacionais orientam o olhar do aluno para questões ambientais, colaboram para o entendimento dos mecanismos que governam a dinâmica terrestre e ajudam a desenvolver o pensamento crítico. A perspectiva sistêmica de Ciência do Sistema Terra (CST) estabelece novos modos de entendimento dos processos interativos que compõem a dinâmica planetária e as múltiplas relações entre geosfera, hidrosfera (que inclui a criosfera, sólida), atmosfera, biosfera e antroposfera (Carneiro; Gonçalves, 2010) e ajuda a construir uma visão aprimorada do passado, do presente e do futuro da Terra (Drummond; Markin, 2008). As atividades humanas são objeto de estudo de CST, uma vez que a biosfera e a antroposfera estão incluídas. A visão sistêmica das Ciências da Terra é, enfim, importante ponto de convergência para integrar os conhecimentos de física, matemática, química e biologia e auxiliar o aluno a construir o conhecimento. Assim, a oceanografia, como ciência que procura observar e explicar os fenômenos físicos, químicos, geológicos e biológicos que se processam nos oceanos, possui forte inter-relação com a geofísica e a meteorologia. Tais ciências, ligadas à tecnologia e à Engenharia Oceânica (Galo; Verrone, 1993), apresentam abordagem multidisciplinar, com alto potencial para colaborar em temas ambientais. Consequentemente, as Ciências da Terra podem servir como uma introdução à vida e às ciências físicas ou como um curso fundamental. Os conteúdos que desenvolvem, entretanto, aparecem de maneira incipiente no conteúdo curricular da escola básica.

No Brasil, a Lei n.4.024 – Diretrizes e Bases da Educação, de 21 de dezembro de 1961, ampliou a participação das ciências no currículo escolar, desde o 1º ano do curso ginásial e com substancial aumento da carga horária de Física, Química e Biologia, no Segundo Grau. Nova alteração da lei em 1971, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação n.5692, deu ao então Segundo Grau um caráter pretensamente mais profissionalizante, e às Ciências Naturais, um caráter mais instrumental (Krasilchik, 2000). Em 1996, uma nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei n.9.394/96) estabelece no artigo 26 que “os currículos do ensino fundamental e médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada pelos demais conteúdos curriculares especificados nesta Lei e em cada sistema de ensino”. Aqui também, o ensino de Ciências deveria ser voltado à preparação do indivíduo para o trabalho.

A reestruturação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, a partir da Lei n.13.415/2017, pretende atualizar e flexibilizar o currículo dessa fase do ensino, facultando ao estudante fazer suas escolhas curriculares e, assim, mantê-lo mais tempo na escola e de modo mais motivado. A BNCC definirá as competências e objetivos de aprendizagem nas quatro áreas do conhecimento: linguagens e suas tecnologias, matemática e suas tecnologias, ciências da natureza e suas tecnologias e ciências humanas e sociais aplicadas. Acredita-se que a medida ajudará a manter na escola um grande contingente (cerca de 25%) de jovens que abandonam o Ensino Médio por falta de interesse.

Em outras palavras, se a escola oferecer todas as opções, o jovem poderá escolher em que se especializar, podendo concentrar 40% da carga horária em disciplinas dessas áreas. O ensino de Português e de Matemática continuará sendo obrigatório nos três anos do Ensino Médio.

Embora a alteração possa trazer alguns benefícios, veem-se com preocupação tanto as defasagens na formação de diferentes grupos de jovens quanto a lacuna que poderá existir em relação a princípios científicos básicos e aqueles que se referem às Ciências da Terra em particular. A complexidade dos problemas naturais requer o entendimento dos fenômenos físicos que ocorrem na Natureza e como eles se manifestam no ambiente que habitamos. A Sociedade Geológica Americana, por exemplo, compreende que o conhecimento básico sobre as Ciências da Terra é essencial para atender os desafios ambientais e limitações de recursos naturais do século XXI.

É fundamental que a educação ambiental, e, mais amplamente, a educação em Geociências, comece nos níveis mais fundamentais do ensino e avance para conhecimentos mais aprofundados na escola secundária. Tomemos por exemplo a polêmica sobre aquecimento global antropogênico, que tem sido debatida na atualidade. Em que pese a realidade dos indicadores ambientais atuais, também é interessante instruir a população sobre os ciclos naturais que afetam o clima na escala do tempo geológico:

[...] a variabilidade natural do clima recente consiste na sobreposição de várias oscilações, muitas de origem astronômica, que vão desde a escala decenal até a escala milenar (Scafetta, 2014).

Tópicos desafiadores e pluridisciplinares como esse certamente não podem ser assimilados por um público carente de formação escolar multidisciplinar nas diversas áreas do conhecimento. O ensino de Geociências atualmente é invisível nos currículos escolares. Há tópicos inseridos na disciplina de Geografia, porém a dinâmica do planeta e as consequências das intervenções antropogênicas precisam ser ministradas de forma mais sistemática, para que haja um entendimento mais completo dos mecanismos que levam às transformações do meio ambiente. A situação se complica mais ainda quando se consideram os quadros técnicos de governo, que são muitas vezes levados a tomar decisões sem dispor de uma base de conhecimento adequado. É, portanto, imprescindível que haja base de conhecimentos sólidos e atualização técnico-científica das equipes responsáveis pelo enfrentamento das questões ambientais.

A comparação do nível de aprendizado em Ciências no Brasil com relação ao mundo pode ser visto nas avaliações do PISA (Programa Internacional de Ensino) da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) reproduzidas pelo INEP.¹ Na avaliação do aprendizado dos estudantes do ensino médio em Matemática e Ciências o Brasil aparece abaixo da média dos países avaliados. Este é portanto um tema de profunda relevância para o país já que o desenvolvimento econômico dos países mais bem colocados nessa

avaliação é reconhecidamente baseado em investimentos e atuação em Ciência e Tecnologia.

Mercado de trabalho e necessidades nacionais e mundiais

Ao se considerar projeções de atuação profissional e do mercado de trabalho, necessariamente deve-se considerar o perfil multidisciplinar fornecido pelos cursos em Geociências e a existência de um campo ainda a ser explorado na área de serviços. O perfil multidisciplinar desses profissionais cria habilitações para interfaces com diversas áreas da ciência e das tecnologias que envolvem o uso de instrumentação científica e quantificação utilizando recursos tecnológicos e computacionais. A capacidade de “interfaceamento”, no sentido de identificar novos campos de atuação, deve ser estimulada nos cursos de graduação e pós-graduação. O quadro exige a abertura de espaço criativo para transformar resultados de pesquisa, na maioria das vezes provenientes de estudos estritamente acadêmicos, em abordagens que possam atender demandas do setor produtivo.

No caso da geologia e da geofísica, o Brasil, com o seu território de dimensões continentais, oferece amplas oportunidades de trabalho. Além dos trabalhos para o próprio conhecimento do território, o campo de atuação em que geólogos e geofísicos são parceiros é o da exploração mineral. Isso ocorre tanto no reconhecimento geológico de grande escala e levantamentos arogeofísicos como em trabalhos de prospecção realizados localmente na vizinhança de áreas em que foram identificadas ocorrências minerais. No caso da plataforma continental, a combinação de dados geofísicos com os dados de sondagens ajuda na busca de jazimentos de petróleo e gás. Em outras áreas, geólogos e geofísicos atuam como consultores ou chefiando empresas de serviços, como é o caso de gerenciamento de águas subterrâneas, de auxílio complementar em grandes obras de engenharia civil, ou de assessoramento em estudos e pesquisas ambientais. A capacidade de “interfaceamento” de geólogos e geofísicos com outras áreas da ciência, no sentido de identificar novos campos de atuação, deve ser estimulada em seus cursos de graduação e pós-graduação. O quadro exige a abertura de espaço criativo para transformar resultados de pesquisa, na maioria das vezes resultantes de estudos estritamente acadêmicos, em abordagens que possam atender demandas do setor produtivo.

A oceanografia também apresenta acentuado aspecto multi- e interdisciplinar em suas abordagens físicas, químicas, geológicas e biológicas ao formar o profissional com conhecimento de seu principal objeto de estudo, os oceanos e mares costeiros, ligados aos fenômenos de média e larga escalas associados às mudanças globais e climáticas e aos recursos vivos e não vivos. Porém, deve ser feito investimento na ampliação do leque de formação associado aos sistemas de interface como os estuários e os sistemas límnicos, nos quais as notáveis alterações antrópicas são interfaceadas com os oceanos, demandando ações profissionais para a preservação, sustentabilidade, manejo e gestão de recursos hídricos e marinhos. Também notável tem sido a incorporação do espírito da investigação

científica no ensino de graduação em projetos de Iniciação Científica e de conclusão de curso, os quais envolvem atividades de formação em campo, com a necessidade de trabalhos práticos, colocando o futuro profissional em contato direto com seu meio de atuação via observações astronômicas e meteorológicas, excursões terrestres e embarques.

A meteorologia e, de uma forma mais geral, as ciências atmosféricas apresentam-se cada vez mais como atividades multidisciplinares fortemente baseadas em tecnologia e inovação. O mercado de trabalho se expande e incorpora os organismos governamentais tradicionais e, de uma forma surpreendente, a iniciativa privada. Conceitos e técnicas antes restritos à academia como modelagem numérica da atmosfera e métodos de abordagem de BigData cada vez mais sofisticados passam a ser uma demanda das novas empresas que atendem setores produtivos na agricultura de precisão, energia hidrelétrica, eólica e solar. Aspectos ambientais como a poluição de ar abordam cada vez mais tecnologia de observação e os órgãos de controle ambiental se modernizam e agregam profissionais com formação interdisciplinar em meteorologia e química da atmosfera. A formação do profissional tem nesse cenário um duplo desafio de abordar aspectos básicos da meteorologia ao mesmo tempo que sofisticadas técnicas de observação (especialmente de sensoriamento remoto com satélites e radares) e tratamento de dados. O objetivo é incorporar no ensino de graduação a noção de que o aprendizado de novas técnicas será uma constante em sua vida profissional.

Certamente, o maior desafio que se coloca à graduação é conectar esse conhecimento ao setor produtivo e, com isso, contrapor (ou, ao menos, amenizar) as flutuações do mercado de trabalho tradicional (principalmente, petróleo e gás). A criação de novos nichos de atuação implica incorporar como tecnologia os conhecimentos advindos da pesquisa de pós-graduação. Não necessariamente os setores tradicionais de emprego devam ser desconsiderados, mas novos espaços podem ser criados com base na qualificação dos egressos.

A sociedade moderna, em constante transformação, exige respostas rápidas dos currículos de terceiro grau para atender às demandas do país em termos de tecnologia, inovação, gestão e sustentabilidade. Desde as últimas décadas do século XX estamos enfrentando desafios enormes em todos os setores sociais e econômicos, com os avanços na microeletrônica, informática, biotecnologia, genética e em tantas outras ciências, implicando profundas transformações do setor produtivo. O processo de *globalização*, ao contrário do que o nome pode sugerir, não é inclusivo; ao contrário, os benefícios da nova ordem econômica concentram-se nos países com maior poder de deter tecnologias. O desenvolvimento e/ou absorção de novas tecnologias depende do preparo escolar que uma sociedade pode oferecer aos cidadãos.

Na segunda metade do século XX, ao mesmo tempo que a *Terceira Revolução Científica e Tecnológica*, como denominado por Libâneo et al. (2012),

trouxe progresso e bem-estar sociais, o meio ambiente se viu agredido e ameaçado pela busca cada vez mais acentuada de insumos econômicos e de subsistência e pelos efeitos negativos dessas práticas – contaminação ambiental e exploração irresponsável, comprometendo gerações futuras. A consciência mundial em relação à essa degradação ambiental foi despertada nos anos 1950-1960, em que o planeta contava com uma população de cerca de 2,5 bilhões de pessoas. O termo “ecodesenvolvimento” apareceu na conferência mundial de Estocolmo, em 1972, e o movimento em defesa do ambiente cresceu na década de 1980 com a Comissão Brundtland, que criou a expressão “desenvolvimento sustentável” em seu livro *Nosso futuro comum*. Na maior conferência que as Nações Unidas já organizaram, a Rio-92, o documento principal, a Agenda-21, deixou claro que os modelos socioeconômicos vigentes não seriam sustentáveis, e indicou as muitas ações que deveriam ser feitas para um futuro sustentável, como agricultura regenerativa, reciclagem industrial e tecnologias “verdes”, entre outras. Os primeiros economistas a indicar que os avanços tecnológicos seriam a única saída para evitar o colapso do planeta por causa da explosão populacional foram Enrich e Holdren (1971). Esses autores sugeriram que o impacto ambiental seria uma função do crescimento populacional, consumo *per capita* e desenvolvimento tecnológico. Presentemente há no mundo 7,5 bilhões de pessoas, três vezes mais do que em 1950, e o crescimento continua. O consumo unitário também deverá aumentar, acompanhando o desenvolvimento socioeconômico. Dessa forma, a tecnologia, operando do modo indicado pela Agenda 21, é o que restaria para manter o impacto ambiental abaixo das condições de suporte do planeta, favorecendo a restauração ambiental.

A questão ambiental mudou o mundo. Preservação e conservação ambiental viraram cultura popular, os programas de ensino formais do mundo inteiro acompanharam essa evolução e o ambiente veio a permear a educação das populações. Pelo conhecimento que têm a respeito do planeta e de seus recursos, as Geociências foram consideradas de grande relevância. Os profissionais das Geociências transformaram-se em guardiões do planeta e seu papel é fundamental no monitoramento das mudanças climáticas, na mitigação dos desastres naturais, na busca e gerenciamento de recursos minerais energéticos e hídricos, e na proteção dos solos agrícolas (Cordani, 1998). Com relação às mudanças climáticas e ao aquecimento global, devido às emissões de gás carbônico antropogênico, que se faz sentir desde a Revolução Industrial do século XIX, o panorama é sombrio. As Geociências estão no centro desse grande debate e têm muito a contribuir, tanto no estudo e compreensão dos fenômenos quanto na prevenção e mitigação de práticas predatórias ou danosas ao meio ambiente.

O avanço tecnológico de exploração dos recursos naturais transformou os oceanos em áreas de interesse econômico e estratégico; dessa forma, o território marítimo brasileiro, a chamada *Amazônia Azul*, compreenderia área superior a 3.600 km², comparável com a área da floresta amazônica, a *Amazônia Verde*.

A aprovação da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), em 1982, possibilita, no artigo 76, a expansão da *margem continental* para além das 200 milhas marítimas:

[...] para isto, o Estado costeiro deveria realizar uma pesquisa criteriosa e sugerir a fixação de limites, apresentando-os por meio de pleito a ser submetido à Comissão de Limites da Organização das Nações Unidas (ONU). (Martins; Carneiro, 2012, p.62).

Albuquerque (2006) assinala que, uma vez aprovado o pleito brasileiro, segundo o conceito de Plataforma Continental Jurídica Brasileira (PCJB), a inclusão de novas áreas ampliaria o direito do Brasil de explorar recursos, vivos ou não, e elevaria a área total do território nacional para 12.951.766 km² (um incremento de 4.436.890 km² o que equivale a 52% do total de terras emersas) (Martins; Carneiro, 2012). Essas áreas imensas, com enormes potenciais de exploração e geração de riquezas econômicas (minerais e biológicas), também necessitam de um grande contingente de profissionais capacitados para promover práticas exploratórias conscientes e, acima de tudo, entender as alterações do ambiente marinho em face das mudanças climáticas, com vistas à preservação da biodiversidade. O mesmo pode ser dito em relação à área florestal no domínio continental, com potencial biológico ainda bastante desconhecido e sofrendo ataques destrutivos que devastam grandes áreas de floresta tropical úmida. Essas ações, por sua vez, interferem nos padrões de circulação atmosférica no continente sul-americano e, de acordo com uma perspectiva sistêmica, introduzem alterações drásticas no regime pluviométrico de distintas regiões.

Outro grande desafio da atualidade, em que as Geociências aparecem como protagonista, é a busca por fontes alternativas de energia e, sobretudo, a chamada *energia limpa*. Embora ainda incipiente no Brasil, a exploração da energia eólica e solar aparece como alternativa francamente viável, sendo a primeira mais econômica. A energia das marés, ou energia maremotriz, gerada por meio do movimento das marés e explorada em alguns países, embora citada como de alto custo para instalação e manutenção e de rápida depreciação devido à água salgada, não deve ser descartada em face dos desafios da preservação ambiental.

Cabe ainda lembrar a gestão de recursos hídricos, assunto multidisciplinar, e que se coloca com grande prioridade, não só no Brasil, mas em todo o mundo. Os longos períodos de estiagem que temos observado levam à escassez de água para o consumo das populações, o que acarreta extração indiscriminada da água subterrânea. Poucos estudos têm sido dedicados aos processos de carga e descarga desses mananciais, bem como à preservação dos mesmos para que se possa usufruir de seus benefícios por longos períodos. Por outro lado, a gestão dos recursos hídricos requer uma visão integrada do sistema e das oscilações climáticas atuais dentro do contexto de competição entre uso da água para as populações e/ou irrigação e/ou geração de energia hidrelétrica.

Os temas abordados aqui não esgotam as questões primordiais em que os profissionais das Geociências podem contribuir por intermédio de pesquisas ou como profissionais qualificados para atuar no mercado de trabalho, mas sinalizam a importância de se levar em consideração os conhecimentos advindos dessas áreas de pesquisa e incluir esses profissionais nos quadros dos organismos oficiais responsáveis por definir políticas públicas para os setores correspondentes.

Desafios para o ensino de qualidade

Na atualidade, é impensável descrever ou procurar entender qualquer fenômeno terrestre natural sem o auxílio de estatísticas, métodos numéricos e computacionais. Mesmo na Geologia, que já teve um apelo mais descritivo, encontra-se referência do uso da trigonometria em estudo de mineração, já no século XVI (Agricola, 1556; in Merriam, 2004). A Unesco reconhece como o marco inicial da hidrologia a obra de Pierre Perrault (*De l'origine des fontaines*, 1667) que relacionou quantitativamente a precipitação pluvial com as surgências (fonte) de águas.

Embora algumas áreas das Geociências sempre dependeram de medições e análise quantitativa de dados, outras tiveram desenvolvimento mais lento nesse sentido, mas, ao final, nenhum conhecimento geocientífico é produzido sem lançar mão da quantificação. Citando Lord Kelvin,

If you can not measure it, you can not improve it.

[...] when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind; it may be the beginning of knowledge, but you have scarcely in your thoughts advanced to the state of Science, whatever the matter may be.” [PLA, v.1, “Electrical Units of Measurement”, 1883-05-03]

Além do mais, a integração das áreas do conhecimento leva os profissionais, obrigatoriamente, a se inteirar de outras metodologias, mais ou menos dependentes de métodos matemáticos ou de tecnologias mais sofisticadas. As leis da física permeiam todos os campos, portanto não há como dissociar as Geociências das Ciências Exatas. Essa percepção, entretanto, não é a mesma que muitos aspirantes aos cursos de terceiro grau têm em relação a algumas especializações das Ciências da Terra e, até mesmo, buscam aí um “refúgio” para não enfrentar disciplinas para as quais, muitas vezes, não receberam a formação adequada nos níveis básico e médio. O despreparo dos estudantes para acompanhar cursos de Exatas na Universidade é causa de desestímulo e frustração, como também é um dos fatores da alta evasão dos cursos nos quais essas matérias condicionam fortemente a progressão curricular. A lei do Ensino Médio enfatiza a relevância do domínio da linguagem matemática no Ensino Médio (ver análise de Pinto, 2017), mas a tônica deve ser dada desde o Ensino Fundamental, para que haja tempo suficiente para que o aluno absorva a linguagem matemática praticada no cotidiano e aquela que descreve os fenômenos físicos. Para isso é preciso desmitificar as Ciências Exatas e a integração com as Geociências que descrevem

o meio em que o aluno está inserido (terra, mar e ar) e cujos fenômenos são vivenciados diariamente, o que pode representar práticas motivadoras e auxiliar na permanência na escola. Estudar o planeta Terra de maneira holística, considerando sua longa história de mudanças ambientais, processos e ciclos, ajuda a entender os impactos ambientais e riscos naturais. Os professores precisam ser capazes de desenvolver nos alunos uma compreensão profunda e duradoura dos conceitos científicos e estimular que os alunos construam habilidades e competências diretamente associadas à prática da ciência (Owen et al., 2004).

O ensino de nível superior também carece de atenção. O ensino das Geociências no Brasil continua ocorrendo em cursos que tem pouca comunicação entre si. Geologia, Geofísica, Meteorologia e Oceanografia têm currículos quase independentes com poucas intersecções. Pode-se imaginar que uma base inicial comum das Ciências da Terra poderia ser oferecida deixando a especialização para uma fase final. Será que assim seria possível uma formação integrada levando a uma visão de futuro, construtiva, realmente interdisciplinar? Será que novas técnicas de ensino, do tipo aprender fazendo, o uso de tecnologias da informação, entre outras, não permitiriam uma maior eficiência no ensino, com menos horas de ensino tradicional em salas de aula?

As experiências práticas, em laboratório ou campo, são atividades essenciais para que os alunos vivenciem as teorias que se deseja ensinar. Em Geologia, Geofísica, Meteorologia e Oceanografia, as atividades de campo são indispensáveis. Entretanto, por serem atividades que exigem aportes consideráveis de recursos financeiros, são por vezes minimizadas ou negligenciadas pelos gestores. A maioria dos cursos é ministrada por instituições públicas que continuamente enfrentam cortes de verbas. Nesse particular, o estímulo aos estudantes, por meio de bolsas para a participação em programas de Iniciação Científica, é extremamente importante, pois permite formação mais aprofundada e específica na utilização de certas metodologias, observações de campo, tratamento de dados e até mesmo no aperfeiçoamento de redação técnica. As entidades governamentais responsáveis por esses programas têm que zelar para que se possa mantê-los e ampliá-los. Os trabalhos práticos de conclusão de curso, adotados amplamente como parte da formação dos graduandos, seguem na mesma linha e são igualmente imprescindíveis.

A Resolução n.3 de 14.10.2010, que regulamenta o artigo 52 da LDB de 1996, ampliou as exigências para o credenciamento e reconhecimentos do sistema federal de Ensino Superior, dentre elas, a proporção de um terço do corpo docente com titulação de mestrado ou doutorado. A norma trouxe um novo patamar para a qualidade do ensino nas universidades. Por outro lado, o sistema de avaliação dos programas de pós-graduação instituído pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), a partir de sua reestruturação em 1995, alavancou, como consequência, a busca por pesquisas científicas de maior qualidade e mais competitivas no cenário internacional.

Segundo o relatório de avaliação quadrienal Capes de 2017,

[...] as Geociências no Brasil tradicionalmente possuem um elevado patamar de consolidação e internacionalização, o que é registrado pelo intenso intercâmbio com instituições estrangeiras do hemisfério norte. Por estas razões, tem sido notável o fluxo de pesquisadores visitantes nos programas de excelência. Deve se ressaltar que muito dessas ações exercitadas pelos programas de excelência tem se realizado na forma de redes de pesquisa e, neste particular, os estudos de oceanografia e de mudanças climáticas, que envolvem a região amazônica, têm servido como laboratório para modelagens globais de alto impacto.

Considerações finais

O estudo das Geociências não está baseado em generalizações abstratas, mas se concentra em particularidades concretas da natureza; portanto, os conceitos são de muito mais fácil assimilação para os estudantes expostos a esses conteúdos. Para Bezzi (1999), os geocientistas e educadores das ciências da Terra têm a grande responsabilidade de transformar a educação em Geociências em um processo que deve ir além do mero ensino e aprendizagem dos fatos, leis e teorias; deve envolver a compreensão da natureza e suas relações com a sociedade.

King (2008) menciona estudos que revelam o interesse das crianças em grandes eventos da Terra, tanto do passado geológico como do presente e do futuro, assim como nas mudanças ambientais atuais que têm implicações diretas para o futuro da humanidade. Claramente, portanto, estratégias eficazes de ensino das ciências da Terra estarão relacionadas aos interesses desses alunos. A importância do uso de atividades como parte do ensino de Geociências foi enfatizada em diversos estudos sobre Educação em Geociências. Por exemplo, Chang (2001) observou que simulações em computador para resolução de problemas na sala de aula tendem a aumentar o envolvimento dos alunos no tema apresentado. Vê-se, portanto, que no mundo informatizado, tal como é o mundo moderno, é necessária a introdução de novas práticas de ensino, assim como mais atenção a instituições auxiliares do ensino, em outros locais de educação não formal, como exposições e museus interativos.

Num panorama mundial da Educação em Geociências, King (2008) verificou que as Geociências aparecem como uma pequena parte obrigatória de um currículo nacional de ciências. Assim que, em alguns países da Europa é parte de “ciências naturais” e geralmente ensinada por especialistas em biologia, ou química ou por professores de Ciências gerais. No Brasil, assim como no norte da Europa e Alemanha, é ensinado como parte integrante do conteúdo de geografia. Em sua análise concluiu que a Educação em Geociências progredirá mais eficazmente por intermédio da extensão da aprendizagem a todas as crianças e na orientação a professores quanto a efetiva implementação de novas iniciativas curriculares.

O currículo de Geociências do Ensino Fundamental e Médio praticado no Brasil merece ser revisto e os professores encarregados de ministrar os conteúdos de Geociências precisam de formação mais específica. A modalidade do mestrado profissional em Geociências, a exemplo do que já é oferecido em algumas áreas em instituições do país, e voltado a professores do Ensino Fundamental e Médio, pode ser um caminho interessante para a difusão do conhecimento e a preparação de professores de ciências exatas ou biológicas que irão trabalhar diretamente com crianças e jovens nas escolas.

Nota

1 Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/pisa>>.

Referências

- ABBADI, Z. Security metrics: What can we measure. Open Web Application Security Project (Northern VA chapter), Apr. 2007, [online] URL: www.owasp.org/images/b/b2/Security_Metics-What_can_we_measure-Zed_Abbadi.pdf. Acesso 01.out.2018.
- ALBUQUERQUE, A. T. M. Bandeirantes das Longitudes Salgadas. In: CHAVES, P. de T. (Org.) *O mar no espaço geográfico brasileiro*. Brasília: Secretaria de Educação Básica, Ministério da Educação. 2006. p.19-24. (Coleção Explorando o Ensino).
- BEZZI, A. What is this thing called geoscience? Epistemological dimensions elicited with the repertory grid and their implications for scientific literacy. *Science Education*, v.83, p.675-700, 1999.
- BUENO, G. M. G.; FARIAS, S. A.; FERREIRA, L. H. Concepções de ensino de ciências no início do século XX: o olhar do educador alemão Georg Kerschensteiner. *Ciência & Educação*, v.18, n.2, p.435-50, 2012.
- CARNEIRO, C. D. R.; GONÇALVES, P. W. Earth System Science for undergraduate Geology and Geography courses, Campinas, Brazil. *Terrae*, v.7, n.1, p.29-40, 2010. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terrae/>>.
- CHANG, C. Y. Comparing the impacts of problem-based computer-assisted instruction and the direct interactive teaching method on student science achievement. *Journal of Science Education and Technology*, v.10, p.147-53, 2001.
- CHASSOT, A. Parâmetros curriculares nacionais. *Educação e Realidade*, v.21, n.1, p.265-71, 1996.
- CORDANI, U. G. Geosciences and development: The role of the earth sciences in a sustainable world. *Ciência e Cultura*, v.50, n.5, p.336-41, 1998.
- DRUMMOND, C. N.; MARKIN, J. M. An analysis of the Bachelor of Science in Geology degree as offered in the United States. *J. Geosc. Educ.*, v.56, n.2, p.113-19, 2008.
- ENRICH, P. R.; HOLDREN, J. P. Impact of population growth. *Science*, v.171, p.1212-16, 1971.
- GALLO, J.; VERRONE, L. V. *O que é Oceanografia*. São Paulo: Brasiliense, 1993. p.1-15. (Col. Primeiros Passos).

- KING, C. Geoscience education: an overview. *Studies in Science Education*, v.44, p.187-222, 2008.
- KRASILCHIK, M. Reformas e Realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, v.14, p. 85-93, 2000.
- LIBÂNEO, J. C.; OLIVEIRA, J. F.; TOSCHI, M. S. *Educação escolar: políticas, estrutura e organização*. 10.ed. São Paulo: Cortez Editora, 2012.
- MARTINS, J. R. S.; CARNEIRO, C. D. R. Plataforma continental jurídica, recursos do pré-sal e ensino de Geociências. Campinas, *Terra*, v.9, p.61-109, 2012. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/terrae/V9/T_V9_A6.html>.
- MERRIAM, D. F. The quantification of geology: from abacus to Pentium a chronicle of people, places, and phenomena. *Earth-Science Reviews*, v.67, p.55-89, 2004.
- OWEN, J. C. et al. Design, implementation, and assessment of an Earth Systems Science course for secondary teachers. *J. Geosc. Educ.*, v.52, n.4, p.379-85, 2004.
- PINTO, A. H. A Base Nacional Comum Curricular e o Ensino de Matemática: flexibilização ou engessamento do currículo escolar. *Bolema*, v.31, n.59, p.1045-60, 2017.
- SCAFETTA, N. The complex planetary synchronization structure of the solar system. *Pattern Recognition in Physics*. v.2, n.1, p.1-19, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5194/prp-2-1-2014>>.

RESUMO – O ensino de Ciências foi incorporado aos currículos escolares somente no século XIX. No Brasil-Império o ensino das Ciências Naturais era incipiente, embora ciências já fizessem parte do currículo do ensino secundário desde a criação do Colégio Pedro II, em 1837. Os primeiros cursos de nível superior em Geociências (Geologia, Geofísica, Meteorologia e Oceanografia) começaram a ser criados somente a partir da segunda metade do século passado. Atualmente, há cursos nessas modalidades em todo o país, que enfrentam, contudo, sérios obstáculos para que o ensino evolua de acordo com as necessidades atuais do mercado de trabalho, e das tendências impostas pelo avanço tecnológico. Neste trabalho analisamos entraves e lacunas profissionais no Ensino Superior e destacamos algumas práticas educacionais capazes de melhorar o aprendizado, que poderiam ser universalizadas. É inadiável expandir a área de Geociências nos cursos de formação e capacitação de professores para a Educação Básica; o artigo reúne alguns fatores essenciais para atingir essa meta.

PALAVRAS-CHAVE : Geociências, Ensino Superior, Currículo, Educação Básica, Tecnologia.

ABSTRACT – The teaching of Science was incorporated into school curricula only in the nineteenth century. In Imperial Brazil, the teaching of the natural sciences was incipient, although, since the creation of the Colégio Pedro II in 1837, Science was already part of the curriculum of secondary education. But only in the second half of the last century the earliest courses in Geosciences (Geology, Geophysics, Meteorology, and Oceanography) began to be created. Currently, there are courses in these modalities across the country. However, there are serious obstacles for teaching to evolve in keeping with the current needs of the professional market and the trends imposed by tech-

nological advances. In this work, we analyze obstacles and professional gaps in Higher Education, and highlight some educational practices capable of improving learning and which could be universalized. It is no longer possible to put off the expansion of the area of Geosciences in teacher training and qualification courses for Basic Education. This article brings together some essential factors to achieve this goal.

KEYWORDS : Geosciences, Higher education, Curriculum, Basic Education, Technology.

Marcia Ernesto é professora do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. @ – mernesto@usp.br

Umberto G. Cordani é professor do Instituto de Geociências da USP. Foi diretor do Instituto de Estudos Avançados da USP (1994-1997). @ – ucordani@usp.br

Celso dal Ré Carneiro é professor do Instituto de Geociências da Unicamp. @ – cedrec@ige.unicamp.br

Maria Assunção F. da Silva Dias é professora do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. @ – massuncao.dias@usp.br

Carlos Alberto Mendonça é professor do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. @ – carlos.mendonca@iag.usp.br

Elisabete de Santis Braga é professora da Instituto Oceanográfico da USP. @ – edsbraga@usp.br

Recebido em 15.9.2018 e aceito em 10.10.2018.

^{I, IV e V} Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

^{II} Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

^{III} Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil.

^{VI} Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Por uma dialética das controvérsias: o fim do modelo positivista na história das ciências

GILDO MAGALHÃES¹

Mas na história da ciência as coisas funcionam como na própria ciência: é uma tarefa delicada a de selecionar e avaliar os fatos “bons”, aqueles que foram importantes, ou mesmo decisivos...

(Thuillier, 1994, p.25)

Introdução

A HISTÓRIA da(s) ciência(s) apresenta uma problemática que, apesar de muito interessante, não tem sido em geral objeto de seus praticantes. Trata-se do papel das controvérsias, que ocorrem em dois planos distintos, mas interligados e a que recorreremos, ocasionalmente passando de um para outro: o das controvérsias dentro das ciências e o das controvérsias na sua historiografia.

As controvérsias científicas podem levar-nos a reexaminar as hipóteses e metodologias da história das ciências. Assim, a discussão dos historiadores da ciência sobre as informações que podem ser tiradas das fontes e as reflexões que já foram efetuadas a respeito de textos e suas narrações em geral têm a possibilidade de conduzir a novas abordagens de temas sobre os quais não se esperavam mais avanços. Com isso, ampliam-se as oportunidades para orientações metodológicas fecundas, narrativas mais inovadoras e um alargamento do interesse despertado pela história das ciências.

Vem crescendo a compreensão de que as controvérsias são tanto inevitáveis nas ciências quanto fundamentalmente benéficas. Realçar a história das ciências como história das controvérsias científicas apresenta o máximo interesse porque muitas dessas controvérsias do passado continuam extremamente atuais e, ao mesmo tempo, é um privilégio do conhecimento científico alimentar-se tanto de controvérsias quanto de ortodoxias. Algumas dessas controvérsias atuais incluem: a essência dos átomos e das chamadas “partículas”; a existência do éter luminoso; como se dá o surgimento de novas espécies biológicas e qual é a natureza da vida; a ressurreição do lamarckismo frente à ideologia darwinista; origem e dimensões do universo; formação e distribuição total dos elementos químicos; evolução do clima etc.

Saindo das ciências naturais, na história em geral está-se mais acostumado com as controvérsias que envolvem as fontes e suas interpretações, característica

que não deixa de ser um reflexo da grande complexidade que cerca as ciências humanas. Talvez por isso, seja relativamente recente o renovado interesse das ciências naturais pela história das controvérsias em que estão envolvidas. De fato, estamos convictos de que uma maior atenção dada pelos historiadores às controvérsias científicas como sendo o *primum movens* do avanço desse conhecimento impactaria favoravelmente ambos os campos: conhecer melhor as características das ciências naturais e aprofundar a pesquisa do “passado das ciências como história” (na expressão de Gavroglu, 2007). Para esse objetivo é, porém, necessário ultrapassar certos problemas decorrentes da adoção, ainda que inconscientemente, da visão positivista da história das ciências e para isto apontaremos para uma possibilidade de solução.

No Brasil, ao contrário do que sucede no Hemisfério Norte e mesmo em alguns países latino-americanos (notadamente no México), não tem havido entre historiadores da ciência uma discussão continuada, com profundidade analítica e coerência sistemática, sobre controvérsias metodológicas e historiográficas próprias desse campo. Tal debate ocorreu entre nós muito brevemente no período inicial da implantação institucional da história das ciências na década de 1970 (e observamos de passagem, que este começo se deu no Departamento de História da USP), mas depois o que se observa em geral é uma escolha pessoal dos pesquisadores por uma determinada corrente metodológica, sem uma troca de opiniões a esse respeito.¹

O tema das controvérsias, se ainda não recebe a devida atenção dos historiadores da ciência em geral, é tangenciado por alguns filósofos da ciência, que estão porém mais preocupados com questões internas de discurso e da lógica das controvérsias do que com seus fundamentos históricos.² Todavia, o conhecido texto de Francis Bacon, *O progresso do conhecimento* (1605), já postula uma história do conhecimento que sirva menos para satisfazer a curiosidade do que para um desígnio de instruir os sábios para o uso do saber em meio a controvérsias. Foi dentro do programa baconiano que resultaram as primeiras obras de histórias de ciências particulares, que surgiram notadamente a partir do século XVIII.³

Ao trabalharmos com essas fontes precursoras numa pesquisa sobre a história do movimento filosófico-científico alemão chamado de Naturphilosophie, além de comprovar a força das controvérsias científicas, evidenciou-se a persistência das fontes metafísicas de problemas científicos, que não se restringem à era (mal considerada) do “romantismo” científico da Naturphilosophie, mas trazem contribuições para os fundamentos da ciência atual (Magalhães, 2017, p.153-238).

A herança do positivismo e suas fraturas

Em especial nos séculos XIX e XX despontou uma vertente, por alguns chamada de “estilo francês” de história das ciências, que se reveste de um caráter particularmente filosófico e crítico. Essa característica está presente na constitui-

ção da história das ciências como disciplina autônoma e deve muito a Auguste Comte e seu *Curso de Positivismo*. Não negamos a importância fundamental de ideias positivistas nem examinaremos aqui algumas sutilezas desse pensamento sobre a história das ciências que escaparam a muitos de seus continuadores, mas registramos que Comte foi pioneiro ao demandar ao Collège de France em 1832 a criação de uma cátedra de “história geral das ciências”. A proposta vingou apenas em 1892, quando um discípulo direto de Comte, Pierre Lafitte, tomou posse da nova cadeira (Braunstein, 2008).

No final do século XIX, os primeiros historiadores profissionais da ciência, como o francês Paul Tannery e o belga Georges Sarton, tinham em comum com essa base positivista quatro ideias programáticas, que foram tomadas como fundamentos da historiografia, mas que continham os germes que propiciam sua contestação, como comentado a seguir:

a) A ciência é a mais alta atividade humana e fazer sua história permite compreender melhor os avanços do espírito humano.

Que tipo de história seria feita nesse contexto? O modelo foi ditado pelo já citado Lafitte, ao discursar em 1892 na inauguração do curso geral de história das ciências, reafirmando sua crença de que chegara o momento em que a ciência deveria assumir a direção dos assuntos humanos. Essa perspectiva caminhava de par com sua insistência nos “grandes nomes” das ciências. Em decorrência, a sua será uma história “heroica”, próxima da história de nomes e datas, traço ainda dominante na concepção de muita história que se escreve, centrada em “grandes vultos e suas façanhas” como Galileu, Newton, Darwin, Einstein e outros.⁴

b) A história das ciências não deve ser uma história das ciências particulares, mas uma “história geral”, uma vez que as ciências se desenvolvem simultaneamente e sob a influência umas das outras.

Embora seja importante ressaltar a interdisciplinaridade das diversas ciências, a ambição de abrangência global acabou na prática dificultando sua execução, dado o crescimento desmesurado dos campos científicos e da capacitação necessária para se debruçar sobre todos eles, a não ser permanecendo num nível de elevada generalidade.

c) A história das ciências tem um viés político e permite ultrapassar preconceitos nacionalistas e religiosos, pois acolhe a fé humanista no papel pacificador e internacionalista de que a própria ciência é portadora.

Essa audaciosa crença infelizmente vem sendo contínua e crescentemente contrariada pelo uso bélico da ciência.⁵

d) A história das ciências é evolucionista, no sentido de que não há revoluções científicas, mas uma continuidade em que novas verdades absorvem as antigas, desenvolvendo-as.

Como entender, contudo, as transformações das ciências que, à primeira vista, parecem radicais, à luz da célebre fórmula positivista de que “o progresso

nada mais é do que o desenvolvimento da ordem”? Julgamos que essas colocações evolucionistas ainda merecem discussão, pois suas contestações levam a posturas metodológicas interessantes. Assim entendida, a história das ciências não seria uma simples narração de fatos, mas “*teria a finalidade de compreender o desenvolvimento do pensamento humano e a própria história da humanidade*”.⁶ Perceber, contudo, a história das ciências como um progresso contínuo e dogmático da razão é uma simplificação que pode não corresponder ao que se verifica. A visão linear de progresso do espírito humano, que seria atestada pela história das ciências, foi abalada por dois motivos principais, que se interpenetram: a Primeira Guerra Mundial trouxe o pessimismo tipicamente expresso por Oswald Spengler em sua história da decadência do Ocidente. Em segundo lugar, houve uma ruptura da ciência com o racionalismo, representado em especial pela mecânica quântica, cuja formulação altamente matematizada, mas insatisfatória porque não causal, se deu diretamente sob a influência do ambiente de pessimismo spengleriano da república de Weimar.⁷

A concepção positivista de ciência subsiste, com diferentes nuances, mesmo nos dias atuais e é, possivelmente, o maior obstáculo para a apreciação da importância das controvérsias científicas na história, pois em sua perspectiva historiográfica os fatos científicos são vistos como brotando acriticamente e automaticamente das experiências levadas a cabo pelos cientistas. Pelo contrário, ao levantar uma série de casos históricos, verificamos a existência de um filtro das ideias condutoras previamente à observação da natureza e à realização das experiências científicas.

Destacamos que a prática de uma história das ciências de base positivista não favorece a posição ativista que foi citada de início: a de que a história da ciência seria essencial não só para entender seu desenvolvimento, mas porque levaria a melhor aprender e praticar ciência(s) – e especialmente numa época em que o aproveitamento escolar em ciências no Brasil é avaliado como tendo um padrão muito baixo, comparado com outros países, inclusive latino-americanos.

Três vertentes de controvérsia historiográfica das ciências

A comunidade de história da ciência até a década de 1920 teve um papel relevante para que, nesse período, fossem disponibilizados alguns instrumentos de trabalho fundamentais, tais como biografias, bibliografias, edições e traduções de obras científicas clássicas, revistas, sociedades e institutos ligados à academia. Entretanto, faltava se estabelecer ainda preceitos metodológicos e teóricos mais precisos. Efetivamente, foi o russo Alexandre Koyré quem propôs na década de 1930 alguns desses conceitos fundamentais, em meio a controvérsias que ainda dividem os historiadores. Escolhemos em particular três grandes querelas metodológicas, de que tratamos a seguir, devido à frequência com que elas aparecem na historiografia, mesmo quando não nomeadas.

Externalismo e internalismo

A controvérsia que opõe o externalismo contra o internalismo foi deflagra-

da no II Congresso Internacional de História das Ciências, em Londres (1930), quando a delegação soviética, chefiada por Nikolai Bukharin, compareceu e apresentou, entre outras, uma comunicação de Boris Hessen com o título sugestivo de “As raízes sociais e econômicas dos *Principia* de Newton”.⁸ Interpretando o mecanicismo newtoniano como uma expressão dos interesses da burguesia, Hessen concluía que os temas e técnicas de matemática estudados por Newton eram compatíveis com algo externo ao desenrolar da pesquisa científica em si: o desenvolvimento no século XVII de objetivos ligados à ascensão do capitalismo, tais como a navegação, os cálculos de balística naval e o projeto de bombas para esgotar a água nas escavações de mineração. Para Hessen, a filosofia de Newton foi limitada pela sua crença, que seria também burguesa, na natureza inerte da matéria, o que fez com que o sábio inglês recorresse à mão de Deus (o “relojeiro”, em sua famosa metáfora) para colocar o Sol e os corpos celestes em movimento.

A chamada “tese de Hessen”, nome dado em referência a esse historiador e ligado à procura dos fundamentos de qualquer teoria científica não em sua lógica interna, mas externamente em fatores sociais e econômicos, não foi seguida à risca, a não ser por alguns cientistas que se tornaram conhecidos historiadores da ciência e eram membros do Partido Comunista Britânico, como o físico John Bernal, o bioquímico John Haldane e o embriologista Joseph Needham.

Este último se tornou um conhecido sinólogo e se dedicou nas seis décadas seguintes ao Congresso de Londres a estudar a ciência chinesa. Divulgou-se assim a controvérsia que ficou conhecida como “problema de Needham”: por que a ciência moderna como a conhecemos foi criada na Europa e não na China, dado o grande desenvolvimento chinês em vários campos do conhecimento? A questão continua a ser intensamente debatida desde a resposta externalista dada pelo próprio Needham, de que apesar de a ciência chinesa ultrapassar a europeia até o Renascimento, a burocracia feudal da China menosprezava sua burguesia comercial, que permaneceu tímida e não impulsionou o desenvolvimento científico e técnico. O “problema” se tornou a “tese de Needham”, segundo a qual a institucionalização da ciência dependeu da eclosão de um capitalismo pujante, como ocorreu no Ocidente. Trata-se de uma controvérsia historiográfica de grande porte, bastante difundida nos foros internacionais, pois discute como teria sido o desenvolvimento da ciência em outros continentes, fora da perspectiva eurocêntrica. O problema de Needham quase não tem tido repercussão no Brasil, onde seria bem-vindo no debate sobre o advento tardio das relações capitalistas modernas e o baixo desempenho da ciência e da educação no país.

Pode-se considerar que a controvérsia lançada por Hessen também está na origem do doutorado do sociólogo Robert Merton. Em *Ciência, tecnologia e sociedade na Inglaterra do século XVII*, Merton explorou duas afirmativas externalistas, primeiramente sublinhando a importância dos técnicos e suas práticas no desenvolvimento da ciência clássica, como os marinheiros na determinação da longitude no mar ou na medição da declinação magnética das bússolas. Sua segunda conclusão, fortemente apoiada em Max Weber e que passou a ser co-

nhecida como “tese de Merton”, é que a ética protestante dos puritanos considerou a razão e a experiência exercitadas na ciência como meios independentes adequados para provar verdades religiosas. Para Merton, o puritanismo deu ênfase ao empirismo, ascetismo, livre exame e utilitarismo, que desempenharam um papel importante para o desenvolvimento científico. Seguiu-se então uma tradição de controvérsia historiográfica, pois essa tese recebeu fortes críticas desde sua publicação, inclusive em estudos posteriores que defenderam a contribuição dos católicos à ciência.⁹

Ainda dentro da controvérsia externalista, há que citar o trabalho que Edgar Zilsel apresentou no Congresso pela Unidade da Ciência (1939). Conhecido como “tese de Zilsel”, mantém que o nascimento da ciência moderna ocorreu no Renascimento e se deveu à aproximação operada pelo incipiente capitalismo moderno entre três categorias, até então sem comunicação direta: universitários, humanistas e artesãos-engenheiros.¹⁰ A redescoberta dos trabalhos de Edgar Zilsel está na base dos estudos sobre os filósofos e as máquinas, feitos por Paolo Rossi e também nas narrativas recentes que dão um lugar privilegiado para os trabalhadores anônimos que participaram na história das ciências junto com os “grandes nomes”.

Segundo a crítica de Koyré, a partir de seus *Estudos Galilaicos* (1939), explicações tão externalistas como as quatro teses mencionadas (de Hessen, Needham, Merton e Zilsel) teriam negligenciado dois fatores determinantes para o desenvolvimento da ciência: o interesse puramente teórico na matemática, ligado à redescoberta renascentista da ciência grega e o estudo continuado da astronomia, também estimulado mais pelo interesse teórico do que prático. Essa visão de Koyré, considerada por muitos como “internalista”, defende que a ciência é antes de tudo *theorein*, a busca da verdade por meio do *itinerarium mentis in veritatem*, revelável pela história da ciência.¹¹

Historiadores da ciência de orientação política conservadora têm atacado as explicações externalistas por sua aproximação ao marxismo. Quer nos parecer que, pelo contrário, a posição de Koyré em *Do mundo fechado ao universo infinito* ainda seria defensável e compatível com a proposta, que apresentaremos mais à frente, de uma dialética das controvérsias. Por um lado, é uma ilusão admitir uma ciência “pura” ou “neutra”, fora de influências externas.¹² Por outro lado, se para bem entender a história de um tópico científico é preciso adentrar a sua parte técnica ou “interna”, por outro tem-se que incluir a ação forte de variáveis externalistas, não só por meio de influências socioeconômicas, mas também pela via da cultura que atua na contemporaneidade dos cientistas.

Continuismo e descontínuismo

Uma segunda controvérsia separa os historiadores da ciência e que teria inicialmente oposto os praticantes de cultura francesa e os anglo-saxônicos, em torno da opção entre continuismo ou descontínuismo (ou ainda, em outro linguajar, ruptura, revolução).

O grande nome a favor do continuísmo na fase profissionalizante no início do século XX foi o historiador francês Pierre Duhem, que adotou uma posição ativista com relação à ciência e não se furtou a emitir julgamentos acerca de seu valor epistemológico. Em estudos memoráveis sobre a origem da ciência, Duhem sustentou que a mecânica moderna deriva de uma série ininterrupta e lenta de aperfeiçoamentos de doutrinas professadas no seio da Idade Média, como a teoria do ímpeto e a geometria do contínuo matemático. Para ele, uma teoria, mais do que a função de explicar, atua para “salvar os fenômenos” (*sózeinta phainóména*), expressão grega com que se referia não só aos hábeis artificios da astronomia ptolomaica, mas também às explicações dadas a respeito do heliocentrismo por Copérnico e Galileu.

A controvérsia se intensificou quando Gaston Bachelard, um filósofo conhecido por sua escrita particularmente poética, se opôs ao continuísmo de Duhem. Em seu *O novo espírito científico* (1934), Bachelard gestou as noções de “mutação intelectual” e “corte epistemológico”, não no sentido de “revolução”, mas ainda restritas para designar a ruptura entre o senso comum e o conhecimento científico. Seu discípulo Georges Canguilhem também investigou a tradição do continuísmo, levando-a ao próprio campo interno à ciência em seu doutorado, publicado como *O normal e o patológico*, em que se pergunta se seria descontínua a transição entre saúde e doença. Cremos, no entanto, que Canguilhem tem uma posição mais elaborada e se distancia do descontinuísmo absoluto de Bachelard, admitindo que as revoluções científicas, em suas palavras, “*não se fazem sem conservação da herança*”. Seria então justa a sua crítica ao que chamou “vírus do precursor”, tão comum em certas histórias das ciências e técnicas, para identificar quem primeiro criou uma dada teoria ou fez certa invenção? Nessa controvérsia cremos que a discussão não seria tanto a existência ou não de descontinuidades, mas sim em torno da natureza dessas.

Um tipo especial de descontinuidade metodológica foi introduzida nessa controvérsia pela epistemologia de Karl Popper, ao recusar a verificação da verdade científica com base no acúmulo indutivista de fatos particulares tidos como verdadeiros. Teorias poderiam vir a ser experimentalmente refutadas (ou “falseadas”, na nomenclatura popperiana), mas enquanto não ocorresse essa descontinuidade, as ciências avançariam por meio de um acúmulo continuado de conjecturas no máximo plausíveis, mas inverificáveis. Popper tem em comum com Duhem a noção de ciência como busca de uma verdade inatingível, empreendimento sempre frustrado, porém nunca abandonado.

A clivagem causada pela controvérsia entre permanência e ruptura se intensificou a partir do surgimento em 1962 de *A estrutura das revoluções científicas*, de Thomas Kuhn. Lançado dentro do projeto da “enciclopédia do movimento pela unidade da ciência” (por sua vez apoiado pelo positivismo lógico do Círculo de Viena), e retomando algumas conclusões de Koyré que Kuhn já havia assumido em *A revolução copernicana* (1957), esse defendeu que a história das

ciências é constituída por longos períodos de “ciência normal” ou paradigmática, entremeados por alguns períodos de crise que precedem as “revoluções científicas”, encaradas como grandes saltos descontínuos. Durante a fase dita “normal”, os cientistas se unem em torno de um consenso teórico-prático, que passa a ser confrontado por anomalias em determinado momento. Caso persistam anomalias insanáveis, o consenso se desfaria e surgiriam de forma não cumulativa o que seriam “revoluções científicas”, exigindo uma reconstrução da visão de mundo.

O livro de Kuhn teve uma recepção inédita e sua influência ultrapassou as fronteiras da história das ciências. Espreado também pela filosofia e sociologia, boa parte desse êxito se deve aos praticantes de diversos campos das ciências tanto naturais quanto humanas se reconhecerem antes na descrição kuhniana do que no falsificacionismo popperiano como praticantes de uma ciência paradigmaticamente normal. O descontínuismo de Kuhn será retomado por autores como Althusser e Foucault, que vão justapô-lo à noção de corte epistemológico defendida por Bachelard.

É interessante notar como o anticontínuismo de Kuhn veio reforçar a controvérsia entre externalismo e internalismo, invocando na disputa o tema da chamada “revolução científica” moderna, que teria ocorrido entre os séculos XVII a XVIII. O reforço teve também razões históricas conjunturais, pois a controvérsia se expandiu no período da guerra fria. O que estava então em jogo era qual deveria ser o papel do Estado na impulsão dada em direção a novas e desejadas “revoluções científicas”: externalista, com forte participação estatal na política científica e tecnológica, como preconizavam posições mais à esquerda, ou internalista, defendida pelo conservadorismo neoliberal, deixando que o “mercado” fosse o condutor.¹³

Nesse contexto, observamos que a expressão “estilo de pensamento” havia sido usada por um historiador que Kuhn considerou ter sido seu precursor, o polonês Ludwik Fleck, em sua obra de 1935 sobre a sífilis, *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*. Para Fleck, entretanto, os estilos evoluiriam numa duração mais longa (ao contrário dos paradigmas de Kuhn ou das *epistemes* de Foucault). Nessa direção seria possível uma pluralidade de estilos, o que colocaria em xeque a noção tradicional de “método científico” no singular, ou seja, não haveria um método único e para sempre válido para as ciências, mas sim métodos plurais.¹⁴ Além disso, para Fleck o estilo de pensamento não é algo individual, mas coletivo, pois reflete um clima intelectual social. Nesses termos, a controvérsia do continuísmo versus descontínuismo pode então ser repensada no modo como a introdução de novos estilos de pensamento convive com a relativa persistência de outros estilos.

Nesse ponto, é interessante recordar a visão iconoclasta de Paul Feyerabend, um “dadaísta” das ciências (rótulo que ele preferia ao de “anarquista”) para quem não apenas não existiria um único “método científico”, mas o avanço da ciência poderia se dar até por métodos considerados irracionais e, portanto,

não científicos. Em *Contra o método* (1975), fugindo de uma sociologia avessa a controvérsias, e se distanciando tanto de Popper quanto de Kuhn, Feyerabend fez uma aproximação entre continuísmo e descontinuísmo que tem sido pouco visitada entre nós e muita caricaturada. Isso se deve provavelmente ao exagero das suas provocações a desafiar o *establishment* científico quando defende que na ciência, em suas palavras, “vale tudo”, desde práticas mágicas ao curandeirismo. Em favor de Feyerabend, notamos que há toda uma tradição que resiste e teima em definir a ciência e seu funcionamento através de um reducionismo tautológico, que reside na pretensão de descrever um método, para explicar o que é um método. Incontáveis manuais ditos de “metodologia científica” se apoiam nesse recurso na tentativa de ensinar como proceder “cientificamente”. Nesse ângulo da controvérsia do continuísmo opinamos que faria mais sentido um outro enfoque da crítica ao racionalismo, em que se poderia deixar uma porta aberta para a entrada de *insights* diretos na percepção do funcionamento da natureza, à maneira fenomenológica, isto é, sem a obrigatoriedade de formalismos lógico-matemáticos.¹⁵

Aqui vamos aproximar o plano das controvérsias historiográficas ao plano das controvérsias científicas. Podemos supor que há uma espécie de “matrizes de ideias” (ou *Ur-ideias* na terminologia filosófica alemã), que estão na base de conceitos científicos, que com o tempo são criticados e se transformam, mas permitindo estabelecer alguma continuidade das ideias numa pluralidade de contextos extracientíficos. Contra o positivismo lógico podemos, através da análise de casos históricos, reafirmar que o continuísmo no plano das ideias implicaria que não existe uma observação que emane dos “fatos” ou que seja “simples”, pois mesmo a observação mais elementar seria o resultado de uma aprendizagem conforme o estilo de pensamento do observador, que não costuma ver além do que está predisposto a ver, e que além disso se enraíza no coletivo. Em outras palavras, a teoria ditaria o que será observado, e não vice-versa – conclusão que a muitos cientistas pareceria absurda, à primeira vista, mas que assim se revela na história das ciências.

Whiggismo e historicismo

A terceira controvérsia da historiografia da ciência que destacamos é a que opõe o historicismo ao *whiggismo*, termo às vezes traduzido como “presentismo”, e para o qual propomos “triumfalismo”, atentando à supremacia whiggista na historiografia autolaudatória vitoriana da segunda metade do século XIX.

Esse debate remete ao livro de Herbert Butterfield (1931), *A interpretação whiggista da história*, em que critica os historiadores que escrevem do ponto de vista dos vencedores, projetando o passado no tempo presente e produzindo uma história anacrônica, pela justificação determinista e glorificação do presente. Inicialmente dirigida à história política, o próprio Butterfield estendeu a crítica para o caso da história das ciências, quando essa se prende à narrativa heroica que vê na ciência do passado o anúncio das verdades da ciência atual, em decorrência da suposta ação inevitável do avanço científico (Butterfield, 1991).

Nessa controvérsia historiográfica pensamos que há limites para a obsessão contra o anacronismo do tipo triunfalista (Jardine, 2000). Koyré, por exemplo, que também rejeitava a história triunfalista, admitia contudo que o historiador projete os interesses e valores de seu tempo para reconstruir o passado das ciências. Em suas palavras, com uma pitada de ironia, “é por isto que a história se renova e que nada muda tão depressa como o passado imutável” (Koyré, 1991). Nesses termos se valoriza a tese de que o presente é que ilumina o passado. Contra uma ideia de “objetividade” a todo custo, esse historiador da ciência propõe a necessidade de conhecer bem o presente para conseguir julgar o passado, admitindo expressar seus juízos de valor a respeito.¹⁶ Isso está em ressonância igualmente com Bachelard, que retoma Nietzsche, para quem o passado deve ser interpretado com a grande força do presente, ideia que ecoa também nos inícios da história das mentalidades na corrente dos *Annales*. Em consequência, o passado de uma ciência não se confundiria com a mesma ciência no passado, ou seja, o passado não estaria dado, mas admitiria ser reconstruído a partir de questões colocadas pela ciência contemporânea.

Um exame da produção internacional em história das ciências nos últimos 40 anos mostra um campo permanentemente entrecruzado por controvérsias do teor apontado.

Os adeptos de uma leitura kuhniana, por exemplo, segundo a qual o critério para decidir sobre a verdade de uma teoria científica é o consenso dos cientistas, se conjugaram com a influência do relativismo da linguagem do Wittgenstein das *Investigações filosóficas*. Isto abriu as portas para uma renovação da sociologia das ciências, bem ilustrada pela “Escola de Edimburgo”, liderada por David Bloor a partir de meados da década de 1970. Bloor e Barry Barnes sintetizam o que chamam de “programa forte da sociologia das ciências” em torno de quatro princípios, igualmente plenos de controvérsias: causalidade, imparcialidade, simetria e reflexividade (Bloor et al., 1996). Como um dos efeitos dessa linha, surgiram nas universidades do mundo anglo-saxão os “SSS”, ou Social Studies of Science, que provocaram um deslocamento do tradicional domínio da história das ciências pela física e astronomia para outras ciências, como a biologia, medicina, geologia e as ciências humanas. Olhar para as ciências como ancoradas na vida prática e local se tornou um dos objetivos dessa história, que incorporou em sua metodologia a teoria das redes sociais e a construção de fatos científicos por meio da negociação.¹⁷ Esse tipo de abordagem foi seguido no conhecido livro de Steven Shapin e Simon Schaffer, *Leviatã e a bomba de vácuo* (1985), em que mostram como a controvérsia sobre a existência do vácuo entre Boyle e Hobbes traduz por detrás das aparências uma série de oposições políticas, epistemológicas, retóricas e metafísicas.

Um aspecto relevante dessa tendência é que a escolha de objetos mais variados de estudo como museus, gabinetes de curiosidades ou jardins zoológicos mostrou que tanto a arquitetura desses locais quanto a disposição de objetos ne-

les (inclusive instrumentos científicos) podem ser historicamente significativos. Também se dispensou atenção à formação das próprias disciplinas científicas, seus critérios aceitos de cientificidade, métodos de raciocínio e de estabelecimento de fatos e provas. Nessa direção se valorizaram ainda os estudos de ciências “nacionais” que, longe de defenderem aspectos nacionalistas, enfatizaram a maneira de praticar a ciência estabelecendo-se tradições locais de pesquisa.¹⁸

Amparados por perspectivas advindas da sociologia e antropologia, os Social Studies of Science têm conhecido uma crescente popularidade, que se verifica também nas universidades brasileiras pelo número de candidatos à pós-graduação que pretendem seguir nesta linha metodológica.

No entanto, essa tendência gerou novas controvérsias historiográficas, já que por ela a história das ciências tem se orientado para objetos cada vez mais restritos e efêmeros, constituindo frequentemente uma micro-história sem conteúdo epistemológico.¹⁹ Levado ao extremo, o *antitriunfalismo* conduziu às teses de uma sociologia das ciências, para quem o historiador deve se comportar como se a verdade ou falsidade de uma tese científica do passado não tivessem ainda sido estabelecidas. O estudo de Bruno Latour sobre o debate da geração espontânea entre Pasteur e Pouchet é um conhecido exemplo de apresentar a história do ponto de vista do vencido (Latour, 1996). Não estaria assim a História das Ciências recaindo em outro tipo de positivismo, no qual a reconstrução da atividade científica decorreria automaticamente da identificação dos conflitos locais de grupos e suas disputas pelo poder? O risco que comporta essa tendência à micro-história é ignorar que, apesar do interesse, justificativa e utilidade que possam ter esses estudos, as ciências tenderiam a ultrapassar as condições locais, contingentes e particulares de seu aparecimento.

A superação do problema: dialética das controvérsias científicas

O levantamento analítico antecedente mostra alguns impasses metodológicos. Julgamos que há um caminho que não tem sido suficientemente trilhado e que poderia contribuir para avançar o conhecimento historiográfico das ciências: trata-se de valorizar o papel dialético das controvérsias científicas, e que poderia ser frutífero tanto para o fazer científico quanto para sua historiografia.

Não consideramos superada a controvérsia do dualismo entre internalismo e externalismo, e acentuamos que a primazia para se entender o passado das ciências deve ser constituída pelas múltiplas contribuições externas, em que a atividade científica está imersa no tecido social e econômico e sem esquecer o sentido amplo de “externo”, que inclui as ideias filosóficas e o ambiente cultural. Evidentemente também devemos estar atentos às vias internas de desenvolvimento de uma ciência.

Desse ponto de partida decorre que aceitemos que as ideologias permeiam o desenvolvimento científico e que isto não seria bom ou mau em si, mas simplesmente inevitável. Uma ideologia científica não é necessariamente uma falsa ciência ou uma superstição – por exemplo, o modelo ptolomaico é perfeita-

mente científico e assim foi usado; a sua validade e praticidade é que entram em questão, a partir de certa escala dos fenômenos examinados. Referimo-nos naturalmente à mudança de referencial para descrição do movimento planetário, que pode ser arbitrariamente escolhido como a Terra ou o Sol.

A construção de teorias que permitam um conhecimento cada vez mais aprofundado da natureza e suas aplicações científicas tem sido um empreendimento de duração relativamente longa. O avanço científico não é em curto prazo inevitável exatamente devido à existência contínua de controvérsias científicas, o que nos faz reconhecer a existência de múltiplos caminhos e métodos que podem impulsionar, mas também fazer regredir o conhecimento. No processo somos levados a deixar de lado a rígida demarcação de fronteiras nítidas entre prática (*techné*) e teoria (*epistéme*), assim como entre ciências puras e aplicadas, passando a valorizar mais as aproximações do que seus distanciamentos.

Percebemos assim que há semelhanças entre as controvérsias da face historiográfica das ciências e o núcleo interno de controvérsias científicas. Para esclarecer melhor nossa proposta podemos exemplificá-la com a questão do contínuo e que se evidencia numa grande quantidade de teorias científicas. É a antiga questão da continuidade: a natureza dá saltos? O debate aparece seja na física clássica, seja na física atômica. Na biologia ele se traduz no clássico problema do surgimento de novas espécies, fenômeno descontínuo que não se conseguiu observar na natureza nem em laboratório. Em geologia a transformação ligada à formação de montanhas, continentes, mares e outros fenômenos passou de uma teoria explicativa de evolução catastrofista para a de uma lenta transformação continuísta. Poderíamos acrescentar muito mais controvérsias que envolvem de uma maneira ou de outra a continuidade.

O problema da continuidade na natureza tem uma homologia com as transformações históricas em geral. Nessas a questão aparece nas discussões sobre revoluções socioeconômicas e outras mudanças – industriais, culturais etc. – suscitando a dúvida sobre a essência e a continuada permanência de tais rupturas nas estruturas sociais e econômicas mais profundas da sociedade, inclusive daquelas que adentram profundezas psicológicas – qual é o caráter das transformações naturais e humanas em geral?

Para que as controvérsias científicas possam ser visitadas com maior proveito pelos historiadores da ciência, sugerimos que, além de fazê-lo virando os olhos para o passado, se investigue se elas se mantêm no presente, mesmo mudando de roupagem. Assim se evidenciaria a dialética histórica em que teorias e seus protagonistas que foram aparentemente vencidos fornecem subsídios para releituras e novas sínteses, tanto do lado historiográfico quanto científico.

Nossa proposta suscita ainda uma indagação: como deve o historiador se portar ante o entendimento simplista da ciência e da história das ciências que predomina na educação e nos meios de divulgação? O mais comum é que na

mídia uma notícia sobre ciência ignore totalmente a existência de controvérsias e a apresente com base no argumento de autoridade, *scientia dixit*. A resposta para isso seria mostrar como a história das ciências é uma história de controvérsias e que a entendendo assim, podemos compreender melhor como a ciência funciona no presente: não como acúmulo de certezas inquestionáveis, mas sim como um processo de busca que recomenda a humildade em meio a incertezas.

Defendemos, portanto, que a exposição e narrativa das controvérsias lança uma história que busca a inserção social, econômica e cultural do conhecimento, permitindo-nos escapar de padrões positivistas de diversos matizes. Em especial, acreditamos que isso teria um grande atrativo para o ensino de ciências naturais em todos os níveis e para o desenvolvimento dessas próprias ciências. Nessa possibilidade de aplicação, a história das ciências teria importância para a metodologia do trabalho científico porque permitiria vislumbrar possibilidades de desenvolvimento interno futuro. As aparentes certezas de hoje seriam relativizadas pela inevitabilidade de controvérsias, em permanente criação e recriação.

Do ponto de vista epistemológico, quer-nos parecer que olhar para a dialética das controvérsias científicas como metodologia historiográfica equivale a reconhecer que o verdadeiro motor do desenvolvimento científico não está em noções apenas de método, mas sim na existência permanente de sínteses geradas pelas controvérsias, pelos erros e acertos na ciência. Nesta abordagem dificilmente reconhecemos um período de ciência “normal”, pois a ênfase nas controvérsias ressalta a importância epistemológica e histórica de que a ciência esteja sempre em crise, pois é assim que brotam novos resultados. A discordância e falta de consenso são essenciais, pois funcionam para que não haja estagnação do conhecimento científico, distinguindo-se de outras atividades humanas em que a ortodoxia possa ser a regra. Sem esse entendimento dialético, a ciência acabaria por sucumbir à intolerância porque seria dominada por dogmas e paradigmas, como uma religião.

Dessa maneira acreditamos que a história das ciências poderia funcionar como ponte para transpor o famigerado abismo entre “duas culturas”, entre humanidades e ciências naturais, e realizar a verdadeira interdisciplinaridade e a intradisciplinaridade, tão almejadas, mas pouco praticadas. Se há algo que a ciência possa aprender da história será entender seu avanço como resultado da dialética das suas controvérsias.

Notas

1 Para essas primícias, ver Motoyama (1974); Academia de Ciências do Estado de São Paulo, *Anais do Simpósio sobre Filosofia da Ciência*, Aciesp n.12, 1978; *Anais do Simpósio sobre História e Filosofia da Ciência*, Aciesp n.23, 1979.

2 É o caso do filósofo brasileiro Marcelo Dascal (formado na Escola Politécnica da USP, mas radicado em Israel) e seu grupo. Ver *Perspectives on Theory of Controversies and the*

Ethics of Communication: Explorations of Marcelo Dascal's Contributions to Philosophy (Doordrecht: Springer, 2014).

- 3 Refiro-me, entre outros, a títulos como *História da medicina, em que se vê a origem e o progresso desta arte*, de Daniel Le Clerc (1702), a *História das matemáticas*, de Jean-Étienne Montucla (1758), ou ainda a *História e estado atual da eletricidade*, de Joseph Priestley (1767), tratado que influenciou notável e diretamente as pesquisas científicas desse campo durante um bom tempo.
- 4 Biografias científicas, é claro, fazem parte da história da ciência, mas aqui deve-se distinguir a investigação historiográfica crítica, como preconizavam os *Annales*, e para a qual um destaque é a biografia exemplar de Agassi (1971), em contraste com obras de divulgação, como *Einstein, sua vida, seu universo*, de Isaacson (2007).
- 5 Cf. Robert Fox discorreu em “Mapping the universe of knowledge: internationalism and national interest in modern science”, 2014 Fall Conference, Chemical Heritage Foundation (Filadélfia). Notas pessoais.
- 6 Declaração de Georges Sarton ao fundar a revista *Isis* em 1913 (ainda hoje a publicação central da disciplina, levada para os Estados Unidos quando seu idealizador emigrou durante a Primeira Guerra, e onde organizaria a Sociedade Americana de História da Ciência). Sarton vê esse desenvolvimento sob a óptica interessante de que o progresso das ciências é o único progresso contínuo e inegável a ponto de permitir comparar toda a humanidade a um único homem, como aliás afirmava Blaise Pascal (1989) em seu *Tratado do Vácuo* (1647).
- 7 Esse diagnóstico do irracionalismo numa atividade racional foi exposto com argúcia por Forman (1983) em “A cultura de Weimar, a causalidade e a teoria quântica, 1918-1927”; Uma análise mais global do processo se encontra em Herman (1999). A partir de 1991 procuramos apontar como sair desse *imbroglio* do irracional numa atividade racional em textos que levaram à colaboração permanente nas pesquisas do núcleo do Centro de Filosofia da Ciência da Universidade de Lisboa (cf. Croca et al., 2017).
- 8 O texto se encontra em Gama (1993).
- 9 A tese de Merton foi exposta em 1936 nas páginas do número inicial de *Osiris*, outra publicação fundada por Georges Sarton e companheira de *Isis*. Para a controvérsia ver por exemplo Brooke (2003) e Numbers (2009).
- 10 Veja-se essa influência de Zilsel em Conner (2005).
- 11 A influência de Koyré se estendeu a historiadores importantes e ainda bastante lidos hoje, como Bernard Cohen, Rupert Hall, Herbert Butterfield, Alistair Crombie e Charles Gillispie, levando além disso à redescoberta de Edwin Burtt (1991), que em seu *As bases metafísicas da ciência moderna* enfatizou a matematização platônica do pensamento de Galileu e sobretudo o que aquele autor definiu como o “positivismo de Newton”.
- 12 Ver, a respeito, a lúcida “Introdução” de Pierre Thuillier (1994) ao seu *De Arquimedes a Einstein*.
- 13 É a época em que se destacam as posições neoliberais de Michael Polanyi, em *A lógica da liberdade*.
- 14 É também a conclusão a que chega Ruy Pérez (2003).

- 15 É como associamos os avanços científicos da *Naturphilosophie*, principalmente as descobertas de Oersted e Ritter no eletromagnetismo. Também Poincaré acentuou a importância desse fenômeno na física e matemática.
- 16 Isto é recorrente também em Canguilhem, que manifesta um “anti-anti-whiggismo”, cf. Bowker e Latour (1987).
- 17 A difusão dessa tendência é ilustrada pela crescente influência tanto da revista *Social Studies of Science* (fundada em 1971) quanto de *Science in Context* (fundada em 1988).
- 18 Um exemplo é o estudo que compara a ciência francesa, mais abstrata e centralizada, com a inglesa, mais empírica e pública, feito por NYE (1986).
- 19 O caso bem conhecido de pesquisa de construção social dos fatos científicos é o livro *A vida de laboratório*, de Bruno Latour e Steve Woolgar (1997), lançado em 1979. Para Foucault, tampouco a ciência trata da luta pela verdade, já que não haveria verdade absoluta e, nem mesmo, verdade relativa.

Referências

- AGASSI, J. *Towards an historiography of science*. Gravenhage: Mouton, 1963.
- _____. *Faraday as a Natural Philosopher*. Chicago: University of Chicago, 1971.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACON, F. *O progresso do conhecimento*. São Paulo: Editora Unesp, 2007.
- BLOOR, D.; BARNES, B.; HENRY, J. *Scientific knowledge*. Chicago: Chicago U. P. 1996.
- BOWKER, G.; LATOUR, B. A booming discipline short of discipline: Social Studies of Science in France, *Social Studies of Science*, n.17, 1987.
- BRAUNSTEIN, J.-F. *L'histoire des sciences*. Paris: Vrin, 2008.
- BROOKE, J. H. *Ciência e Religião*. Algumas perspectivas históricas. Porto: Porto Ed., 2003.
- BURTT, E. *As bases metafísicas da ciência moderna*. Brasília: Editora UnB, 1991.
- BUTTERFIELD, H. *As origens da ciência moderna*. Lisboa: Ed. 70, 1991.
- CANGUILHEM, G. *O normal e o patológico*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995.
- CONNER C. *A people's history of Science. Miners, midwives and “low mechanics”*. New York: Nation Books, 2005.
- CROCA, J.; CASTRO, P.; GATTA, M. *Euritmia, complexidade e racionalidade numa perspectiva interdisciplinar*. Lisboa: CFCUL, 2017.
- DUHEM, P. *A teoria física: seu objeto e sua estrutura*. Rio de Janeiro: Editora da Uerj, 2014.
- FEYERABEND, P. *Contra o método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.
- FLECK, L. *Genesis and development of a scientific fact*. Chicago; Chicago U.P., 1981.
- FORMAN, P. A cultura de Weimar, a causalidade e a teoria quântica, 1918-1927. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* (CLE/Unicamp), Suplemento 2, 1983.

- GAMA, R. (Org.) *Ciência e Técnica (antologia de textos históricos)*. São Paulo: T. A. Queiroz, 1993.
- GAVROGLU, K. *O passado das ciências como história*. Porto: Porto Ed., 2007.
- HERMAN, A. *A ideia de decadência na história ocidental*. Rio de Janeiro: Record, 1999.
- ISAACSON, W. *Einstein, sua vida, seu universo*, São Paulo: Cia. das Letras, 2007.
- JARDINE, N. Uses and abuses of anachronism in the history of the sciences. *History of Science*, v.XXXVIII, 2000.
- KOYRÉ, A. Perspectivas da História das Ciências. In: *Estudos de história do pensamento científico*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991.
- _____. *Do mundo fechado ao universo infinito*. Rio de Janeiro: Forense, 2001.
- KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1975.
- LATOUR, B. Pasteur e Pouchet: heterogênesse da história das ciências. In: SERRES, M. (Dir.) *Elementos para uma história das ciências*. Lisboa: Terramar, 1996. v.III.
- _____. *Ciência em ação*. São Paulo: Editora Unesp, 2000.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. *A vida de laboratório*. Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- MAGALHÃES, G. *Ciência e ideologia*. Uma excursão à história em torno da ideia de progresso. São Paulo: Intermeios, 2017.
- MERTON, R. *Science, technology & society in 17th-century England*. New York: Harper, 1970.
- MOTOYAMA, S. (Org.) História da Ciência, perspectiva científica. *Revista de História (USP)*, v.XLVI, 1974.
- NUMBERS, R. (Ed.) *Galileo goes to jail and other myths about science and religion* Cambridge: Harvard U., 2009.
- NYE, M. J. *Science in the provinces, scientific communities and provincial leadership in France, 1860-1930*. Berkeley: University of California, 1986.
- PASCAL, B. Tratado do Vácuo (1647). *Cadernos de História e Filosofia da Ciência (CLE/Unicamp)*, série 2, v.1, 1989.
- PÉREZ, R. *Existe el método científico?* México: Fondo de Cultura Económica, 2003.
- POINCARÉ, H. *O valor da ciência*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2000.
- POLANYI, M. *A lógica da liberdade*. Rio de Janeiro: Topbooks, 2003.
- ROSSI, P. *Os filósofos e as máquinas*. São Paulo: Cia. das Letras, 1989.
- SHAPIN, S.; SCHAFFER, S. *Leviathan and the air-pump*. Hobbes, Boyle and the experimental life. Princeton: Princeton University Press, 2011.
- THUILLIER, P. *De Arquimedes a Einstein*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.
- ZILSEL, E. *The social origins of modern science*. Dordrecht: Kluwer, 2003.

RESUMO – Este artigo descreve os impasses epistemológicos e metodológicos que caracterizam a pouca interação entre os historiadores da ciência no debate sobre suas linhas de pesquisa e afiliações. A influência positivista persistente tem impedido a valorização das controvérsias científicas e a historiografia da ciência se ressentiu dessa ausência, em detrimento de uma compreensão de como funciona a ciência.

PALAVRAS-CHAVE: Historiografia da ciência, Positivismo, Controvérsias.

ABSTRACT – This article describes the epistemological and methodological impasses that characterize the lack of interaction among historians of Science in the debate about their lines of research and affiliations. The enduring Positivist influence has precluded recognizing the value of scientific controversies, and the history of Science suffers this absence, which damages the perception of how science works.

KEYWORDS: Historiography of science, Positivism, Controversies.

Gildo Magalhães é professor titular do Departamento de História e diretor do Centro Interunidades de Ciências da USP. Fellow da Smithsonian Institution em Washington, DC, e da Chemical Heritage Foundation, em Filadélfia (Pensilvânia, EUA).
@ – gildomsantos@hotmail.com

Recebido em 25.3.2018 e aceito em 26.3.2018.

¹ Departamento de História, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Engenharia da Complexidade em Edgar Morin¹

JOSÉ ROBERTO CASTILHO PIQUEIRA¹

Introdução

SEMPRE que ouço um pesquisador da área de Humanas fico admirando a facilidade com que relaciona fatos históricos e linhas de pensamento filosófico com o cotidiano, além da competência linguística e intertextualidade.

Imediatamente, fico motivado a ler sobre os pontos apresentados, procuro os textos correspondentes e, em geral, fico frustrado com minha incapacidade para o bom entendimento das leituras, difíceis para quem não domina os pré-requisitos adequados.

Desta vez resolvi bancar o teimoso e não desistir com facilidade. Já que estou participando da empreitada de estabelecer a Engenharia da Complexidade no âmbito brasileiro, concluí pela obrigatoriedade do entendimento de uma das obras de Edgar Morin (2005).

Li, reli o texto integral; e parei para pensar em alguns trechos, tentando relacioná-los com meu trabalho. Concluí que, como não sou filósofo e nem cientista, talvez fosse interessante tentar transpor as ideias apresentadas para algumas situações práticas da nova engenharia que, nos dias de hoje, emerge da riqueza da informação e da multidisciplinaridade disponível.

Assim, este manuscrito não trata de questões filosóficas ou de suas relações com o saber científico, tarefas já cumpridas com competência no original de Morin, mas do relacionamento dos princípios do pensamento complexo com a prática da engenharia, quer seja no trabalho de concepção ou de operação.

Início com uma discussão sobre a interpretação do significado usual do termo complexidade no âmbito da engenharia, apresentando exemplos de situações problema em que uma visão não compartimentada do projeto se faz necessária. Prossigo com a conceituação de sistema aberto, conjecturando sobre como a auto-organização emerge em um trabalho de construção de um sistema.

Nesse contexto, trato da questão da aleatoriedade de maneira ampla, incluindo-a na concepção de metassistema e na análise e síntese de processos dinâmicos, distinguindo os rápidos, relacionados com variáveis de estado, dos lentos, relacionados a variações de parâmetros constitutivos.

Da ideia de metassistema passo, fazendo uso da incompletude de Gödel, à conceituação das disciplinas envolvidas, compatibilizando unidade com diversidade e continuidade com ruptura.

Encerro com pequenas observações no sentido de motivar a atitude do pensamento complexo, transformando as ações de engenharia em processos transdisciplinares que harmonizem os diversos modos de pensar e projetar.

Engenharia e pensamento complexo

Para conceituar complexidade no contexto da atividade de engenharia é necessário enfrentar o significado conotativo atribuído à palavra, ao longo dos anos. No dia a dia do engenheiro, complexo é tudo que apresenta dificuldades especiais em relação à concepção, projeto, montagem e operação.

Por exemplo, uma ponte ou uma via elevada é uma obra que pode ser de alta dificuldade. Sua concepção se inicia com necessidade de ligar dois locais separados por algum fator geográfico que impede ou dificulta o trânsito de pessoas e veículos.

Nessa fase estão presentes fatores econômicos, sociais, ambientais e financeiros que determinam a localização e o custo máximo permitido que, uma vez definidos, dão a partida para as primeiras especificações da obra.

Possíveis esforços naturais a serem suportados, cargas permissíveis devidas ao tráfego e fatores geométricos dão início aos cálculos. Esforços solicitantes e possíveis variações atmosféricas proporcionam a definição dos materiais, vigas, pilares, pavimentação e sustentação.

Em seguida vem o projeto executivo. Todos os materiais e custos de mão de obra são detalhados para que a obra possa ser iniciada e comece a sair do mundo do papel. A construção é árdua e requer acompanhamento constante para sanar problemas não previstos no projeto e que são inevitáveis durante o trabalho de implementação.

Pronta e inaugurada, a ponte ou via elevada precisa ser mantida, com medições constantes usando sensores de posição e de cargas. O resultado dessa monitoração permite a prevenção e correção de falhas.

Recorrendo ao sentido habitual da palavra, todos concordarão que conceber, projetar, construir e manter uma ponte constitui um complexo problema de engenharia.

Outro possível exemplo é o da concepção, projeto, construção e operação de uma avenida ligando dois bairros de uma cidade, com o intuito de melhorar a mobilidade urbana.

Definir o traçado da via é o ponto de partida, problema que pode envolver complicadas questões econômicas, sociais e ambientais. Não basta o conhecimento geométrico para essa tarefa: o planejamento urbano, combinando tráfego de veículos e pessoas, aliado ao atendimento das populações a serem deslocadas, são elementos essenciais nessa tarefa.

Definido o traçado, há o projeto que envolve alterações de uso do solo, com demolições, procedimentos de terraplenagem, definições de pisos e bordas e o projeto executivo, prevendo o preparo dos materiais e máquinas, bem como os custos de mão de obra.

Do papel para a realidade, tarefa difícil, com trabalho durante possíveis intempéries, com alterações de circulação de veículos e pessoas no entorno dos canteiros de obra.

Depois das inaugurações, discursos e cortes de fitas, há a operação e manutenção, com medições que podem ser sofisticadas e ações que podem influenciar a rotina diária de motoristas e usuários de transporte individual e coletivo.

Mais uma vez, usando a linguagem diária, conceber, projetar, construir e manter uma avenida é tarefa de complexidade considerável.

Essa ideia de complexidade, explorada nos dois exemplos, carrega a carga semântica da disjunção, isto é, o problema complexo da implantação de uma ponte ou via elevada é visto como decomposto em sequência de operações, realizadas por pessoas diferentes que executam tarefas aparentemente estanques e sem conexão.

A ponte ou via elevada é vista e estudada como sistemas fechados. Suas interações com o entorno são compreendidas de uma maneira probabilista, como se fossem responsáveis pelo imponderável, atribuindo-se a elas fatores de segurança que, nem sempre, funcionam adequadamente.

A queda do elevador Paulo de Frontin (Rio de Janeiro) e o incêndio sob a ponte da Avenida Santo Amaro (São Paulo) são exemplos ilustrativos dessa falha de abordagem.

Da mesma maneira, a construção da avenida, da qual a ponte ou via elevada podem fazer parte, se for vista como sistema fechado pode trazer mais prejuízos do que benefícios. Basta olhar o “Minhocão” de São Paulo para entender o estrago urbano causado por uma melhoria de tráfego.

O pensamento complexo aparece em um contexto complementar ao da prática atual da engenharia, cujos sucessos poderiam ser enumerados em todas as áreas da atividade humana. Trata-se de adicionar aos trabalhos três novos pontos de vista: as obras como sistemas abertos, a emergência de fenômenos resultantes das não linearidades e o olhar gödeliano da incompletude.

Assim, passamos a entender a Engenharia da Complexidade como aquela que adiciona à visão tradicional da disjunção e do fechamento dos sistemas uma abordagem aberta, não linear e com a incompletude em sua gênese. Apoiase nas conquistas e nos conhecimentos bem estabelecidos, mas proporciona uma abordagem global e transdisciplinar, trabalhando a noção de sistema de sistemas (Bertalanffy, 1968).

Projetando e construindo sistemas abertos

Nos exemplos apresentados anteriormente, fica claro o estabelecimento, a partir da fase de projeto, de sistemas que consideram sua interação com o ambiente como estática, refletida nos parâmetros físicos e coeficientes de segurança estabelecidos de início.

Essa é uma metodologia que, ao longo da história, tem sido aplicada com sucesso, mas que trabalha como se o sistema em estudo ou construção seja con-

siderado fechado, limitando as possíveis aleatoriedades às margens de variação de parâmetros.

As possibilidades proporcionadas pelo desenvolvimento da computação, permitindo a manipulação rápida e precisa de grande quantidade de dados coloca nas mãos da engenharia poderosas ferramentas de análise e síntese de sistemas em níveis de detalhe antes não imagináveis.

Além disso, ferramentas e programas de simulação altamente eficientes permitem trabalhar as mais variadas possibilidades de montagem e execução com rapidez e alto grau de previsibilidade.

Isso nos aproxima do trabalho de concepção, projeto, execução e manutenção para um sistema aberto e sujeito às leis da Termodinâmica (Kondepudi; Prigogine, 2015), incluindo os efeitos dos processos dinâmicos de diferentes escalas temporais (Piqueira, 2009).

No exemplo da ponte ou via elevada, o novo tratamento a ser dado parte do princípio de que o sistema a ser concebido deixa de ser a ponte ou via elevada real, mas um novo elemento em que a realidade reside no elo entre o sistema e o meio ambiente, com a maior parte das interações podendo ser simuladas, permitindo decisões que levam em conta as incertezas como componentes do conjunto. Como a ponte ou via elevada está posicionada no contexto global da via da qual faz parte? Como as intempéries podem mudar sua construção e operacionalidade? Como a operação da ponte afetará a mobilidade urbana? Como o tráfego em volta afetará seus parâmetros físicos? Como a emissão de poluentes dos veículos afetará a saúde das populações vizinhas? Como a área em volta se organizará?

Enfim, há uma infinidade de perguntas e cenários a serem simulados e analisados, trazendo melhor segurança decisória e acrescentando conhecimento à Engenharia. Além disso, o processamento dos dados, medidos continuamente pelos diversos tipos de sensores durante a construção e operação, permitirá cuidados preventivos e corretivos de ampla eficiência.

Da ponte para a indústria química. A implantação da indústria de certo produto começa por uma criteriosa análise de sua adequação de benefícios e prejuízos para a população e para o meio ambiente.

Segue-se a escolha do local, problema a ser resolvido a partir de importantes questões ambientais, econômicas, sociais e de segurança. O projeto envolverá a infraestrutura a ser construída para acolher a planta, adequando-a a condições de pressão, umidade, temperatura e circulação de ar e água.

Esse é um projeto fortemente dependente do processo a ser implantado, também de alta complicação e passível de grande cuidado de produção, considerando o trabalhador interno e os cuidados ergonômicos e de segurança que protejam a vida e proporcionem dignidade.

Com a fábrica em operação, para onde irão os rejeitos? As normas de sustentabilidade serão respeitadas? A qualidade do ar e dos mananciais serão preservadas? Todos esses fatores considerados proporcionarão viabilidade econômica?

Mais uma vez, cenários diversos poderão ser simulados e estudados cuidadosamente, modelando o físico-químico, o biológico e o antropológico, levando o transdisciplinar ao nível de interação efetiva, aproximando possíveis aleatoriedades do modelo do processo.

Assim, a Engenharia da Complexidade apresenta uma proposta multidimensional não totalitária e não doutrinária, que proporciona conexão flexível entre incerteza física e indecibilidade teórica (Morin, 2005).

Complementarmente, os princípios da termodinâmica não fazem apenas papel de condições de contorno complementares ou indesejáveis, passam a fazer parte integrante da concepção dos projetos e obras representando importante abertura epistêmica (Morin, 2005).

Auto-organização e não linearidade

Sinais aleatórios espúrios, chamados genericamente de ruídos, parecem ser uma grande dificuldade para a boa operação de sistemas eletrônicos, em comunicações e instrumentação. A concepção de um projeto nessas áreas começa pela especificação da relação sinal-ruído, i.e., de quantas vezes o sinal é mais intenso do que o ruído.

Daí decorre o teorema fundamental da teoria da informação: caso a relação sinal-ruído de uma fonte de dados seja maior ou igual à capacidade do canal, é sempre possível codificar os dados e transmiti-los para um receptor, com pequena e arbitrária taxa de erros (Shannon; Weaver, 1963).

Além do conhecimento advindo da teoria da informação, os engenheiros de eletrônica e comunicações serviram-se amplamente da teoria de processos estocástico, do eletromagnetismo e da teoria dos circuitos para desenvolver dispositivos de modulação e demodulação, responsáveis pela prontidão e ubiquidade dos acessos à internet.

Originalmente, esses avanços foram obtidos por projetos e dispositivos lineares, isto é, aqueles que satisfazem o princípio da superposição: o efeito da soma é a soma dos efeitos. Essa é uma hipótese que, quando satisfeita, proporciona facilidade de projeto e precisão de operação.

Entretanto, os componentes eletrônicos apresentam não linearidades e superposição de efeitos nem sempre satisfeita, fato que pode dificultar os projetos, mas incrementá-los, se bem utilizado.

Em meados dos anos 1980, houve uma grande movimentação no mundo da física e da engenharia mecânica com origem na facilidade computacional de simular sistemas dinâmicos descritos por equações diferenciais não lineares (Monteiro, 2006), produzindo o chamado caos determinístico.

Entende-se por caos determinístico o comportamento aleatório de um sistema dinâmico descrito por equações não lineares deterministas, associado à emergência de comportamentos sensíveis às condições iniciais. Está então criada a dicotomia, sempre própria da complexidade (Morin, 2005): o imprevisível dentro do previsível.

Alguns circuitos elétricos apresentando esse fenômeno foram desenvolvidos e os campos da modulação e da criptografia ficaram enriquecidos com essas novas possibilidades.

O caos determinístico e sua emergência fazem parte integrante da Engenharia da Complexidade em suas diversas atividades de concepção e projeto, aprimorando a acuidade dos modelos das interações e, na implantação e operação, permitindo a visualização de uma variedade maior de cenários.

Outro fator a ser considerado no contexto da Engenharia da Complexidade é o da auto-organização do sistema constituído pela obra e seu entorno físico, biológico e humano. A interação física, por mais complicada que seja, tem metodologias relativamente bem desenvolvidas para serem estudadas e contextualizadas.

As interações biológicas podem trazer maiores e mais inesperadas surpresas. Alterações ambientais produzidas por uma ação de Engenharia podem implicar degradações de paisagens e propagação de doenças.

O fator mais relevante a ser incluído é, entretanto, o antropológico. Obras de engenharia são trabalhos humanos que devem visar a melhoria da vida no planeta, sob os mais variados aspectos.

Não se pode esquecer que seres humanos são dotados de consciência e discernimento, o que pode influenciar de maneira direta decisões de concepção, projeto, implantação e operação de um sistema e, principalmente, contextualizá-los às condições humanas de cada população.

De nada adianta construir estradas modernas em locais em que as populações são tão carentes que sequer gozam de mobilidade. Da mesma forma, com a necessidade premente de água e energia para manutenção da vida, não faz sentido coibir o desenvolvimento de fontes alternativas e de mecanismos de despoluição de mananciais.

Interesses de grandes grupos econômicos podem trabalhar contra a erradicação da fome no planeta e fanatismos bélicos e religiosos podem fomentar desenvolvimento de máquinas de destruição.

O balanço cultural, social e econômico é o ponto central da Engenharia da Complexidade que, além de transdisciplinar, deve ser uma ferramenta de entendimento, paz e qualidade de vida para todos.

Sistema de Sistemas e Incompletude

Uma das discussões prediletas dos vendedores de novos produtos e dos entusiastas das novidades tem sido sobre as cidades inteligentes e sobre a chamada internet das coisas.

Fabricantes tradicionais de *hardware* e *software* promovem simpósios, oferecem soluções gratuitas para demonstração, financiam desenvolvimento e publicações, visando liderar um mercado aparentemente muito promissor.

Há soluções para a segurança de logradouros e residências, para monitoração de acidentes, enchentes e multidões. Há até ministro encantado com a

possibilidade de ligar o liquidificador da casa remotamente. O difícil será tomar o suco remotamente, uma vez que o teletransporte das pessoas e das coisas ainda é ficção cinematográfica.

Esse é o jeito tradicional de olhar os problemas de engenharia, pensando nos modelos físicos. Cada sistema como sendo único, fechado e voltado para uma finalidade exclusiva.

O pensamento complexo aplicado às cidades inteligentes e à internet das coisas começaria pelo pensamento antropológico, integrando o biológico e o físico.

Uma cidade inteligente começa pela cultura e pelo conforto e qualidade de vida da população que a ocupa sendo, portanto, um sistema de sistemas, definido e concebido caso a caso.

Pensando no território brasileiro, não há como achar que tornar São Paulo inteligente seja colocar semáforos sincronizados nos grandes corredores de tráfego ou monitorar as áreas de enchente. Há muitos problemas anteriores: déficit habitacional, pobreza, concentração de populações em áreas de infraestrutura precária, crianças fora das escolas, criminalidade e tantos outros.

A Engenharia da Complexidade contém em sua proposta a integração de todos esses fatores, formando os chamados sistemas de sistemas. Essa forma de pensamento melhora a eficácia das soluções, mas como toda solução, é incompleta, pois jamais poderemos ter um saber total: “A totalidade é a não verdade” (Morin, 2005).

Trata-se de enfrentar um emaranhado de inter-relações e realimentações, a incerteza e a contradição usando as ferramentas conceituais já desenvolvidas e as novas, emergentes de diferentes e inovadoras linhas de raciocínio.

Conciliar unidade e diversidade, continuidade e rupturas é tarefa do pensamento complexo que, semelhante aos sistemas lógicos, é incompleto.

Conclusão

Uma engenharia que leva em conta o físico sem “fiscismo”, o biológico sem “biologismo” e o antropológico sem “antropologismo” é a proposta da Engenharia da Complexidade, indo além do complicado e passando pelo consciente, talvez diminuindo as desigualdades, mantendo o respeito à identidade.

Nota

1 Palestra proferida no Instituto de Estudos Avançados da USP em 22 de setembro de 2017.

Referências

BERTALANFFY, L. Von. *General System Theory: foundations, development, applications*. New York: George Braziller Inc., 1968.

KONDEPUDI, D.; PRIGOGINE, I. *Modern Thermodynamics: From Heat Engines to Dissipative Structures*. 2.ed. Sussex UK: John Wiley and Sons Ltda., 2015.

MONTEIRO, L. H. A. *Sistemas dinâmicos*. 2.ed. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MORIN, E. *Introdução ao pensamento complexo*. 5.ed. Porto Alegre: Sulina, 2005.

PIQUEIRA, J. R. C. A mathematical view of Biological complexity. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, v.14, n.6, p.2581-6, 2009.

SHANNON, C. E.; WEAVER W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana; Chicago – USA: Illini Books Edition, 1963.

RESUMO – Este artigo apresenta uma proposta de abordagem de engenharia, a Engenharia da Complexidade, considerando os pressupostos do pensamento complexo apresentado por Edgar Morin. Os fundamentos principais desse enfoque: projeto de sistemas abertos, emergência, inclusão da aleatoriedade e incompletude Gödeliana são contextualizados em exemplos reais de problemas construtivos.

PALAVRAS-CHAVE: Complexidade, Caos, Dinâmica, Incompletude, Não linearidade, Sistema aberto.

ABSTRACT – This paper proposes an approach to Complexity Engineering, that takes into account the complex thinking framework proposed by Edgar Morin. The main foundations of this approach are open systems design, emergence, and the inclusion of Gödel's randomness and incompleteness, which are contextualized in real-life constructive problems.

KEYWORDS: Complexity, Chaos, Dynamics, Incompleteness, Non-linearity, Open system.

José Roberto Castilho Piqueira é engenheiro eletricitista e mestre em engenharia elétrica pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP, doutor e livre-docente em engenharia de sistemas pela Escola Politécnica da USP. É professor titular da Escola Politécnica da USP. @ – piqueira@lac.usp.br

Recebido em 20.9.2017 e aceito em 25.10.2017.

¹Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Textos

Conhecimentos ecológicos indígenas e recursos naturais: a descolonização inacabada

GONZALO AGUILAR CAVALLO¹

Introdução

ESTE TRABALHO tem por objetivo examinar a importância de considerar as contribuições das visões e conhecimentos indígenas para o desenvolvimento sustentável e, em particular, para a gestão e conservação dos recursos naturais que se encontram no meio ambiente. Cabe ressaltar que esta análise não pretende realizar uma defesa da teoria do relativismo cultural.

Nossa proposta consiste em destacar os conhecimentos indígenas tradicionais, particularmente em relação com o uso e a conservação dos recursos naturais, como uma alternativa possível ao desenvolvimento sustentado no crescimento econômico e no consumo sustentável. Desse modo, tais conhecimentos indígenas tradicionais emergiriam como um valioso insumo que permitiria a releitura do princípio do desenvolvimento sustentável.

Em uma primeira parte, examinaremos os novos enfoques libertadores de um colonialismo inacabado através do conhecimento tradicional; e, logo, em uma segunda parte, nos concentraremos na análise do paradigma cognitivo indígena vinculado com a posse de terras, territórios e recursos naturais através das decisões proferidas no sistema interamericano de proteção de direitos humanos.

A mudança de paradigma e o conhecimento tradicional

A colonização da América significou a imposição do conhecimento europeu aos povos que habitavam o continente (Eudave, 2016). Castro-Gómez e Grosfoguel (2007, p.20), sustentam que “[l]a superioridad asignada al conocimiento europeo en muchas áreas de la vida fue un aspecto importante de la colonialidad del poder en el sistema-mundo. Los conocimientos subalternos fueron excluidos, omitidos, silenciados e ignorados”. Isso ocorreu em todas as áreas, na economia, na religião, na política e também no direito. O conhecimento nativo não foi considerado ou, quando o foi, foi tido como inferior e, portanto, foi desprezado (Vanhulst; Beling, 2013). Com efeito, como afirma Gareis (2005, p.12), “[e]sta pretensión reflejaba la base ideológica de todas las formas de colonialismo, que es la presunta inferioridad del otro”. No que se refere a terras, territórios e recursos naturais indígenas, nos dias de hoje não há muita modificação no

que diz respeito à situação existente há 500 anos, nos amanheceres da colonização europeia do continente americano. Daes é clara ao destacar que

[...] [L]a exploración y colonización de otras regiones por países de Europa que se inició en el siglo XV condujo rápidamente a la apropiación, por los principales imperios europeos, de las tierras y recursos naturales de los pueblos indígenas. [...] Los pueblos indígenas fueron sucesivamente despojados de sus tierras, su ciencia, sus ideas, su arte y su cultura. (Comisión de Derechos Humanos, 1993, par.18)

Através da colonização, os Estados europeus impuseram uma forma de conhecimento que, ao final, se transformou em hegemônica. Com a Segunda Guerra Mundial, o mundo admitiu o surgimento de uma noção, de base, eurocêntrica, denominada direitos humanos (Gómez, 2001, p.270) (Velasco Criado, 1999). O fundamento geralmente aceito quanto aos direitos humanos se situou na dignidade humana, entendido como um conceito inspirado na cultura europeia.¹ Esses direitos se transformariam em um padrão axiológico de comportamento, por exemplo, no âmbito da propriedade e da proteção do meio ambiente. Desse modo, os direitos humanos, como uma particular forma de explicar e regular a posição do ser humano dentro de uma sociedade, também resultam de uma importação europeia, o que nos conduz ao tradicional debate entre universalismo e relativismo (Boco; Bulanikian, 2010, p.13; Ferrero Hernández, 2016, p.101).

Dentre os conhecimentos alternativos e as formas diversas de compreender o mundo, se encontram os denominados conhecimentos tradicionais indígenas. Em um Relatório de 2001, a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) definiu o conceito de conhecimento tradicional e realizou uma qualificação quanto ao conceito de conhecimento indígena. Assim, destacou que “*conocimientos indígenas*’ serían los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas. Por consiguiente, los conocimientos indígenas forman parte de la categoría de los conocimientos tradicionales, pero los conocimientos tradicionales no son necesariamente indígenas” (OMPI, 2001, p.23).

Surge, então, a pergunta de que significa a expressão conhecimento tradicional. Os conhecimentos tradicionais incluiriam o que se denomina folclore, mas também o conhecimento tradicional “*de plantas y animales en los tratamientos médicos y como alimento, por ejemplo. En tales casos, el análisis pasaría del sector del derecho de autor al de legislación de patentes o al de derechos sobre diversidad biológica*” (OMPI, 1999, p.3).

Como poder-se-ia entender o conhecimento indígena tradicional? A expressão poderia ser compreendida como

[...] un cuerpo acumulado de conocimientos y creencias traspasado culturalmente de generación en generación, referente a las relaciones entre organismos vivos (incluyendo humanos) con el medio ambiente, es un atributo de las sociedades con continuidad histórica en la práctica del uso de recursos, las cuales generalmente no son industriales y son menos avanzadas tecnológicamente.

En todos los casos, la tradición pasa oralmente entre generaciones y no hay registro escrito de tal conocimiento. (Prieto Acosta, 2004, p.138)

Naturalmente, existe uma relação entre o conhecimento indígena tradicional e a noção de patrimônio no caso dos povos indígenas. De mesmo modo, é possível a associação com a herança cultural indígena ou patrimônio. Os conhecimentos tradicionais indígenas, forjados através da experiência prática e das vivências e observações no decorrer dos séculos de convivência, constituem-se num dos pilares dos usos e manejos que os povos indígenas realizam da natureza, de suas terras e dos recursos naturais.

Em estudo realizado em 1993, a relatora Erica-Irene Daes (Comisión de Derechos Humanos, 1993, par.24) aborda o conceito de patrimônio para compreender a proteção da propriedade cultural e intelectual dos povos indígenas e, também, o patrimônio histórico e natural. Como será ainda discutido mais adiante, Daes refere uma peça-chave no desenvolvimento de postulados contemporâneos do um constitucionalismo da responsabilidade, dentro do qual se pode incluir a noção de “bem viver”. Com efeito, Daes afirma que “[e]n realidad, los pueblos indígenas no ven en absoluto su patrimonio como una propiedad -es decir, bienes que tienen un propietario y que se utilizan para obtener beneficios económicos- sino en términos de responsabilidad individual y colectiva” (Comisión de Derechos Humanos, 1993, par.26).

Logo, em seu projeto de princípios e diretrizes para a proteção do patrimônio dos povos indígenas do ano 2000, Daes assinalou que “[e]l patrimonio de los pueblos indígenas tiene un carácter colectivo” (Comisión de Derechos Humanos, 2000, par.13).

E, além do mais, completou que entende como incorporados nesse patrimônio

[...] todos los bienes culturales muebles, definidos en las convenciones pertinentes de la Unesco; todos los tipos de obras literarias y artísticas como música, baile, canciones, ceremonias, símbolos y diseños, narración y poesía; y todas las formas de documentación de los pueblos indígenas o sobre ellos; todo tipo de conocimientos científicos, agrícolas, técnicos y ecológicos, incluidas las innovaciones basadas en esos conocimientos, cultígenos, remedios, medicinas y el uso de la flora y de la fauna; restos humanos; bienes culturales inmuebles como lugares sagrados, emplazamientos de valor cultural, natural e histórico y enterramientos. (ibidem, par.13)

Quando falamos de conhecimento indígena tradicional, não só nos referimos aos distintos saberes e sabedorias acumuladas através dos séculos de existência e civilização, como também às formas distintas de ver o mundo, isto é, a visão holística pela qual a existência humana é descoberta pelas comunidades indígenas. Nesse sentido, Acosta (2010, p.14) observa que “[e]l buen vivir aparece como una categoría en la filosofía de vida de las sociedades indígenas ancestrales, que ha perdido terreno por efecto de las prácticas y mensajes de la modernidad occidental”.

Na América, a presença de comunidades indígenas e tribais tem facilitado a abertura dessa brecha no conhecimento (Mejía Navarrete, 2015). E, nesse ponto, o continente compartilha as características com a África. Por essa razão, é tão importante que os continentes dialoguem quanto às suas experiências práticas nessa temática e, igualmente, por isso é relevante que o mundo intelectual e profissional americano volte seus olhos para o continente africano. A existência de um componente comunitário e eminentemente coletivo no seio da sociedade africana, assim como no seio da sociedade americana explicaria a necessária aproximação que deveria existir na leitura de formas pelas quais se deveria abordar o conhecimento desses direitos. Note-se que no caso africano esse último é intocado, já que o próprio nome do principal instrumento de proteção dos direitos o explicita: Carta Africana sobre os Direitos Humanos e dos Povos (1981).

Uma manifestação relevante desses conhecimentos indígenas tradicionais, no âmbito da efetividade na utilização dos recursos naturais e das diretrizes sobre o desenvolvimento, é constituída pela noção de bem viver. O conceito de bem viver pretende explicitar a ideia de um desenvolvimento integral, inspirada na tradição indígena e que propõe uma mudança de paradigma ante a concepção capitalista de desenvolvimento, e que, como já assinalamos, segundo Houtart (2011), encontra noções similares nas sociedades africanas e asiática. Nesse sentido, Acosta (2015, p.301) afirma que o “*Buen Vivir, en tanto cultura de la vida, con diversos nombres y variedades, ha sido conocido y practicado en distintos períodos en las diferentes regiones de la Madre Tierra, como podría ser el Ubuntu en África o el Svadeshi, el Swaraj y el Apargrama en la India*”. Ubuntu, por exemplo, se pode expressar com a máxima “uma pessoa é uma pessoa através de outras pessoas”, o que, para os observadores ocidentais poderia parecer uma ideia bastante obscura. Contudo, também

[...] se puede revelar en las siguientes interpretaciones: “uno se convierte en una persona moral en la medida que uno honre las relaciones comunitarias”, o “un ser humano vive un modo de vida genuinamente humano en la medida que esa persona aquilata la identidad y la solidaridad con otros seres humanos”, o “un individuo realiza su propia persona respetando el valor de la amistad”. (Metz, 2011, p.540)

Cabe destacar que nesse conceito de humanidade se vive através da identidade e da solidariedade com os outros seres. Note-se a simetria com as visões indígenas, nas quais “*[l]a cosmovisión y prácticas culturales de estos pueblos han estado íntimamente relacionadas con los espacios naturales y se diferencian de las visiones de otros actores que separan lo natural de lo humano*” (Barragán Alvarado, 2011).

Em matéria de recursos naturais, se os territórios indígenas são tão ricos em recursos é porque durante séculos eles têm interagido com a natureza de maneira harmoniosa, alcançando um conhecimento que lhes tem permitido levar adiante um uso sustentável de seus recursos (Nakashima; Prott; Bridgewater, 2000). A visão hegemônica do desenvolvimento, do consumo e do crescimento econômico tem anulado esse conhecimento alternativo, não hegemônico, local,

tradicional (Sousa Santos, 2010). Assim, “*a partir de la perspectiva del sistema-mundo, la modernidad es concebida en su articulación con el capitalismo y la colonialidad*” (Caba; García, 2014, p.6).

Segundo Sousa Santos (2010), a história de nosso tempo se encontra baseada em um “epistemicídio”, i.e., na destruição, iniciada na América há 500 anos, de outros conhecimentos alternativos. De acordo com Caba e García, (2014, p.6), a partir dessa época, “*todo el globo se torna el lugar de una sola sociedad, de una sola historia hegemónizada por Europa*”.

Poder-se-ia dizer que no caso da América Latina,

[...] [a] partir de estos procesos de epistemicidio – despojos epistémicos intencionales – se han creado unas subjetividades discriminadas, como es el caso de los indígenas a quienes no se les ha reconocido sus saberes ancestrales y han pasado de ser los propietarios nativos de estos territorios a ser poblaciones diferenciales que apenas en las últimas décadas (sic), se les ha reconocido en las Cartas Constitucionales sus derechos humanos. (Correa Muñoz; Saldarriaga Grisales, 2014, p.163)

O resgate e a validade dos conhecimentos alternativos é o que alguns chamam de descolonização epistemológica. Caba e García (2014, p.6) assinalam que por “*descolonización epistemológica se entiende entonces un intento que [...] busca la gestación de un pensamiento en diálogo con conocimientos de la periferia que han sido despreciadas y/o silenciadas por la superioridad autoasignada de la cultura europea*” (cf. Quijano, 2012). Essa validação do conhecimento alternativo, em particular, do conhecimento indígena tradicional, é, em certa medida, o que a Corte IDH, talvez até sem tal pretensão, tem realizado em torno da posse e das formas de uso ancestral das terras territórios e recursos naturais desses povos (cf. Frias, 2017). Então, cada vez que é imposto um direito aos povos indígenas gestado em uma sociedade com uma visão de mundo eurocêntrica e com uma forma de se inter-relacionar com a natureza e com os recursos naturais distinta de sua forma, também nesse momento se atualiza o colonialismo.

Há aqui o drama do conhecimento alternativo indígena *vis-à-vis* suas terras, seus territórios e recursos naturais, refletido, em parte, em seu conhecimento ecológico tradicional (Berkes; Colding; Folke, 2000). Hoje em dia seus recursos naturais e territórios são amplamente cobiçados porque são áreas que durante séculos mantiveram equilíbrio e se conservaram graças à cosmovisão indígena, razão pela qual gozam de uma incrível riqueza ambiental (Diretrizes de proteção para os povos indígenas em isolamento e em contato inicial da Região Amazônica, o Grande Chaco e a Região Oriental do Paraguai). Martínez de Bringas (2009, p. 4) sustenta que

[...] [j]unto a ello, y consustancialmente vinculado al valor de la biodiversidad en la que viven y se asientan, es necesario percibir el valor que se deriva de estos territorios en forma de conocimiento tradicional y patrimonio inmaterial indígena, con un valor cultural insondable para estos pueblos. Se trata de prácticas, innovaciones y conocimientos orientados a la conservación y

utilización sostenible de sus territorios, es decir, a la producción, reproducción y desarrollo de la vida individual y colectiva. Hoy, estos conocimientos tradicionales y estas expresiones de patrimonio tienen un valor inaudito para el capital debido a las posibilidades que otorga su mercantilización.

Então, esse conhecimento indígena tradicional orientado a conservação e uso sustentável dos recursos pode ser uma via alternativa ao desenvolvimento ante aquela fórmula que parece esgotada e que provém da visão hegemônica. Seguindo Berkes (1995), não utilizamos o termo conservação no sentido de preservação, mas no sentido de uso para o benefício humano, sem comprometer os interesses das gerações futuras. Nesse sentido, a lição que nos oferece o conceito de “bem viver” valeria a pena ser aprendida.

Terras, meio ambiente e recursos naturais desde o conhecimento tradicional

Nesta parte, pretendemos nos concentrar na particular forma de compreensão que detêm os povos indígenas e, portanto, de relacionar-se com o mundo, tendo em vista suas terras, seus territórios, meio ambiente e recursos naturais nele existentes. Nossa análise dessa visão alternativa do mundo se realizará a partir da prática jurisprudencial interamericana. A ênfase será dada não tanto no direito dos povos indígenas à propriedade coletiva de suas terras e recursos naturais e o necessário reconhecimento de seus conhecimentos e culturas tradicionais por trás desse reconhecimento, mas no aporte que esses conhecimentos indígenas tradicionais e suas cosmovisões – já reconhecidos em nível interamericano – podem significar para se alcançar um desenvolvimento sustentável com a proteção da natureza e a conservação dos recursos naturais (Aguilar Cavallo, 2017). Nossa hipótese é que a prática judicial interamericana relativa aos casos sobre os povos indígenas vem permitindo abrir uma brecha em torno dos distintos saberes e formas de enfrentar o mundo, em especial frente ao desafio contemporâneo de desenvolvimento sustentável.

A contribuição dos conhecimentos tradicionais para o desenvolvimento sustentável: bem viver

O enfoque holístico é representativo de outras formas de conhecimento; de fato, é representativo do conhecimento indígena tradicional, e, portanto, ancestral, muitas vezes considerado como inferior, pelo conhecimento eurocêntrico. Pretendemos examinar se os conhecimentos e visões do mundo que os povos indígenas possuem poderiam constituir uma contribuição para alcançar o objetivo de desenvolvimento sustentável e, em particular, para a gestão e conservação dos bens e recursos naturais que se encontram no meio ambiente. Antes, cabe ter presente o contexto e, quanto a esse, Pinheiro, El-Chichini Popovic e Khan (1994, p.189) destacam que “*en vísperas del año 2000, nuestra sobrevivencia está amenazada. El desequilibrio ecológico, los patrones de desarrollo insostenibles y las persistentes divisiones del mundo entre Norte y Sur, entre naciones ricas y pobres, se agravan*”.

O desenvolvimento sustentável teve como antecessor o ecodesenvolvimento. O ecodesenvolvimento foi conceitualizado nos anos 1970 por Sachs, o qual postulava que

[...] había que reorientar la técnica y la ciencia en apoyo al ecodesarrollo en vez de ponerlas al servicio de una lógica de acumulación capitalista creciente, que no sólo alienaba al propio ser humano, sino que, también, destruía la naturaleza y envenenaba el ambiente” e, portanto, se tratava de desejar um desenvolvimento “socialmente deseável, economicamente viável, y ecológicamente prudente. (apud Estenssoro, 2015, p.89)

Logo, nos anos 1980 aparece no contexto das Nações Unidas o conceito de desenvolvimento sustentável. Com efeito, esse termo foi alcunhado, com grande êxito posterior, no denominado Relatório Brundtland de 1987. O referido Relatório define o desenvolvimento sustentável como *“el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”* (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987, par.1 e 9) (Alonso Hierro; Martín Fernández, 2013, p. 1135).

O ecodesenvolvimento e o desenvolvimento sustentável são objetos de crítica pelos defensores do reconhecimento dos conhecimentos alternativos, já que se alega que os primeiros são manifestações da cultura dominante e do conhecimento eurocêntrico. Sem dúvidas, pretendemos propor que o desenvolvimento sustentável e o conhecimento indígena tradicional têm pontos de encontro que permitiriam o melhor proveito de ambos os objetivos que parecem comuns, tais como a conservação da biodiversidade e da diversidade cultural, o equilíbrio ecológico e a proteção do patrimônio ambiental.

Por uma parte, sustentamos que um dos pontos de união dos pontos mais relevantes entre o desenvolvimento sustentável e os direitos humanos é que ambas as noções se revelam portadoras do conceito de justiça. A justiça é um conceito central de desenvolvimento sustentável, tanto desde a perspectiva de justiça social como da de justiça ambiental e sua específica manifestação da equidade intergeracional. Esses elementos de justiça confluem sem dúvidas nos direitos humanos – direito humano ao meio ambiente saudável e direito humano ao desenvolvimento – convertendo-se em peças-chave da luta contra a desigualdade (Gros Espiell, 1987, p.165). Desse modo, segundo Flores Rentería (2011, p.45) *“[l]o injusto es lo inhumano, que existan comunidades e individuos marginados, sumergidos en la pobreza y la ignorancia y, por si ello fuera poco, que se les haga creer que son libres e iguales a sus gobernantes y a los ricos que los oprimen”*.

Nesse contexto o desenvolvimento sustentável não significa, pois, um bem-estar baseado no mero consumo de bem, mas sim um bem-estar do indivíduo e da sociedade em relação com o entorno, no sentido amplo da palavra, isto é, equilíbrio ecológico e hábitat em harmonia com a natureza. O desenvolvimento centra-se principalmente *“en la riqueza de las vidas humanas y no solo en*

la riqueza de las economías” (Informe sobre Desarrollo Humano, 2015). Nesse sentido, precisamente, “[l]a sostenibilidad no es solo, ni en primera instancia, un tema ambiental, [...] se trata, sobre todo, de la forma en que elegimos vivir nuestra vida” (Informe sobre Desarrollo Humano, 2011). Em outras palavras, alude a uma matriz civilizatória e a um modelo de desenvolvimento que estaria representado pelo bem viver (Estermann, 2010). Assim, reconhecendo-se que o desenvolvimento que persegue o direito de mesmo nome é um desenvolvimento sustentável, coincidiria-se com Piovesan (2014a, p.210) no sentido de que “*el derecho al desarrollo contempla, así, tres dimensiones centrales: (a) justicia social; (b) participación y accountability; y (c) cooperación internacional*”.

O direito ao desenvolvimento tem sido, assim mesmo, reconhecido pela jurisprudência internacional e decisões de órgão quase-jurisdicionais de proteção dos direitos humanos. Neste último sentido, a decisão relacionada com as condições da *comunidad Endorois en Kenya*, adotada pela Comissão Africana de Direitos Humanos e dos Povos, é relevante sobretudo quando afirma que o direito ao desenvolvimento implica a capacidade de eleição, isto é, a liberdade de eleição deve estar presente como parte do direito ao desenvolvimento. Entre o direito humano ao desenvolvimento e o princípio do desenvolvimento sustentável se produz uma relação virtuosa e de retroalimentação. O direito ao desenvolvimento não persegue qualquer tipo de desenvolvimento. Na época atual, o desenvolvimento ao qual se referiria esse direito deveria incluir componentes de sustentabilidade.

Isso tem restado claro na recente decisão da Corte Africana de Direitos Humanos e dos Povos no caso *Povo Indígena Ogiek* de 26 de maio de 2017 (African Commission on Human and Peoples’ Rights v. Republic of Kenya, 2017). No caso do povo Ogiek, a Corte Africana de Direitos Humanos e dos Povos concretiza um diálogo entre juízes de caráter horizontal já que utiliza dentro da *ratio decidendi* de seu julgado critérios relevantes estabelecidos na clássica jurisprudência sobre povos indígenas da Corte IDH (Piovesan, 2014a) (Aguilar Cavallo, 2013).

Em consequência, o direito ao desenvolvimento é um direito humano que faculta participar das decisões de desenvolvimento, assim como contribuir e desfrutar desse de tal maneira que possam realizar-se plenamente todos os direitos humanos. Portanto, é da essência desse direito ao desenvolvimento a realização, com total efetividade, dos direitos humanos (Burgoa Toledo, 2013). Dessa maneira, a plena efetividade de todos os direitos humanos é, assim mesmo, *conditio sine qua non* para a satisfação do desenvolvimento. Nesse sentido, Piovesan (2004, p.37), citando Eide, tem sustentado corretamente que a “*acción gubernamental debe promover la igualdad social, enfrentar las desigualdades sociales, compensar los desequilibrios creados por los mercados y asegurar un desarrollo humano sostenible*”.

O conceito de bem viver é sem dúvida uma noção vinculada com os saberes indígenas e que manifesta a necessidade do homem de viver em harmonia

com a natureza, ainda quando não exista um conceito único de bem viver (Van-
hulst, 2015). Portanto, o bem viver proporia uma forma alternativa ao desen-
volvimento eurocêntrico, isso é, uma “*sociedad buena para todos en suficiente
armonía interna y con particular respeto a la Madre Tierra*” (Tortosa, 2011,
p.13). Caria e Domínguez (2014, p.144) destacam que é possível distinguir
cinco elementos constitutivos comuns às diversas noções de bem viver: “*ar-
monía con la Naturaleza; reivindicación de los principios y valores de los pueblos
ancestrales; satisfacción de las necesidades básicas; justicia social e igualdad como
responsabilidades del Estado; y democracia*”. Além do mais, esses autores agregam
que existem elementos transversais “*el buen vivir como proyecto en construcción
permanente y el buen vivir como crítica al paradigma de la modernidad de ma-
triz occidental, antropocéntrica, capitalista y economicista*” (Caria; Domínguez,
2014, p.144).

Por sua vez, Canqui Mollo (2011, p.32),

*[...] postula una visión cosmocéntrica y diversidad cultural, es una expresión
cultural que condensa la forma de entender la satisfacción compartida de
las necesidades humanas, más allá del ámbito de lo material y económico.
El Vivir Bien es también la satisfacción de la participación social, política y
económica de las personas.*

Nessa linha, e resgatando os conhecimentos alternativos ao eurocentris-
mo, o “bem viver” se projeta “*hacia un nuevo tipo de desarrollo social, político,
económico y ecológico que se distancia claramente del modelo neoliberal*” (Van-
hulst; Beling, 2013, p.5). Prieto Acosta (2004, p.138) tem destacado as virtudes do
conhecimento indígena tradicional para o desenvolvimento sustentável, sobre-
tudo, para a conservação e o equilíbrio ecológico, quando assinala que

*[...] las comunidades indígenas pueden ofrecer a las sociedades modernas
muchas lecciones en el manejo de recursos en complejos bosques, montañas y
ecosistemas con sequía, y de ahí que el papel que desempeñan los indígenas en
la preservación de la biodiversidad sea crucial por su habilidad para utilizar
su ambiente natural.*

Assim mesmo, nessa linha, Gentes (2002, p.84) refere que os valores,
crenças e rituais indígenas constituem “*un sistema de reglas y una ética común
del uso de los recursos naturales*”.

Em específico, por exemplo, em relação com a gestão da água e a diversi-
dade ambiental,

*[...] la relación de los pueblos indígenas con el agua no es de simples usufruc-
tuarios, sino que juegan –en particular las comunidades forestales– un pa-
pel muy importante en la conservación de las cuencas hidrográficas. [...] En
ese punto ofrecen servicios ambientales muy valiosos para la sociedad. (Peña,
2004, p.20)*

A noção de “bem viver” tem sido indiretamente admitida pelos órgãos do
sistema interamericano de proteção dos direitos humanos através de duas deci-

sões e sentenças, especialmente, nos casos indígenas, onde estão envolvidas suas terras e recursos naturais.

O conhecimento indígena e a jurisprudência interamericana

O pilar jurídico fundamental para a reivindicação dos conhecimentos indígenas tradicionais é o direito à autodeterminação dos povos indígenas (Bernal Camargo, 2013). Em virtude desse direito, os povos indígenas têm a soberania permanente e, portanto, o controle sobre suas riquezas e recursos naturais. Nesse sentido, Daes tem corretamente articulado esse direito assinalando que “*se trata de un derecho colectivo en virtud del cual los Estados están obligados a respetar, proteger y promover los intereses de gobierno y de propiedad de los pueblos indígenas (como colectividades) sobre sus recursos naturales*” (Comisión de Derechos Humanos, 2004, par.56).

É evidente que o reconhecimento dos direitos coletivos dos povos indígenas, o qual implica o reconhecimento de sua cultura, de seus usos, costumes e visões do mundo, enfim, de seu conhecimento indígena tradicional, é extremamente relevante para sua própria sobrevivência e para seu próprio desenvolvimento sustentável (ibidem, par.55). Com efeito, a CIDH, seguindo a jurisprudência da Corte IDH, vem afirmando que

[...] [l]os Estados deben tener en cuenta que la cultura de los miembros de las comunidades indígenas corresponde a una forma de vida particular de ser, ver y actuar en el mundo, constituido a partir de su estrecha relación con sus territorios tradicionales y los recursos que allí se encuentran, no sólo por ser éstos su principal medio de subsistencia, sino además porque constituyen un elemento integrante de su cosmovisión, religiosidad y, por ende, de su identidad cultural. (CIDH, 2009, par.182)²

A principal ideia que se trata de veicular neste trabalho é que o conhecimento indígena tradicional, acumulado através dos séculos especialmente em matéria de conservação da biodiversidade e uso sustentável dos recursos naturais, pode converter-se em um sistema de conhecimento alternativo, igualmente valioso para alcançar os objetivos intrínsecos que traduzem o desenvolvimento sustentável. Por ora, o sistema interamericano tem dado um primeiro passo, abrindo a porta à constatação desse tipo de conhecimento local indígena, rico em experiências e explicações relacionadas com o meio ambiente em que vivem (Nakashima; Prott; Bridgewater, 2000). Como observamos anteriormente, uma das possíveis manifestações desses conhecimentos indígenas tradicionais se encontra na noção de “bem viver”.

Nesse contexto, a CIDH (2009, par.181) tem afirmado o seguinte:

[...] la jurisprudencia del sistema interamericano de derechos humanos sobre el derecho de propiedad comunal de los pueblos indígenas ha incorporado explícitamente en el ámbito material de este derecho los recursos naturales tradicionalmente usados por los pueblos indígenas y vinculados a sus culturas, incluyendo usos tanto estrictamente materiales como otros usos de carácter espiritual o cultural.

Desse modo, a cosmovisão indígena a propósito de terras e recursos naturais resta revelada com a seguinte passagem da sentença da Corte IDH no caso dos povos Kaliña e Lokono, de 2015, ao destacar:

Para ellos, todos los animales, plantas, peces, piedras, arroyos y ríos son seres vivos interconectados entre sí que cuentan con espíritus protectores. Sobre esta relación espiritual, se destaca que con motivo de su cosmovisión, los propios indígenas restringen el ingreso a ciertos territorios, la tala de determinados árboles, como los takini, kumaka, uremari y kwasini, y la captura o caza de algunos animales y peces, como las boas constrictoras, manatíes, delfines y tortugas. Además, cuentan con dos reglas generales que guían el uso y extracción de recursos naturales, a saber: i) no cazar o talar especímenes jóvenes, y ii) usar únicamente lo que se necesita. [...] Asimismo, los Pueblos Kaliña y Lokono cuidan sus tierras no solo porque ellos y sus futuras generaciones necesitan un lugar donde vivir, sino que la cultura y costumbres que les han inculcado sus ancestros se fundamentan en un profundo respeto por el medioambiente, que incluye tanto los seres vivos como los objetos inanimados. (Corte IDH, 2015c, par.33)

Como se pode observar, a noção de bem viver se encontra implicitamente presente na jurisprudência interamericana. No sistema interamericano de proteção dos direitos humanos, a conexão e inter-relação entre direitos humanos, proteção do meio ambiente e desenvolvimentos sustentável se tem produzido, portanto, primeiramente, em razão dos casos de direitos coletivos dos povos indígenas (Corte IDH, Opinión Consultiva, 2016, par.74). Nos casos sobre povos indígenas e a propósito da proteção do meio ambiente e do uso dos recursos naturais, a noção de bem viver ocupa um lugar preponderante.

No caso dos povos Kaliña e Lokono de 2015, a Corte IDH reitera sua jurisprudência constante no que diz respeito ao reconhecimento e proteção sob o direito a propriedade, das formas tradicionais de exercício do direito ao uso e gozo de seus recursos naturais. Desconhecer essa proteção seria discriminatório e atentaria contra sua própria sobrevivência física e cultural. Inclusive, a Corte realiza implicitamente a conexão entre o especial modo holístico de relacionar-se com a terra e seus recursos naturais que detêm os povos indígenas e o desenvolvimento sustentável, já que os juízes interamericanos reconhecem a intenção desses povos de preservar seu legado cultural e transmiti-lo às gerações futuras. Com efeito,

[E]ntre los pueblos indígenas existe una tradición comunitaria sobre la propiedad colectiva de la tierra, en el sentido de que la pertenencia a ésta no se centra en un individuo sino en el grupo y su comunidad. [...] Desconocer las versiones específicas del ejercicio del derecho al uso y goce de los bienes, dadas por la cultura, usos, costumbres y creencias de cada pueblo, equivaldría a sostener que solamente existe una forma de usar y disponer de los bienes, lo que a su vez significaría hacer ilusoria la protección de tal disposición para estos colectivos. (Corte IDH, 2015c, par.129)

Especialmente a respeito dos recursos naturais que os povos indígenas tradicionalmente têm possuído ou usado de outra forma, a Corte IDH (2015c, par.164) tem sustentando que “*los pueblos indígenas tienen el derecho de ser titulares de los recursos naturales que han usado tradicionalmente dentro de su territorio, ya que sin ellos su supervivencia económica, social y cultural está en riesgo*”. Do mesmo modo, nesse sentido, uma referência obrigatória constitui o conhecido caso da *Comunidade Indígena Yakye Axa vs. Paraguay* de 2005.

Nos casos sobre terras e territórios indígenas, a Corte IDH tem desenvolvido ainda mais a proteção do meio ambiente e desenvolvimento sustentável.³ Assim, a Corte IDH refere a obrigação de se realizar um estudo de impacto ambiental e, como contrapartida, o direito a que esse se realize. Os critérios que estabelecem seriam os seguintes: a) Não se pode iniciar nenhum projeto de investimento ou desenvolvimento enquanto não haja um Estudo de Impacto Ambiental e Sociais (EIAS); b) O EIAS deve ser realizado por entidades independentes e tecnicamente capazes; c) O EIAS deve ser devidamente supervisionado pelo Estado; e d) O Estudo deve incluir o aspecto social, cultural, espiritual e a afetação de direitos humanos.

A obrigação em realizar um estudo prévio de impacto social e ambiental – e acrescentaríamos o impacto nos direitos humanos – aparece aqui aprimorada como um eventual instrumento que poderia refletir uma doutrina constitucional que se situa no caminho da solidariedade, do dever e da responsabilidade.

Conclusão

A riqueza da biodiversidade e o enorme valor ambiental dos recursos existentes nas terras e territórios indígenas são cobijados pelos Estado e pelos atores privados com a desculpa do desenvolvimento, e, portanto, se encontram em perigo real, recordando-nos uma colonização inacabada. O perigo não é somente para os direitos coletivos dos povos e comunidades indígenas às suas terras e recursos naturais, que têm sido conservados e usados sustentavelmente durante séculos, mas sim um risco real para a própria sobrevivência humana.

Os conhecimentos alternativos indígenas e saberes tradicionais constituem um patrimônio valioso que pode nos proporcionar uma via alternativa à visão hegemônica imposta de desenvolvimento e de crescimento econômico unicamente baseado na exploração e extração incessante dos recursos, efetuados quase sempre em nome de um número cada vez mais crescente de liberdades econômicas sem consideração à conservação ambiental e ao equilíbrio ecológico. Desde o conhecimento indígena se nos apresenta a noção de bem viver como uma via alternativa de desenvolvimento em harmonia com o meio ambiente, considerando a dignidade da natureza através do ser humano.

A Corte IDH tem dado passos concretos no sentido de ir construindo uma base jurídica para a aceitação desses conhecimentos alternativos em relação com as terras, os territórios e os recursos naturais indígenas. No interior dos Estados, na América, sobressaem-se exemplos constitucionais do Equador e da

Bolívia. Resta saber se essa via será abraçada por ainda mais países do continente e, também, como uma alternativa planetária que nos permita traçar um caminho para um novo desenvolvimento que nos assegure um “bem viver” global.

Notas

1 A Declaração Universal dos Direitos Humanos reconhece como base “a dignidade intrínseca” de todos os membros da família humana.

2 *Caso Comunidad Indígena Yakye Axa vs. Paraguay* (Corte IDH, 2005, par.135).

3 Ver, nesse sentido: *Caso Pueblo Indígena Kichwa de Sarayaku vs. Ecuador* (Corte IDH, 2012, par.205); *Caso del Pueblo Saramaka vs. Surinam* (Corte IDH, 2007, par.130).

Referências

ACOSTA, A. _____. El buen vivir, una utopía por (re)construir. In: DEL VISO, N. (Coord.) *Enfoques sobre bienestar y buen vivir*. Fuhem: Madrid, 2010. p.11-28.

_____. El buen vivir como alternativa al desarrollo. Algunas consideraciones económicas y no tan económicas. *Política y Sociedad*, v.52, n.2, p.299-330, 2015.

AGUILAR CAVALLO, G. El diálogo judicial multinivel. In: NOGUEIRA ALCALÁ, H. (Coord.) *Diálogo judicial multinivel y principios interpretativos favor persona y de proporcionalidad*. Santiago de Chile: Librotecnia, 2013. p.55-102.

_____. Las fuentes y el alcance del derecho al desarrollo y su indivisibilidad con el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. *Revista Ius et Praxis*, año 23, n.1, p.465-508, 2017.

ALONSO HIERRO, J.; MARTÍN FERNÁNDEZ, J. Activos culturales y desarrollo sostenible: la importancia económica del patrimonio cultural. *Política y Sociedad*, v.50, n.3, p.1133-47, 2013.

BARRAGÁN ALVARADO, L. Gestión de áreas protegidas en territorios indígenas. *Revista Parques*, n.2, 2011. Disponível em: <<http://revistaparques.net/uploads/media/art44.pdf>>. Acesso: dez. 2017.

BERKES, F.; FOLKE, C.; GADGIL, M. Traditional Ecological Knowledge, Biodiversity, Resilience and Sustainability. In: PERRINGS C.A. et al. (Ed.) *Biodiversity Conservation*. Dordrech: Kluwer, 1995. p.281-299.

BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, v.10, n.5, p.1251-62, 2000.

BERNAL CAMARGO, D. R. Protección de los recursos genéticos de los pueblos indígenas en los sistemas universal e interamericano de derechos humanos. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, año XLVI, n.138, p.909-37, 2013.

BOCO, R.; BULANIKIAN, G. Derechos humanos: universalismo vs. relativismo cultural. *Alteridades*, v.20, n.40, p.9-22, 2010.

BOSELDMANN, K. *The principle of sustainability*. Transforming law and governance. Farnham; Burlington: Ashgate Pub, 2008. p.120-1.

BURGOA TOLEDO, C. A. La efectividad de los derechos humanos y sus garantías. *Universos Jurídicos. Revista de Derecho Público y Diálogo Multidisciplinar*, año 1, n.1, p.173-97, 2013.

CABA, S.; GARCÍA, G. La denuncia al eurocentrismo en el pensamiento social latinoamericano y la problemática de la universalidad del conocimiento. *Polis. Revista Latinoamericana*, n.38, p.1-18, 2014.

CANQUI MOLLO, E. El vivir bien, una propuesta de los pueblos indígenas a la discusión sobre el desarrollo. *Obets. Revista de Ciencias Sociales*, v.6, n.1, p.19-33, 2011.

CARIA, S.; DOMÍNGUEZ, R. El porvenir de una ilusión: la ideología del buen vivir. *América Latina Hoy*, n.67, p.139-63, 2014.

CASTRO-GÓMEZ, S.; GROSFUGUEL, R. Giro decolonial, teoría crítica y pensamiento heterárquico. In: CASTRO-GÓMEZ, S.; GROSFUGUEL, R. (Ed.) *El giro decolonial*. Reflexiones para una diversidad epistémica más allá del capitalismo global. Bogotá: Siglo del Hombre Editores, 2007. p.9-23.

CIDH. *Derechos de los Pueblos Indígenas y Tribales sobre sus tierras ancestrales y recursos naturales*. Normas y Jurisprudencia del Sistema Interamericano de Derechos Humanos. Cap. VIII. Doc. OEA/Ser.L/V/II., Doc. 56/09, 30 diciembre 2009.

COMISIÓN DE DERECHOS HUMANOS. *Estudio sobre la protección de la propiedad cultural e intelectual de los pueblos indígenas preparado por la Sra. Erica-Irene Daes, Relatora Especial de la Subcomisión de Prevención de Discriminaciones y Protección a las Minorías y Presidenta del Grupo de Trabajo sobre Poblaciones Indígenas*. Doc. N.U. E/CN.4/Sub.2/1993/28, de fecha 28 de julio de 1993.

_____. *Informe del seminario sobre el proyecto de principios y directrices para la protección del patrimonio de los pueblos indígenas*. (Ginebra, 28 de febrero a 1º de marzo de 2000) Presidenta-Relatora: Sra. Erica-Irene A. Daes. Doc. N.U. E/CN.4/Sub.2/2000/26, de fecha 19 de junio de 2000.

_____. *La soberanía permanente de los pueblos indígenas sobre sus recursos naturales*. Informe final de la Relatora Especial Sra. Erica-Irene A. Daes. Doc. N.U. E/CN.4/Sub.2/2004/30, de fecha 13 de julio de 2004.

COMISIÓN MUNDIAL SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO (CMMAD): *Nuestro Futuro Común*. Doc. N.U. A/42/427, de fecha 4 de agosto de 1987.

CORREA MUÑOZ, M. E.; SILDARRIAGA GRISALES, D. C. El epistemicidio indígena latinoamericano. Algunas reflexiones desde el pensamiento crítico decolonial. *Revista CES DERECHO*, v.5, n.2, p.154-64, 2014.

CORTE IDH. *Caso Bámaca Velásquez vs. Guatemala*. Fondo. Sentencia de 25 de noviembre de 2000. Serie C No. 70. Voto razonado del juez A. A. Cançado Trindade. Disponible em: <<http://www.corteidh.or.cr/>>. Acceso em: 20 jul. 2018.

_____. *Caso Comunidad Indígena Yakye Axa vs. Paraguay*. Fondo Reparaciones y Costas. Sentencia 17 de junio de 2005. Disponible em: <<http://www.corteidh.or.cr/>>. Acceso em: 20 jul. 2018.

CORTE IDH. *Caso del Pueblo Saramaka vs. Surinam*. Excepciones Preliminares, Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia de 28 de noviembre de 2007. Disponible em: <<http://www.corteidh.or.cr/>>. Acceso em: 20 jul. 2018.

CORTE IDH. *Caso Pueblo Indígena Kichwa de Sarayaku vs. Ecuador*. Fondo y reparaciones. Sentencia de 27 de junio de 2012. Disponible em: <<http://www.corteidh.or.cr/>>. Acceso em: 20 jul. 2018.

_____. *Caso Gonzales Lluy y otros vs. Ecuador*. Excepciones Preliminares, Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia de 1 de septiembre de 2015a. Disponible em: <<http://www.corteidh.or.cr/>>. Acceso em: 20 jul. 2018.

_____. *Caso Comunidad Garífuna Triunfo de la Cruz y sus miembros vs. Honduras*. Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia de 8 de octubre de 2015b. Disponible em: <<http://www.corteidh.or.cr/>>. Acceso em: 20 jul. 2018.

_____. *Caso Pueblos Kalina y Lokono vs. Surinam*. Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia de 25 de noviembre de 2015c. Disponible em: <<http://www.corteidh.or.cr/>>. Acceso em: 20 jul. 2018.

_____. *Titularidad de derechos de las personas jurídicas en el sistema interamericano de derechos humanos (Interpretación y alcance del artículo 1.2, en relación con los artículos 1.1, 8, 11.2, 13, 16, 21, 24, 25, 29, 30, 44, 46, y 62.3 de la Convención Americana sobre Derechos Humanos, así como del artículo 8.1 A y B del Protocolo de San Salvador)*. Opinión Consultiva OC-22/16 de 26 de febrero de 2016.

DECLARACIÓN VIENA+20 OSC, adoptada en Viena el 26 de junio de 2013.

ESTENSSORO, F. El ecodesarrollo como concepto precursor del desarrollo sustentable y su influencia en América Latina. *Universum*, v.30, n.1, p.81-99, 2015.

ESTERMANN, J. Crisis civilizatoria y vivir bien. *Polis. Revista Latinoamericana*, n.33, p.1-22, 2012.

EUDAVE EUSEBIO, I. Invención, colonización y memoria indígena en la narrativa de Fray Bernardino de Sahagún. *Diálogo Andino*, n.49, p.57-72, 2016.

FERRERO HERNÁNDEZ, R. Protección de la propiedad comunal indígena por la Corte Interamericana. *Revista del Instituto Interamericano de Derechos Humanos*, v.63, p.65-103, 2016.

FLORES RENTERÍA, J. Justicia y derechos humanos. *Política y Cultura*, n.35, p.27-45, 2011.

FRIAS, E. El aporte de los indígenas al ambiente se revaloriza. *El Comercio*. Disponible em: <<http://www.elcomercio.com/tendencias/aporte-indigenas-ambiente-intercultural-cambioclimatico.html>>. Acceso em: 17 jan. 2017.

GAREIS, I. Identidades latinoamericanas frente al colonialismo – una apreciación histórico-antropológica. *Indiana*, v.22, p.9-18, 2005.

GENTES, I. Derecho de agua y derecho indígena. Hacia un reconocimiento estructural de la gestión indígena del agua en las legislaciones nacionales de los Países Andinos. *Revista de Derecho Administrativo Económico*, n.1, p.81-111, 2002.

GÓMEZ ISA, F. Diversidad cultural y derechos humanos desde los referentes cosmovisionales de los pueblos indígenas. *Anuario Español de Derecho Internacional*, v.27, p.267-313, 2011.

GROS ESPIELL, H. Reflexiones en torno a la protección internacional de los derechos humanos en el ámbito regional americano. *Cursos de Derecho Internacional de Vitoria-Gasteiz*, n.1, p.165-86, 1987.

HOUTART, F. El concepto de sumakkawsai (buen vivir) y su correspondencia con el bien común de la humanidad. *ALAI, América Latina en Movimiento*, 2011. Disponible em: <http://www.dhl.hegoa.chu.es/ficheros/0000/0738/15._El_concepto_de_su-mak_kawsai.pdf>. Acceso em: 2 dez. 2017.

INFORME de la Comisión Verdad Histórica y Nuevo Trato con los Pueblos Indígenas. Editado por el Comisionado Presidencial para Asuntos Indígenas. Primera edición, Santiago de Chile, octubre de 2008.

JARIA I MANZANO, J. El constitucionalismo de la escasez (derechos, justicia y sostenibilidad). *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental*, n.30, p.295-349, 2015.

MARTÍNEZ CASTILLO, R. Biopiratería y pueblos indígenas: crítica y realidad. *Revista Latinoamericana de Derechos Humanos*, v.20, n.1, p.27-38, 2009.

MARTÍNEZ DE BRINGAS, A. Las políticas interculturales ante el reto de los derechos de los pueblos indígenas, 2009, p.4. Disponible em: <http://www.proyectos.cchs.csic.es/interjust/sites/proyectos.cchs.csic.es/interjust/files/Las_politicas_multiculturales_ante_el_reto_de_los_derechos_de_los_pueblos_indigenas.pdf>. Acceso em: 3 dez. 2017.

MEJÍA NAVARRETE, J. Modernidad y conocimiento social. La emergencia de un discurso epistémico en American Latina. *Cinta de Moebio, Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*, n.54, p.290-301, 2015.

METZ, T. Ubuntu as a Moral Theory and Human Rights in South Africa. *African Human Rights Law Journal*, v.11, p.532-59, 2011.

MURRAY LI, T. La limpieza étnica, los conocimientos recursivos y los dilemas del sedentarismo. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, n.173, p.361-71, 2002.

NAKASHIMA, D.; PROTT, L.; BRIDGEWATER, P. Tapping into the World's Wisdom. *Sources*, n.125, 2000.

OMPI. *Mesa redonda sobre la propiedad intelectual y los conocimientos tradicionales*. Ginebra, 1 y 2 de noviembre de 1999. Doc. OMPI/IPTK/RT/99/3, de fecha 6 de octubre de 1999.

_____. *Conocimientos tradicionales: necesidades y expectativas en materia de propiedad intelectual. Informe relativo a las misiones exploratorias sobre propiedad intelectual y conocimientos tradicionales (1998-1999)*. Ginebra, 2001.

PAECH, N. Die Postwachstumsökonomie – ein Vademecum. *Zeitschrift für Sozialökonomie (ZfSÖ)*, v.46/160-161, p.28-31, 2009.

PEÑA, F. Pueblos indígenas y manejo de recursos hídricos en México. *Revista Mad*, n.11, p.20-9, 2004.

PÉREZ PINO, V. Educación ambiental y cosmovisión de los pueblos originarios, Conama, Región de Tarapacá, 2017. Disponible em: <<http://www.ceh.cl/GEFSDH2010/GEFpdf/Seminarios/fo-article-29181.pdf>>.

PINHEIRO, P. S.; EL-CHICHINI POPPOVIC, M.; KAHN, T. Pobreza, violencia e direitos humanos. *Novos Estudos*, n.39, p.189-208, 1994.

PIOVESAN, F. Derechos sociales, económicos y culturales y derechos civiles y políticos. *Sur – Revista Internacional de Derechos Humanos*, año 1, n.1, p.21-47, 2004.

_____. Proteção dos direitos sociais: desafios do *ius commune* sul-americano. *Revis-*

ta de Estudos Constitucionais, Hermeneutica e Teoria do Direito (RCHTD), v.3, n.2, p.206-26, 2014a.

_____. Sistema Interamericano de Direitos Humanos: impacto transformador, diálogos jurisdicionais e os desafios da reforma. *Revista de Estudos Constitucionais, Hermeneutica e Teoria do Direito (RECHTD)*, v.6, n.2, p.142-54, 2014b.

PNUD. *Informe sobre desarrollo humano 2015*. Trabajo al servicio del desarrollo humano. Nova York: PNUD, 2015.

PNUD: *Informe sobre desarrollo humano 2011*. Sostenibilidad y Equidad: Un mejor futuro para todos. PNUD, Nueva York, 2011.

PRIETO ACOSTA, M. Conocimiento indígena tradicional: el verdadero guardián del oro verde. *Boletín de Antropología*, v.18, n.35, p.132-64, 2004.

QUIJANO, A. “Bien vivir”: entre el “desarrollo” y la des/colonialidad del poder. *Viento Sur*, n.122, p.46-56, 2012.

SOUSA SANTOS, B. de. *Pensar el Estado y la sociedad: desafíos actuales*. Buenos Aires: Waldhuter, 2009.

_____. *Descolonizar el saber, reinventar el poder*. Montevideo: Trilce, 2010.

_____. Epistemologías del Sur. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, año 16, n.54, p.17-39, 2011.

TORTOSA, J. M. Vivir bien, buen vivir: caminar con los dos pies. *Obets. Revista de Ciencias Sociales*, v.6, n.1, p.13-17, 2011.

TRESIERRA, J. C. *Derechos de uso de los recursos naturales por los grupos indígenas en el bosque tropical*. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, p.28-29, 2000.

VANHULST, J. El laberinto de los discursos del Buen vivir: entre Sumak Kawsay y Socialismo del siglo XXI. *Polis. Revista Latinoamericana*, v.14, n.40, p.233-61, 2015.

VANHULST, J.; BELING, A. E. Buen vivir: la irrupción de América Latina en el campo gravitacional del desarrollo sostenible. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, v.21, p.1-14, 2013.

VELASCO CRIADO, D. Los antecedentes histórico-ideológicos de la Declaración Universal de los Derechos del Hombre de 1948. In: *LA DECLARACIÓN Universal de los Derechos Humano en su cincuenta aniversario: un estudio interdisciplinar*. Universidad de Deusto-Instituto de Derechos Humanos Pedro Arrupe, Bilbao, 1999.

RESUMO – Este trabalho pretende ressaltar o conhecimento indígena tradicional ante o conhecimento eurocentrista em matéria de preservação da natureza e do patrimônio ambiental. Ante a atual crise ambiental, o resgate do conhecimento ecológico indígena aparece como uma alternativa para o desenvolvimento diante das ineficazes fórmulas de acumulação, vestígios do colonialismo. O sistema interamericano de proteção de direitos humanos tem contribuído com um reconhecimento dos direitos coletivos dos povos indígenas sobre suas terras e recursos naturais. Esse reconhecimento contém em si mesmo a aceitação dos conhecimentos ecológicos indígenas, os quais poderão contribuir para o estabelecimento de um novo modelo de desenvolvimento.

PALAVRAS-CHAVES: Conhecimentos ecológicos tradicionais, Descolonização, Povos indígenas, Recursos naturais, Direitos humanos.

ABSTRACT – This paper aims to highlight traditional indigenous knowledge vis-à-vis Eurocentric knowledge regarding the conservation of nature and the preservation of the environmental heritage. Considering the environmental crisis, the validation of indigenous ecological knowledge appears to be an alternative to development in face of the ineffective recipe of accumulation of goods and other vestiges of colonialism. The Inter-American System of Human Rights has recognized the collective rights of indigenous peoples on their land and natural resources. This recognition contains in itself an acceptance of the indigenous ecological knowledge, which could contribute to a new development model.

KEYWORDS: Traditional ecological knowledge, Decolonization, Indigenous peoples, Natural resources, Human rights.

Gonzalo Aguilar Cavallo é professor da Faculdade de Direito da Universidad de Talca (Chile), e diretor do Magíster en Derecho Constitucional do Centro de Estudios Constitucionales de Chile (Cecoch). @ – gaguilar@utalca.cl

Tradução de Maria Valentina de Moraes. O original em espanhol – “Conocimientos ecológicos indígenas y recursos naturales: la descolonización inacabada” – encontra-se à disposição do leitor no Instituto de Estudos Avançados da USP para eventual consulta.

Recebido em 18.9.2018 e aceito em 22.10.2018.

¹Faculdade de Direito, Universidad de Talca, Talca, Chile.

Aníbal Quijano e a racionalidade alternativa na América Latina: diálogos com Mariátegui

DENI ALFARO RUBBO¹

A interpretação da nossa realidade a partir de esquemas alheios só contribuiu para tornar-nos cada vez mais desconhecidos, cada vez menos livres, cada vez mais solitários. [...] A América Latina não quer e nem tem porque ser um peão sem rumo ou decisão, nem tem nada de quimérico para que seus desígnios de independência e originalidade se convertam em uma aspiração ocidental.

(Gabriel García Márquez, 2011, p.26)

ESTE ARTIGO tem como objetivo discutir, ainda que de uma maneira preliminar, a perspectiva “decolonial” de Aníbal Quijano (1930-2018) e seus usos a partir de José Carlos Mariátegui. Em primeiro lugar, relacionamos o contexto histórico latino-americano desde a década de 1980 ao esforço de interpretação de Mariátegui por Aníbal Quijano, balizado, sobretudo, pela formulação de uma teoria fundacional (filosófica, epistemológica, ética e política) sobre a *especificidade* da América Latina. Na sequência, Quijano redescobre, assim, certo Mariátegui associado à renovação crítica da teoria social latino-americana. Através de múltiplos mecanismos de difusão, ele estabelece uma reconhecida caracterização filosófica e epistemológica do arsenal mariateguiano, visto como bastião da crítica eurocêntrica (“racionalidade alternativa”), para legitimá-lo como referência fundamental da teoria da “colonialidade do poder”.

A recepção de Mariátegui em Aníbal Quijano

Falecido em maio de 2018, o cientista social peruano Aníbal Quijano alcançou alto prestígio e reputação acadêmica indiscutíveis nas ciências sociais, não somente em seu país de origem, como também por toda a América Latina.¹ Suas trajetória e obra também despertam a curiosidade de pesquisadores de outras regiões, vinculados particularmente ao campo dos assim chamados “estudos pós-coloniais”. Professor da Facultad de Ciencias Sociales da Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) na capital peruana desde 1964, com passagem pelo Departamento de Sociologia da Binghamton University (New York)² a convite do sociólogo Immanuel Wallerstein, Quijano ainda foi pesquisador visitante de inúmeras universidades latino-americanas (Chile, Bolívia, México e Venezuela). No Brasil, foi docente no Instituto de Estudos Avançados na Universidade de São Paulo (IEA-USP) entre 1992-1993.³

Esse reconhecimento crescente deve-se, em grande medida, a mais de meio século de fecunda produção intelectual, fruto do desenvolvimento de repertórios conceituais inovadores e de diversos campos temáticos nas ciências sociais da América Latina.⁴ A originalidade intelectual da “sociologia crítica” desenvolvida por Quijano e seu compromisso político serão também, como destaca Villena Fiengo (2016, p.4), “um componente fundamental do *ethos* sociológico latino-americano”.

De todo modo, as homenagens ao vigor de sua obra recaem principalmente sobre sua produção a partir da década de 1990. Nesse período delinea-se, pouco a pouco, a ambiciosa formulação de uma teoria filosófica, epistemológica, ética e política *fundacional* sobre a *especificidade* da América Latina. Demarca-se, então, a perspectiva da “colonialidade de poder”. Introduzido por Quijano, o neologismo transformado em conceito-chave faz referência a uma estrutura de poder particular do domínio colonial à qual foram submetidas as populações nativas a partir de 1492, e que ainda persiste após a independência (cf. Quijano, 1992, p.12). A colonialidade seria a outra face da modernidade, seu lado negativo, obscuro. Raça, gênero e trabalho foram as três instâncias de classificação, ao mesmo tempo, constituintes do capitalismo mundial moderno/colonial (Quijano, 2000, p.343).

Essa perspectiva transformou-se em um eixo temático obrigatório nas ciências sociais da América Latina. Rita Laura Segato (2014, p.12), estudiosa do feminismo no continente, afirma categoricamente que a perspectiva crítica de Aníbal Quijano representa um “momento de ruptura (ou, ainda, um ‘giro copernicano’) no campo das ciências humanas no continente e uma nova inspiração para reorientação dos movimentos sociais e luta política”.⁵ Walter Mignolo, um dos integrantes do extinto Latin American Subaltern Studies Group e membro do “Grupo Modernidade/Colonialidade” (integrado por Quijano),⁶ declarou seu êxtase ao conhecer um dos ensaios do autor sobre o lado obscuro da modernidade ocidental.

Logo depois estive em Bogotá e achei outro livro recém-publicado: *Los conquistados: 1492 y la población indígena de las Américas*, editado por Heracleo Bonilla. O último capítulo desse livro chamou a minha atenção. Era de Aníbal Quijano, de quem eu já tinha ouvido falar, mas que não me era familiar. O ensaio, também posteriormente publicado no *Cultural Studies*, intitulou-se “Coloniality and modernity/rationality”. Peguei o livro, fui tomar outro café e devorei o ensaio, cuja leitura foi uma espécie de epifania. (Mignolo, 2017, p.2)

Mignolo (2014, p.6) ainda reconhece que uma das inspirações da construção do conceito de colonialidade vem de José Carlos Mariátegui, que construiu analiticamente relações entre raça, terra e colonialismo. De fato, Aníbal Quijano possui uma relação profunda com a obra mariateguiana, sendo provavelmente o sociólogo da América Latina que mais se aproximou dela.⁷ Contudo, as intervenções de Quijano acerca do autor de *Siete ensayos de interpretación de la realidad peruana* têm pouca representatividade diante do conjunto hetero-

gêneo de sua obra, que lhe tem garantido consagração acadêmica e traduções para diversos idiomas. “Textos menores” que foram registrados por meio de organizações de edições, prólogos de livros, simpósios, conferências, entrevistas, debates, publicações em revistas etc. No entanto, são justamente esses “pequenos frascos” que podem apontar delineamentos do conjunto da obra do autor e, conseqüentemente, de sua resposta teórica frente à estrutura do sistema mundo capitalista moderno/colonial. Iluminam, mais do que qualquer outro tema explorado pelo autor, as complexas relações entre marxismo, crise da modernidade e América Latina.

Além disso, a obra mariateguiana na sociologia de Quijano passa por apropriações diferentes de acordo com o momento da trajetória intelectual e política adotada pelo autor. Quijano não “fala” por Mariátegui, postura adotada por certos “especialistas” e “políticos”; não procura justificar as escolhas teóricas e políticas do autor, ou restringir-se apenas a transcrever a argumentação mariateguiana. Adota uma postura ousada, não isenta de contradições, que “violenta” Mariátegui. Ora, não foi assim que Mariátegui fez com autores como Marx e Sorel? Como bem afirma o historiador Flores Galindo (1994, p.437), Mariátegui “utilizou Marx no sentido mais egoísta da palavra, o empregou como instrumento, sem nunca temer a heresia ou infringir alguma regra”.

Reencontro e debate: Mariátegui, para quê?

O início da trajetória acadêmica de Quijano coincide com a efervescência dos debates acerca da Teoria da Dependência. Nas décadas de 1960 e 1970, “época de ouro” das ciências sociais da América Latina, Quijano procurou analisar a *especificidade* socioeconômica, política e cultural do Peru. Tal como Mariátegui já indicava na década de 1920, o Peru não poderia ser tratado como objeto de análise isolado, como se fosse condenado a seguir o modelo europeu. Aos olhos de Quijano, fazia-se necessária uma alternativa à análise de crivo evolucionista e às análises estrutural-funcionalistas. De fato, ao mover-se “dentro da órbita da civilização ocidental” (cf. Mariátegui, 1970a), o país tecia relações com o sistema capitalista internacional, mas dentro de uma simultaneidade de tempos históricos marcada pelo encontro entre tradições andinas e a modernidade europeia. Assim, a busca pela especificidade, unindo marxismo e investigação da realidade nacional, teria por resultado o enfraquecimento da perspectiva eurocêntrica nas ciências sociais e no âmbito das estratégias políticas.⁸

A década de 1980 seria decisiva para uma mudança de perspectiva de Aníbal Quijano nas décadas subsequentes. Fundamentalmente, uma profunda reavaliação de suas orientações teóricas que até ali vigoravam fortemente em sua formação intelectual. Ele passa a problematizar de maneira mais incisiva algumas ferramentas de análise por ele utilizadas, em especial o marxismo, e o próprio eixo temático de sua pesquisa sofre mudanças substantivas.

Era um contexto de *cambios* e de *crise* nas ciências sociais em geral. Em algumas ocasiões, Quijano lamentou que a produção latino-americana contempo-

rânea atendesse a necessidades puramente “tecnocráticas” (como teria colocado Wright Mills, um “*abstracted empiricism*”), e se distanciasse de uma perspectiva de análise de conjunto e, por meio dela, dos padrões de poder atuante. O declínio da “teoria da dependência” na década de 1980, um dos pontos mais criativos da história das ciências sociais e do marxismo na América Latina, confirmaria essa tendência (cf. Beigel, 2006). Evidentemente, essa crise tinha relação com fatores externos ao campo intelectual: crise mundial do capitalismo de 1973, queda do Muro de Berlim em 1989 e, nos anos seguintes, a percepção de uma hegemonia mundial estadunidense. Na cena peruana, o fracasso da Izquierda Unida (IU) e a ascensão e queda do Sendero Luminoso.

Reforça essa transição o trabalho “La tensión del pensamiento latinoamericano”, apresentado em 1986 por Quijano no Colóquio Internacional “Marx, para quê?” da Sociedade Portorriquenha de Filosofia (Quijano, 2014a, p.697-704). Na realidade, o título da comunicação de Quijano poderia ser uma paródia do título do próprio colóquio: Mariátegui, para quê? Com efeito, Marx é pouquíssimo trabalhado no texto de apresentação, já que para o autor é premente expressar considerações sobre a produção de conhecimento na América Latina por meio da figura de Mariátegui.

Não analisaremos aqui o vínculo que Quijano estabeleceu com a obra de Mariátegui durante as décadas anteriores à de 1980. Isso exigiria o exame de dois contextos distintos da trajetória intelectual quijaniana, cada qual com proporções e graus de importância distintos. Em primeiro lugar, a organização, ao lado de Manuel Scorza (1956), de uma antologia sobre Mariátegui, em um momento de difusão precária da obra mariateguiana, de disputas políticas na esquerda peruana e início da crise do stalinismo. Em segundo lugar, Quijano publica em 1979 um extenso prólogo (cf. Quijano, 1981) para a edição venezuelana de *Siete ensayos de interpretación de la realidad peruana* – o prólogo transformou-se em livro independente e foi publicado no Peru e no México – a pedido da Biblioteca Ayacucho que tinha o intuito de introduzir o leitor na fortuna do Amauta dentro de um contexto de “redescoberta”. Nessa época em que Quijano incorpora e difunde Mariátegui, estava envolvido com a edição da revista *Sociedad y Política* (1972-1983) e o Movimiento Revolucionário Socialista (MRS).⁹

Por outro lado, é um intuito bastante diverso que anima o trabalho de Quijano apresentado em abril de 1986. O ponto nevrálgico dessa comunicação já pressupõe uma profunda reformulação não apenas do debate sobre Mariátegui, como também das ciências sociais e do marxismo na América Latina. Embora esse texto seja relativamente breve, é possível afirmar, portanto, que sua proposta é audaciosa e nele se reflete a produção posterior de Quijano.

O autor inicia seu diagnóstico com a seguinte ironia: a produção de Mariátegui em seus últimos anos tem volume menor do que a de pouco mais de meio século de estudos mariateguianos. As motivações para esse balanço quantitativo não são apenas negativas. Seja pela complexidade e qualidade dos estudos

nascentes, seja pela “enorme aptidão” dos estudos mariáteguianos para “admitir leituras novas, o tempo todo, sempre que existe uma ‘*curva importante na história da América Latina*’”, essa vocação para a novidade parece fazer com que a obra do Amauta seja, atualmente, “um território cada vez mais concorrido” (Quijano, 2014a, p.697, grifo nosso).

Em seguida, Quijano retorna ao velho debate sobre a tensão entre pensamento marxista e não marxista na trajetória intelectual de Mariátegui. Sua impressão é a de que o imbróglgio acerca do ponto de vista mariáteguiano do conhecimento seja, na realidade, expressão de um problema crônico na história do pensamento latino-americano.

Na minha opinião, com Mariátegui estava constituindo-se pela primeira vez, de maneira explícita, um campo original que não se esgota no modo eurocentrista de admissão e produção do movimento marxista de conhecimento, nem, do outro lado, o movimento de reflexão chamado de conhecimento idealista. Esse campo cultural original implica que o logos e o mito não sejam, não podem ser externos entre si, senão contraditórios em um mesmo movimento intelectual, no qual a imaginação atua com e através da análise lógica para constituir o conhecimento como representação global ou globalizante e no movimento, que é indispensável para outorgar status suprahistórico, mítico. (ibidem, p.700)

Esse campo cultural inaugurado por Mariátegui exporia a originalidade de seus descobrimentos. A tensão entre marxismo e filosofia da história, o primeiro como aposta no conhecimento da realidade nacional e a segunda baseada na religiosidade e metafísica, não estaria assentada em uma dualidade intransponível, mas, sim, em uma superação não isenta de tensões. Os embriões de uma nova história estariam no cruzamento entre um tempo profano e um tempo mítico. Especialmente este último é ressaltado por Quijano nos seguintes termos:

Porque é real, ainda que inefável, tal como a história pode ser captada na realidade como tempo mítico para mostrar todo seu sentido. E onde, portanto, a história é uma aposta, no mais pascaliano dos sentidos, não há como conhecer e penetrar a realidade, não há como representá-la em sua totalidade, em seu movimento, em sua transfiguração incessante. Não há como transformá-la e transfigurá-la colocando tudo isso somente no tubo europeu, eurocentrista, no qual tanto o marxismo como o que não é marxista têm de mover-se até hoje na América Latina. (ibidem)

Esses excertos são expressão de um momento importante na trajetória intelectual de Quijano. A partir de meados da década de 1980, o autor aprofunda seu acerto de contas definitivo com as tradições teóricas “eurocêtricas” (marxistas e não marxistas), que jamais admitiriam uma junção entre essas duas temporalidades. Na acepção eurocêntrica, por um lado, a oposição entre logos e mito exclui ambos os termos; em compensação, na perspectiva não eurocêntrica formulada por Quijano, ela atua como integrante de um mesmo movimento de consciência e de reflexão. Mais do que isso, esse teria sido o “grande dilema”, o

ser ou não ser da história do pensamento latino-americano acossado pelas perspectivas eurocêntricas que influenciam, segundo o autor, as formações históricas de extração colonial.

Literatura e “simultaneidade dos tempos”

Qual será o recurso utilizado por Quijano para explicar os significados do “tempo mítico”? Ele recupera um capital cultural adquirido em sua formação desde a juventude, mas que poucas vezes utilizou explicitamente em seus estudos sociológicos e políticos posteriores: a literatura latino-americana. Refere-se particularmente àquela vertente que combina o fantástico e o real, refletindo a vida social e os conflitos do continente. Desse modo, essa combinação transcenderia as delimitações do sistema literário: “Não é verdade que o real maravilhoso, ou o realismo mágico, somente tenha implicações estritamente literárias, mas também tem algo a dizer sobre o conhecimento e a compreensão da realidade histórica da América Latina” (Quijano, 2014a, p.700-1).

Não custa recordar que na época de Mariátegui, apesar do mundo indígena, dos espaços rurais e do “analfabetismo”, a literatura era porta de entrada para se discutir o país como nação. Não por acaso, “Processo de literatura” é o mais extenso dentre todos os *Siete ensayos*. Flores Galindo recorda-se de uma conversa no Simpósio “Literatura y Identidad Nacional en el Perú”, em agosto de 1988, na cidade de Jauja, em que Quijano e Antonio Cornejo (um dos críticos literários mais afamados do Peru) justificavam o protagonismo da literatura não apenas em Mariátegui, mas para sua própria geração – isso sem mencionar que Mariátegui planejou escrever um romance sobre o Peru em sua fase “madura”. Aos olhos dos três intelectuais, o uso de instrumentos racionais enquadrados por conceitos rígidos parecia limitado em um país cujas tradições culturais e tempos históricos são distintos dos da tradição do Ocidente (Flores Galindo, [1988] 2007, p.283-4).

A admiração do sociólogo peruano pelos contemporâneos latino-americanos, como o mexicano Juan Rulfo, o argentino Jorge Luis Borges e o colombiano Gabriel García Márquez (que havia recém-ganhado o Prêmio Nobel de Literatura de 1982) consistia em enxergá-los como desbravadores do enigma dos “tempos simultâneos” da América Latina, sob a mediação do “estético-mítico”, cujo resultado seria mais satisfatório do que aquele alcançado pelos trabalhos sociológicos. Aos olhos de Quijano, trata-se de uma linhagem de autores que procuram desvendar o conflito de identidade do continente latino-americano. Especialmente, o andino José María Arguedas (1911-1969) parece fasciná-lo, não apenas por ser seu conterrâneo e por terem estabelecido laços de amizade (Forgues, 1993, p.297-8), mas pela intensidade das narrativas de Arguedas, construídas com “linguagem transgressora”, situadas no universo periférico andino e em meio às suas mitologias.

Escritor, folclorista, tradutor, poeta, etnógrafo e docente universitário, Arguedas foi provavelmente o intelectual de maior prestígio do Peru na década

de 1960. Ao longo de sua trajetória, o autor de *Os rios profundos* laborou pelo resgate e inserção da cultura regional andina quéchua – sua língua, arte e cultura – no mapa da nacionalidade peruana, o que resultou num especial cruzamento entre literatura e antropologia. Curiosamente, Arguedas (2016, p.294) foi um leitor ávido da revista *Amauta*, e compartilhava das ideias socialistas propagadas por Mariátegui. Assim, Quijano reconhece uma dupla articulação na obra arguediana: a subversão da estrutura narrativa, ao incorporar a oralidade andina (a quéchua, em particular) à língua espanhola dominante, e um projeto cultural de longo prazo, como aposta sobre o sentido da história, que ao mesmo tempo o transcende e transfigura. A utopia arguediana como programa de “subversão linguística” tinha como meta expressar as necessidades de transmissão dos dominados e o projeto global de reconstituição do sentido histórico da sociedade peruana (Quijano, 2014b, p.693).

Esse exercício de “transculturação narrativa” na obra de Arguedas, segundo a expressão de Ángel Rama, consiste na tradução da cultura local no sistema global. Em última análise, trata-se de junções (e subversões) dos elementos que o eurocentrismo formalizou e categorizou como necessariamente opostos (lògos *versus* mito; ciência *versus* fé; razão *versus* emoção). Para Quijano (2014a, p.701), trata-se de “admitir a cultura ocidental como dominante sob condição de que nela possam caber todas as possibilidades de expressão e criatividade do que não era ocidental. Na realidade, é comer as entranhas do dominante para incorporá-lo àquele que é, até aquele momento, dominado. E convertê-lo em alternativa não excludente, pelo contrário, envolve o conjunto da história desse movimento”.

Ao adotar essa perspectiva antropofágica – que não reconhece a literatura brasileira em seu repertório –, essa vertente da literatura latino-americana descobre, segundo Quijano, um espaço cultural *sui generis* na América Latina, “e creio que para a possibilidade de reconhecimento da realidade histórica latino-americana, de sua historicidade especial” (ibidem). Ou seja, uma colocação no terreno da epistemologia e metodologia que leva em conta não apenas diferentes conhecimentos sobre a sociedade, como também *modos* diferentes de conhecê-la.

Assim, aos olhos de Quijano, Mariátegui seria o arquiteto da América Latina, que reúne temporalidades distintas daquelas da cultura europeia-ocidental.

Eu creio que isso seja possível a partir de Mariátegui. Não que Mariátegui estivesse tentando formalmente isso. Não estou seguro de que ele fora consciente de que estava implicando um movimento de reflexão. Quando ele estava tratando de sustentar que o processo de classes na América Latina poderia conduzir a uma revolução, não porque a ciência propunha assim, mas porque o mito da revolução socialista era capaz de mover a fé das multidões nessa direção, na minha opinião, ele não estava somente apelando formalmente a Marx e Sorel. Isto é, ao que estava no primeiro plano em sua consciência. (Quijano, 2014a, p.702)

Se outrora a crítica da herança eurocêntrica existia de maneira mais ou menos subterrânea no itinerário de Quijano, há, a partir do texto “La tensión del pensamiento latinoamericano”, uma indiscutível atenção ao problema do eurocentrismo. Com efeito, trata-se do *ponto de partida* de indagações persistentes que sustentam a perspectiva epistemológico-metodológica adotada pelo pensador latino-americano na fase de sua mais reconhecida produção intelectual.

A “agonia” pela descolonização epistemológica

Nessas “circunstâncias históricas muito especiais” de desmanche de sociedades burocráticas, ascensão do capitalismo neoliberal e crise categorial do conhecimento, Quijano persegue uma forma de conhecimento dotada de uma tarefa central: a “descolonização epistemológica” como crítica explícita do evolucionismo unilinear e unidimensional do eurocentrismo.

O eurocentrismo não consiste, pois, na localização geográfica do observador. Se fosse assim, deveríamos ter um latinoamericentrismo, um africanocentrismo, etc. etc., e o eurocentrismo não seria realmente um problema. Tampouco se coloca como uma questão de autonomia intelectual diante da imposição europeia, que algum nacionalismo intelectual ou cultural pudesse resolver. A descolonização da epistemologia não implica sua nacionalização. E embora geralmente se manifeste como etnocentrismo e, sem dúvida, o implique, também não seria pertinente admitir que esse traço seja a marca básica de identificação do eurocentrismo. (Quijano, 1994, p.XII)

Em 1991, Quijano publica um trabalho inteiramente dedicado a José Carlos Mariátegui: textos básicos. Trata-se de uma seleção de quarenta e cinco textos separados por notas introdutórias para cada seção. Como uma grande e difundida contribuição sobre Mariátegui já havia sido realizada com a introdução de 1979, o prólogo redigido no verão de 1991 podia ter outras ambições. Por um lado, seria vão sugerir que o conjunto dos textos escolhidos tivesse a pretensão de responder às preferências ideológicas do organizador. Por outro, seria demasiado ingênuo supor que um cientista social do perfil de Quijano não estabelecesse critérios que colocassem a antologia em sintonia com a perspectiva de “descolonização epistemológica”, que se tornava cada vez mais clara. Tanto é que não apenas o prólogo em questão, mas também o restante dos textos produzidos sobre Mariátegui são acompanhados por linhas argumentativas, hipóteses e problemas que se complementam. À medida que Quijano explora diferentes dimensões da obra mariateguiana, é possível, portanto, entrever a unidade de um interesse coerente e unificado.

Para Quijano, não há dúvida de que o autor de *La escena contemporánea* elaborara questões novas e modos diferentes de indagar a especificidade histórica da América Latina. Mariátegui elabora uma *perspectiva cognitiva* capaz de produzir conhecimento diverso daquele que resulta da racionalidade instrumental ocidental. Com efeito, encontrar-se-ia em sua obra e trajetória a possibilidade de repensar o dispositivo do conhecimento que tem permitido a dominação europeia, bem como o esforço de liberar a teoria social da dominação de categorias

produzidas pela colonialidade do poder. Ou seja, Mariátegui criaria uma relação epistemológica original com o mundo. Resistente à racionalidade reducionista e tecnocrática eurocêntrica, principalmente às versões associadas às burocracias socialistas, o arsenal mariateguiano, chamado de “crítica revolucionária peruana”, também abriria um flanco analítico para uma *nova concepção da história latino-americana*. Desse modo, ao atribuir à obra de Mariátegui o papel de *invenção* de uma nova maneira de conhecer, Quijano promove o autor à condição de filósofo que traz proveito para seu novo empreendimento teórico. Não por coincidência, “racionalidade alternativa” é o termo amiúde utilizado por Quijano não só para caracterizar o pensamento de Mariátegui, como também para nomear seu próprio projeto da “colonialidade/des-colonialidade de poder”.¹⁰

Evidentemente, a proposta de uma “racionalidade alternativa” mariateguiana seria *implícita* e, muitas vezes, *intuitiva*, já que não teria sido desenvolvida de maneira consciente e sistemática. Não há, em Mariátegui, um sistema filosófico coerente e imutável – ou uma “teoria integral”. Na realidade, toda sua reflexão tomou forma de ensaio no campo da produção jornalística. Portanto, qualquer tentativa de sistematização de seu pensamento é sempre incerta e controversa.

Quijano tinha ciência desse componente *sui generis* da produção de Mariátegui. Isso posto, é possível afirmar que sua leitura não cria mais um fetiche em torno de *Mariátegui filósofo*. Por se tratar de um pensamento crítico como o de Quijano, nada impede de antemão que se sustente a existência de uma reflexão filosófica mariateguiana e se afirme a necessidade de resgatá-la. Afinal, não foi apenas como homem de ação, mas fundamentalmente no âmbito intelectual que Mariátegui deixou contribuições decisivas para a cultura política peruana. São bem conhecidos *Defensa del marxismo* e *El alma matinal y otras estaciones del hombre de hoy* (Mariátegui, 1959; 1970b), livros organizados pelo autor mas publicados postumamente, nos quais se verifica a exaltação da ação heroica individual e social na história, bem como o acento sobre a dimensão ética do socialismo em contraposição ao evolucionismo e ao positivismo na história.

Quijano aponta ainda o exercício constante de “autonomia intelectual”, principalmente no debate marxista de seu tempo, dentro e fora da América Latina. Diga-se de passagem, essa característica põe em relevo uma prática de autonomia intelectual mariateguiana que soube articular o problema global do conhecimento com a questão da revolução. Esses dois elementos, inseparáveis de um mesmo movimento, parecem intrigar Quijano:

Na minha opinião, o que segue chamando realmente atenção em JCM e me parece às vezes difícil de ver como foi alcançado é o modo como procura levantar simultaneamente as questões centrais de um exercício político chamado *revolução*; em seus próprios termos, ao mesmo tempo [procura levantar] os problemas do modo de produzir conhecimento, do modo de produzir cultura, isto é, do modo de subverter não somente as relações sociais materiais, como também as relações sociais intersubjetivas no mesmo movimento. (Quijano, Gutiérrez, López, 1994, p.41, grifo do autor)

Tendo em vista essa simultaneidade de projetos, seria complicado classificar Mariátegui dentro de alguma vertente teórica: crítico da sequência histórica europeia como universalidade, adversário marxista da ideologia do “progresso”, religioso partidário do materialismo, nostálgico das formas comunitárias indígenas do passado etc. Não sem razão, a propósito desse pensamento extremamente singular, o único personagem com que Quijano traça comparação é outro *outsider* da história intelectual do século XX: o filósofo alemão Walter Benjamin.

[...] o processo de reflexão mariateguiana pode ser melhor relacionado com Walter Benjamin, não somente por essa peculiar tensão de uma racionalidade que nega o reducionismo, mas também porque em ambos a revolução é pensada como uma questão de redenção, sem que isso desemboque, no entanto, em um território estranho à própria história. Desse modo, em ambos, a materialização da igualdade social, solidariedade, da reciprocidade, do amor ao próximo, na vida cotidiana da sociedade, não se refere a – nem depende de – nenhum poder religioso institucional. Em Benjamin se move uma densa corrente que leva desde as fontes da Cabala até a história filosófica europeia. De que bebia a desafortada sede mariateguiana? Essa é ainda uma interrogação aberta. (Quijano, 1991, p.X)

“A heresia é indispensável para comprovar a saúde do dogma”

Sobretudo, uma questão precípua na interpretação de Quijano sobre Mariátegui é o lugar que ocupa o marxismo. Para ele, a primeira confrontação entre “materialismo histórico” e a teoria marxista da história (Quijano, 1990) na América Latina deu-se por meio das posições mariateguianas na Primeira Conferência Comunista Latino-americana, reunida em Buenos Aires, ocorrida em 1929. Tratava-se da versão eurocentrista hegemônica defendida pelo Secretariado Latino-Americano e a apresentação dos trabalhos de Mariátegui (“Punto de vista Antimperialista” e “El problema de las razas en America Latina”) (Mariátegui, 1969).¹¹ Nem mesmo toda manifestação de apoio político ao bolchevismo e as inúmeras declarações sobre Lenin como o mais importante continuador de Marx esmaeceram os dissensos teóricos e políticos em torno das propostas aventadas por Mariátegui. Mesmo com esse parentesco teórico irreduzível com a teoria materialista da história, a denominação “marxismo de Mariátegui” ocasiona desconforto para Quijano. Ela não seria apenas diferente e distante da produção do “materialismo histórico”, mas, na verdade, a ele dirige-se decididamente em sentido oposto. Por isso, conclui Quijano (1995, p.69), “chamar Mariátegui simplesmente de marxista é recorrer a um nome que se pode aplicar para todos os marxismos e, dessa maneira, a ninguém, sem explicar em que consiste sua especificidade”.

Um trabalho que chamou a atenção do sociólogo peruano foi *Mariátegui o la experiencia del otro*, de Osvaldo Fernández Díaz (1994), publicado dentro do contexto de comemoração do centenário do nascimento de Mariátegui. Um dos pioneiros na divulgação de Gramsci no Chile e professor de Filosofia da Universidade de Valparaíso, o trabalho apresentado por Fernández Díaz consis-

tia em uma hermenêutica de *Defensa del marxismo*, especialmente do capítulo sobre a polêmica com o belga Henri De Man.

Para o intelectual chileno, além das respostas às objeções do belga em *Au-delà du marxisme* [*Para além do marxismo*], o texto de Mariátegui não teria como objetivo expressar meramente uma proclamação da fé revolucionária, tampouco trazer para o debate aportes sobre o método científico, mas sim interrogar o próprio instrumento utilizado: o marxismo. Por meio de uma análise talmúdica, palavra por palavra, Fernández Díaz acompanha o uso dos conceitos, os recursos estilísticos (metafóricos) e o percurso da argumentação do Amauta. Um momento particular dessa minuciosa leitura é a incursão histórica no interior do “revisonismo” mariáteguiano. Embora o termo tenha uma conotação puramente negativa para a ortodoxia marxista da II Internacional, Mariátegui procuraria “transformar a palavra em conceito” para liberá-la da rigidez imposta e pô-la em operação, já que seu significado oficial não o apetecia. O “revisonismo” estaria assentado em “uma história adjunta, lateral, conflitiva, mas que não tem existência independente, e cuja explicação definitiva somente pode ser lida na mesma história da qual se separa” (Fernández Díaz, 1994, p.123). De acordo com o autor, o exemplo mais interessante e enigmático da revisão do “revisonismo” é a oposição entre heresia e dogma centrada em uma colocação *sui generis* de Mariátegui: “a heresia é indispensável para comprovar a saúde do dogma”.

Na leitura do filósofo chileno, quando postula uma relação de necessidade entre heresia e dogma, Mariátegui “produz um choque, um contraste semântico, que ilumina de maneira diferente o problema do revisionismo, criando um ponto de vista alternativo” (Fernández Díaz, 1994, p.125). O nexos entre heresia e dogma é mediado pela noção de “saúde”; a heresia é momento necessário do dogma, um vigilante que cumpre o papel de comprovação. “Se passarmos a ler o que está sendo aludido, poderemos concluir que a afirmação representa a consagração do revisionismo como momento necessário do marxismo” (*ibidem*). A presença do fator herético cumpre uma função “reativa”, interna e necessária, “estimula a atividade intelectual” e “provoca uma reação” no corpo central do dogma. Dessa forma, por meio da *experiência do outro*, Mariátegui transformaria a heterodoxia (fala-se também em “militantes heterodoxos”) em um momento necessário e interno à ortodoxia, esta mantenedora dos conceitos puros e das antinomias da Razão.

Essa criativa interpretação do filósofo chileno teve efeito positivo nas lentes de Quijano. Não por coincidência, ele redigirá o prólogo do livro de Fernández Díaz declarando seu entusiasmo com a exegese de *Defensa del marxismo*. Nas palavras do sociólogo peruano: “Não conheço outro trabalho que tenha se destacado com tanta perspicácia para descobrir e mostrar a delicada associação entre ética e epistemologia que Mariátegui tinha logrado revelar” (Quijano, 1994, p.XV). Amauta vigilante solitário das ortodoxias constituídas, questiona-

dor dos preceitos oficiais: essa parece, portanto, a imagem apropriada aos olhos de Quijano. Por conseguinte, no pensamento de Mariátegui, não se trata apenas de uma filiação e de uma fé, mas de uma “racionalidade integradora”.

Na confluência entre o marxismo crítico latino-americano e a perspectiva da descolonização epistemológica, a contribuição mais original de Mariátegui, segundo Quijano, é sua proposta formulada no primeiro capítulo do *Siete ensayos* (“Esquema de la evolución económica”). Mariátegui entende que a formação histórico-social peruana ancora-se em uma estrutura global de elementos desiguais, contraditórios e combinados. Eis a originalidade histórica e teórica da experiência latino-americana: “feudalismo” (ou “semifeudalidade”), “servidão” e “capitalismo” não constituem modos de produção separados atuando em um mesmo território. Na realidade, se articulam em uma mesma estrutura de poder (ou numa “totalidade heterogênea”) sob o domínio do capitalismo, embora o capitalismo não seja o único padrão estrutural da totalidade social da América Latina. Portanto, distintos modos de produção articulam-se entre si de maneira coetânea, complementar e contraditória. Quijano designa essa análise como “heterogeneidade histórico-estrutural”. Originalmente, o termo foi elaborado como alternativa ao “dualismo”, que era a pedra angular da teoria da “modernização”. Desse modo, nessa formulação mariáteguiana encontra-se uma afinidade eletiva entre a vertente da teoria marxista da dependência e a proposta da “colonialidade do poder”:

A ideia de semifeudalidade é uma afirmação de JCM, mas é tirada de uma proposta de conhecer uma totalidade que não é nem sistemática nem orgânica. São dois modos dominantes de constituir a ideia de totalidade no Ocidente. Em JCM, trata-se de uma totalidade que se constitui com a heterogeneidade histórico-estrutural. Esta é uma fórmula latino-americana dos anos 1960, mas é exatamente o que está se elaborando implicitamente em JCM nos anos 1920. Demoramos quarenta anos para reencontrá-la na América Latina, de um lado na luta contra o positivismo, o evolucionismo, a teoria da modernização e, de outro lado, contra o modo de produção. (Quijano; Gutiérrez; López, 1994, p.44)

De qualquer forma, Quijano reconhece que os aportes mariáteguianos sejam, em essência, antieurocêtricos. Contudo, justamente por não concluir o empreendimento de uma racionalidade alternativa, Mariátegui teria limites impostos pelas condições históricas e específicas da experiência latino-americana da década de 1920. Na concepção de Quijano, ele não estaria livre das influências europeias do debate do “materialismo histórico” centro-europeu durante o manejo de conceitos como “feudalismo”, “capitalismo” e “comunismo”, ainda que fizesse uso radicalmente diferente do predominante. Há também a proposta mariáteguiana de “socialismo indoamericano” (terminologia que já havia sido estabelecida por Haya de la Torre sobre o indoamericanismo) apresentada no famoso editorial da revista *Amauta* “Aniversarie y balanço” de 1928. Aos olhos de Quijano, a ideia deveria ser plenamente reformulada, pois a opção pelo índio

da América Latina não integrava outros setores sociais explorados e oprimidos nesse projeto emancipador, como o negro, muito por conta de explícitos preconceitos de Mariátegui.¹²

Ademais, “uma das intrigas não resolvidas no debate mariateguiano é seu peculiar emprego das categorias ‘raça’ e ‘etnia’, de um lado; e, de outro, o cordão umbilical que liga sua noção de ‘raça’ com suas ideias sobre a ‘questão nacional’” (Quijano, 1993, p.181). Essa não é uma questão trivial nas preocupações de Quijano, pois este estabelece a classificação da população mundial mediante novas identidades, em particular a noção de raça (“índio”, “branco”, “negro” e “mestiço”), conceito resultante do processo de legitimação e naturalização das relações de dominação iniciado com a colonização da América Latina.

Mariátegui recusou a categoria “etnia” para debater a problemática dos “índios” na América Latina. Em contrapartida, para Quijano, o termo “raça” seria uma categoria fundamentalmente bidimensional no horizonte mariateguiano: uma noção de civilização e uma noção intimamente ligada ao fenótipo. Muitas vezes, Mariátegui é contrário à ideia de “inferioridade racial” biológica, mas, em certas passagens, admite uma possível inferioridade histórica das “raças” indígenas.

Mariátegui foi capaz de observar que o “problema indígena” não podia ser solucionado sem a liquidação do gamonalismo e da servidão. Ao mesmo tempo, também explicitou que as relações de poder entre “brancos”, “índios”, “negros” e “mestiços” não consistiam somente nas relações de exploração, nem se originavam nela, mas implicavam também fenômenos de outro caráter e de outra origem, como a ideia de “raça”. Esse era o sentido necessário de sua comparação das relações entre dominantes e dominados na China ou no Peru, com relação à questão nacional. (Quijano, 1993, p.185)

Sem dúvida, na visão de Quijano, por mais inventivo que Mariátegui fosse na apropriação dessas categorias, os pontos negativos seriam mais importantes de ser ressaltados, tanto a respeito “de uma realidade heterogênea e diversa em um discurso homogeneizador” quanto por não desenvolver a questão racial nas relações de poder e classificação na história da América Latina.

De qualquer forma, a heterogeneidade do lugar e da trajetória da escritura mariateguiana no debate marxista ganharia um surpreendente relevo aos olhos de Quijano, principalmente nas relações entre a materialidade e a intersubjetividade das relações sociais e históricas na realidade latino-americana: o socialismo libertário. Em Quijano, a associação à tradição libertária deve-se sobretudo à insistência mariateguiana sobre o papel da comunidade indígena no processo de uma revolução socialista no Peru e na América Latina, algo semelhante ao processo dos trabalhadores russos que procuraram realizar a revolução contra o czarismo. Por outro lado, a questão da democracia direta em Mariátegui não poderia ser debatida separadamente da denominação “indoamericano”. Pilar na história-cultural andina, o comunitarismo-agrário, completamente oposto ao

império da “razão instrumental”, desponta como organização solidária e coletiva, na reciprocidade, como fundamento da solidariedade social e da democracia, e no trabalho coletivo alegre. É explícita a simpatia de Quijano pelas “formidáveis utopias do movimento anarquista” na América Latina.

Aventuras periféricas: crítica do eurocentrismo na América Latina

A interpretação da fórmula “racionalidade alternativa” não passou isenta de críticas entre os estudiosos da obra de Mariátegui. Em *El marxismo de Mariátegui y su aplicación a los 7 ensayos*, o filósofo peruano David Sobrevilla (2012) diverge destacando três pontos: a) a expressão “racionalidade alternativa” não estaria exposta em nenhum dos textos de Mariátegui, além do que o próprio Amauta teria elaborado críticas da “razão”; b) preocupação ausente em demonstrar os traços dessa nova racionalidade que Mariátegui supostamente buscara; e c) uma abordagem excessivamente teórica “para caracterizar o marxismo do revolucionário peruano” (Sobrevilla, 2012, p.82). No entanto, no prólogo do livro, o italiano Antonio Melis (2012), um dos estudiosos mais qualificados sobre Mariátegui, assevera que a hipótese formulada por Quijano é “fécunda e não arbitrária”. Ainda segundo o crítico italiano, talvez o “excesso de filologismo” de Sobrevilla ocultaria a percepção da noção de “racionalidade alternativa”. Afinal, “embora seja verdade que Mariátegui não emprega a fórmula ‘racionalidade alternativa’, pode-se deduzir legitimamente esse conceito de sua obra” (Melis, 2012, p.19).

Ao adicionar um novo texto à terceira edição venezuelana dos *Sete ensaios*, Quijano responde à crítica de Sobrevilla reconhecendo os limites de sua interpretação:

Tem razão Sobrevilla se afirma que em Mariátegui não se encontram esses termos, nem sinais explícitos de que se propõe a encontrar ou produzir qualquer racionalidade alternativa. E talvez também seja certo que esses não são os termos mais eficazes para dar conta dos momentos e zonas de rupturas da reflexão mariáteguiana com o eurocentrismo dominante no “materialismo histórico”, nem do ativo debate atual contra o eurocentrismo e pela reconstituição de modos diferentes de produção de subjetividade ou, mais geralmente, de um novo universo de subjetividades, de imaginário, de memória histórica, de conhecimento. Pois não se trata de encontrar uma racionalidade alternativa universal que substitua o eurocentrismo. (Quijano, 2007, p.CXXV)

Aos nossos olhos, o terceiro ponto levantado por Sobrevilla é legítimo, pois a leitura exclusivamente teórica sobre Mariátegui, de certo modo, suaviza aspectos de sua trajetória, especialmente as atividades políticas que o levaram a travar contato com as classes populares (líderes indígenas, estudantes e operários). Como exemplos disso, podemos sublinhar sua participação em congressos (o Terceiro Congresso Indígena), atividade docente (nas Universidades Populares González Prada), fundação e direção de revistas (*Claridad*, *Labor* e *Amau-*

ta) e de organizações políticas e sindicais (Partido Socialista Peruano e Confederação Geral do Trabalho). Seriam essas atividades práticas “eurocênicas”?

Fato é que o legado mariateguiano acompanhou Quijano ao longo de toda a sua trajetória, por meio de diversas atividades políticas, acadêmicas e editoriais, seja em sua fase marxista em diálogo com a teoria da dependência, seja na crítica radical ao eurocentrismo conhecida como “colonialidade do poder”. Independentemente da postura teórica e das ênfases distintas que adotou em seu itinerário, preocupou-se efetivamente com a divulgação da obra mariateguiana, e permaneceu fiel à premissa de seu autor predileto: decifrar a especificidade histórica da América Latina utilizando-se de um arsenal rico, heterogêneo e crítico da modernidade capitalista.

Ainda existe, evidentemente, uma diferença significativa entre as épocas de ambos os autores: no intervalo de tempo entre a morte de Mariátegui em 1930 e a época vivida por Quijano – curiosamente, nascido no ano da morte de Mariátegui – houve transformações profundas na realidade andina e latino-americana. Mariátegui abordou a questão indígena como problema nacional, a partir da tradição cultural e social peruana. Quijano, por seu turno, se interessou em um primeiro momento pelas novas dinâmicas que estavam em marcha no desenvolvimento desigual e combinado de seu país. Ele pertence a uma geração política e intelectual marcada pela emergência e consolidação das ciências sociais e das lutas sociais e políticas na América Latina. Ainda no Peru, ele vivencia a ascensão da esquerda revolucionária peruana, influenciada pela Revolução Cubana e pela ocupação de terras de Hugo Blanco, e, já no exílio no Chile, pelo ciclo político aberto em 1968, marcado pela ditadura militar de Juan Velasco Alvarado e as revoluções e contra-revoluções na América Latina. Ademais, Quijano testemunhou a inflexão histórica pela qual passou o mundo entre o final dos anos 1970 e os acontecimentos de 1989-1991, com o declínio da esquerda política, do marxismo intelectual, da crise de paradigmas das ciências sociais e das análises globalizantes.

Na contramão das separações binárias eurocênicas, os aportes mariateguianos foram fundamentais para a construção da sociologia quijaneana, restituindo, assim, a unidade indissociável entre logos e mito como integrantes de um mesmo movimento de consciência e de reflexão. A utopia latino-americana como proposta de racionalidade alternativa assenta-se na rearticulação entre duas heranças histórico-culturais, a de origem andina e a da razão histórica. Dessa forma, a imaginação sociológica de Aníbal Quijano tem contribuído na produção de conhecimento criativo e transformador para a teoria social do século XXI.

Notas

- 1 Embora Quijano seja formado em História, seu campo de atuação e influência teórica concentrou-se nitidamente na Sociologia, uma das razões pelas quais se tornou professor na Faculdade de Ciências Sociais. A partir disso, chamamos a atenção para o fato de que os termos “cientista social” ou “ciências sociais” têm sentido amplo neste artigo.

- 2 Quijano renunciará ao cargo de professor de Sociologia na UNMSM em 1995, após a intervenção militar do ditador Fujimori. Ele retornará à UNMSM em novembro de 2006, já como professor emérito.
- 3 Por meio de um convênio entre a USP e o Memorial da América Latina, Quijano tornou-se o primeiro titular da cátedra Simón Bolívar.
- 4 Para uma introdução das ideias de Quijano com informações biográficas relevantes, ver Clímaco (2014).
- 5 Todas as citações de excertos em língua estrangeira foram traduzidas por mim, a quem cabe todas as eventuais inconsistências.
- 6 Utilizado amplamente pelo grupo, o termo colonialidade foi estendido a outros âmbitos, além do conceito de poder (do saber, do ser). O grupo identifica-se também como projeto de “decolonização”. Para uma análise sobre a trajetória intelectual do Grupo Modernidade/Colonialidade ou “programa de investigação de modernidade/colonialidade”, ver Ballestrin (2013) e Escobar (2003).
- 7 No Brasil, houve pouca ressonância de Mariátegui, como podemos constatar em Pericás (2010). As exceções foram Florestan Fernandes e Michael Löwy. Para maiores informações, ver Rubbo (2016) e Braga e Rubbo (2018).
- 8 Para uma síntese de sua produção sobre dependência, marginalidade e urbanização durante seu exílio no Chile (1966-1971), ver Cortéz (2017).
- 9 Para maiores detalhes acerca das apropriações de Quijano sobre Mariátegui nas décadas anteriores à de 1980, ver Rubbo (2018, p.148-63).
- 10 A expressão “racionalidade alternativa” surge, pela primeira vez, no livro *Modernidad, identidad y utopia en America Latina*. Ver Quijano (1988).
- 11 Para maiores informações dos atritos entre a Internacional Comunista e a delegação peruana, ver Flores Galindo (1994), que permanece o melhor trabalho sobre o tema, baseado em documentos e entrevistas.
- 12 Para uma análise sobre a relação entre Mariátegui e a questão negra, ver Forgues (1995, p.77-100).

Referências

- ARGUEDAS, J. M. *A raposa de cima e a raposa de baixo*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.
- BALLESTRIN, L. América Latina e o giro decolonial. *Revista Brasileira de Ciência Política*, Brasília, n.11, p.89-117, 2013.
- BEIGEL, F. Vida, muerte y resurrección de las “teorías de la dependencia”. In: VV.AA. *Crítica y teoría en el pensamiento social latino-americano*. Buenos Aires: Clacso, 2006.
- BRAGA, R.; RUBBO, D. A. Dois mestres na periferia do capitalismo: Michael Löwy e Mariátegui. *Cadernos CRH*, Salvador, v.31, n.83, p.321-34, 2018.
- CLÍMACO, D. A. Prólogo. In: QUIJANO, A. *Cuestiones y horizontes: de la dependencia histórico-estructural a la colonialidad/descolonialidad del poder*. Buenos Aires: Clacso, 2014. p.13-53.

CORTÉZ, A. Aníbal Quijano: marginalidad y urbanización dependiente en América Latina. *Polis, Revista Latinoamericana*, Santiago, CEDER, n.46, 2017. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/polis/12348>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

ESCOBAR, A. Mundos y conocimiento de otro modo: el programa de investigación modernidad/colonialidad. *Tabula Rasa*, Bogota, n.1, p.58-86, 2003.

FERNÁNDEZ DÍAZ, O. *Mariátegui o la experiencia del otro*. Lima: Amauta, 1994.

FLORES GALINDO, A. La agonía de Mariátegui. La polémica con la Komintern. In: _____. *Obras completas*. Lima: Fundación Andina-SUR/ Casa de Estudios del Socialismo, 1994. t.II.

_____. José Carlos Mariátegui: marxista convicto y confeso [1988]. In: _____. *Obras completas*. Lima: Fundación Andina-SUR/ Casa de Estudios del Socialismo, 2007. t.VI.

FORGUES, R. El tiempo de la agonía (Entrevista com Aníbal Quijano). In: FORGUES, R. (Org.) *Perú entre el desafío de la violencia y el sueño de lo posible*. Lima: Minerva, 1993.

_____. “La cuestión negra”. In: _____. *La utopia realizable*. Lima: Amauta, 1995.

GARCÍA MÁRQUEZ, G. A solidão da América Latina [1982]. In: _____. *Eu não vim fazer um discurso*. Rio de Janeiro: Record, 2011.

MARIÁTEGUI, J. C. *Defensa del marxismo, polemica revolucionaria*. Lima: Amauta, 1959.

_____. *Ideología y política*. Lima: Amauta, 1969.

_____. *Peruanicemos al Perú*. Lima: Amauta, 1970a.

_____. *El alma matinal y otras estaciones de hombre hoy*. Lima: Amauta, 1970b.

MELIS, A. Prologo: en busca del marxismo de Mariátegui. In: SOBREVILLA, D. *El marxismo de Mariátegui y su aplicación a los 7 ensayos*. Lima: Universidad de Lima/ Fondo Editorial, 2012. p.17-20.

MIGNOLO, W. Prefacio. In: PALERMO, Z.; QUINTERO, P. (Org.) *Aníbal Quijano: textos de fundación*. Buenos Aires: Del Signo, 2014. p.5-7.

_____. Colonialidade: o lado mais escuro da modernidade. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v.21, n.94, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcsoc/v32n94/0102-6909-rbcsoc-3294022017.pdf>>. Acesso em: 1º jul. 2017.

PERICÁS, L. B. José Carlos Mariátegui e o Brasil. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.68, n.24, p.335-61, 2010.

QUIJANO, A. *Reencuentro y debate: una introducción a Mariátegui* [1979]. Lima: Mosca Azul/CEIS, 1981.

_____. *Modernidad, identidad y utopía en América Latina*. Lima: Ediciones Sociedad y Política, 1988.

_____. La nuova heterogeneidad estructural de America Latina. *Hueso Humero*, Lima, n.26, 1990, p.8-23.

_____. Prólogo. In: MARIÁTEGUI, J. C. *Textos basicos de José Carlos Mariátegui* (Seleção, prólogo e notas introdutórias de Aníbal Quijano). Lima-México: Fondo de Cultura Económica, 1991. p.VII-XVI.

- QUIJANO, A. Colonialidad y modernidad/racionalidade. *Perú Indígena*, Lima, v.12, n.29, p.11-20, 1992.
- _____. Raza, etnia y nación: cuestiones abiertas. In: VV.AA. *Jose Carlos Mariátegui y Europa: el otro descubrimiento*. Lima: Amauta, 1993. p.167-89.
- _____. El sueño dogmático. In: FERNÁNDEZ DÍAZ, O. *Mariátegui o la experiencia del otro*. Lima: Amauta, 1994. p.XI-XV.
- _____. El marxismo en Mariátegui: una propuesta de racionalidade alternativa. In: VV.AA. *El marxismo de Mariátegui*. Seminário do V Congreso Nacional de Filosofia. Lima: Amauta, 1995. p.39-47.
- _____. Colonialidad del poder y clasificación social. *Journal of World-Systems*, v.11, n.2, 2000, p.342-86.
- _____. Treinta años después: otro reencuentro. Notas para otro debate. In: MARIÁTEGUI, J. C. *Siete ensayos de interpretación de la realidad peruana*. (Notas, cronología e bibliografía de Elizabeth Garrels). Caracas: Biblioteca Ayacucho, 2007. p.CXIII-CXXIX.
- _____. La tensión del pensamiento latino americano [1986]. In: _____. *Cuestiones y horizontes: de la dependencia histórico-estructural a la colonialidad/descolonialidad del poder*. Buenos Aires: Clacso, 2014a. p.697-704.
- _____. Arguedas: la sonora banda de la sociedad [1984]. In: _____. *Cuestiones y horizontes: de la dependencia histórico-estructural a la colonialidad/descolonialidad del poder*. Buenos Aires: Clacso, 2014b. p.691-6.
- QUIJANO, A.; GUTIÉRREZ, G.; LÓPEZ, S. Mariátegui contra la expropiación de la utopia. *Cuestion De Estado*, Lima, ano 2, n.8-9, p.37-51, 1994.
- RUBBO, D. A. “Nosso irmão mais velho”: Florestan Fernandes leitor de Mariátegui. *Lua Nova*, São Paulo, n.99, 2016, p.70-105.
- _____. *O labirinto periférico: José Carlos Mariátegui e a sociologia crítica latino-americana*. São Paulo, 2018. Tese (Doutorado em Sociologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018.
- SCORZA, M. Prólogo. MARIÁTEGUI, J. C. *Ensayos escogidos de José Carlos Mariátegui*. Lima: Primer Festival del Libro Peruano, 1956. (Seleção de Aníbal Quijano).
- SEGATO, R. L. La perspectiva de colonialidad del poder. In: PALERMO, Z.; QUINTERO, P. (Org.) *Aníbal Quijano: textos de fundación*. Buenos Aires: Del Signo, 2014. p.9-39.
- SOBREVILLA, D. *El marxismo de Mariátegui y su aplicación a los 7 ensayos*. Lima: Universidad de Lima/Fondo Editorial, 2012.
- VILLENA FIENGO, S. Palabras en ocasión de la entrega del doctorado *Honoris Causa* a Aníbal Quijano Obregón. In: *Anuario de Estudios Centroamericanos*, Universidad de Costa Rica, n.42, p.465-481, 2016.

RESUMO – Este artigo tem como objetivo discutir a perspectiva “decolonial” de Aníbal Quijano (1930-2018) e seus usos a partir de José Carlos Mariátegui. Em primeiro lugar, relacionamos o contexto histórico latino-americano desde a década de 1980 ao

esforço de interpretação de Mariátegui por Aníbal Quijano, balizado, sobretudo, pela formulação de uma teoria fundacional (filosófica, epistemológica, ética e política) sobre a *especificidade* da América Latina. Na sequência, Quijano redescobre, assim, certo Mariátegui associado à renovação crítica da teoria social latino-americana. Através de múltiplos mecanismos de difusão, ele estabelece uma reconhecida caracterização filosófica e epistemológica do arsenal mariateguiano, visto como bastião da crítica eurocêntrica (“racionalidade alternativa”), para legitimá-lo como referência fundamental da teoria da “colonialidade do poder”.

PALAVRAS-CHAVE: Aníbal Quijano, José Carlos Mariátegui, Colonialidade do poder, Marxismo na América Latina, Racionalidade alternativa, Crítica do eurocentrismo.

ABSTRACT – This article aims to discuss the “decolonial” perspective of Aníbal Quijano (1930-2018) and its uses after José Carlos Mariátegui. Firstly, we relate the Latin American historical context since the 1980s to Mariátegui’s interpretation of Aníbal Quijano’s work, based mainly on the formulation of a foundational theory (philosophical, epistemological, ethical and political) on the specificity of Latin America. Quijano then rediscovers a certain Mariátegui associated with the critical renovation of Latin American social theory. Through multiple mechanisms of dissemination, he establishes an well-acknowledged philosophical and epistemological characterization of Mariátegui’s arsenal, seen as the bastion of Eurocentric criticism (“alternative rationality”), in order to legitimize it as a fundamental reference of the “coloniality of power” theory.

KEYWORDS: Aníbal Quijano, José Carlos Mariátegui, Coloniality of power, Marxism in Latin America, Alternative rationality, Critique of eurocentrism.

Deni Alfaro Rubbo é doutor em Sociologia pela Universidade de São Paulo (USP). É autor de *Párias da terra: o MST e a mundialização da luta camponesa* (Alameda; Fapesp, 2016). @ – deni_out27@uol.com.br

Recebido em 26.7.2018 e aceito em 23.8.2018.

¹Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Anibal Quijano (1930-2018), Instituto de Estudos Avançados e o contexto peruano¹

ENRIQUE AMAYO ZEVALLOS ¹

*Al fin de la batalla,
Y muerto el combatiente, vino hacia él un hombre
Y le dijo ¡No mueras, te amo tanto!
Pero el cadáver ¡ay! siguió muriendo...²*

Introdução

A ORIGEM deste trabalho é um e-mail que encaminhei a Carlos Guilherme Mota, informando com tristeza que o sociólogo peruano Aníbal Quijano³ havia falecido em Lima, no dia 31 de maio de 2018. No e-mail, lembava que, graças a Carlos Guilherme, Aníbal havia passado um período como professor convidado do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA-USP). Carlos Guilherme respondeu-me sugerindo redigir uma nota informativa.

O objetivo deste texto é lembrar como chegou Aníbal ao IEA, fornecer alguma informação sobre o contexto peruano de sua formação, bem como assinalar alguns dos vínculos que ele estabeleceu em São Paulo.

Como professor aposentado da Unesp (onde continuo como professor voluntário), estou presentemente em San Diego, Califórnia. Este trabalho escora-se principalmente em minha memória, sujeita a erros involuntários, especialmente em relação às datas.

Contextualizando

Aníbal Quijano nasceu a 17 de novembro de 1930, em Yanama, uma pequena vila dos Andes peruanos, na região (estado) de Ancash. Importa dizer que esse território foi parte da *Civilização Chavin* (uma das mais antigas da América que, como outras, precedeu os incas) construtora de sua cidade capital, *Chavin de Huantar*, aproximadamente no ano 1000 a.C. Importa também dizer que na minha conversa telefônica com Piero, filho de Aníbal, em 17 de julho de 1918, ele chamou minha atenção para o surpreendente fato de que seu pai morreu no mesmo dia e mês em que havia morrido seu avô, o pai de Aníbal, em 1970. Dia trágico não apenas para Aníbal, mas também para o Peru, já que naquele dia morreram, além de seu pai e outros familiares, aproximadamente 70 mil pessoas,

vítimas do terremoto que mais matou, em âmbito mundial, na segunda metade do século XX.⁴

Carlos Guilherme, como diretor e fundador do Instituto de Estudos Avançados da USP, solicitou minha intermediação para convidar Aníbal a passar um período como professor convidado do IEA-USP, o que aconteceu em 1991-1992. Eu estava então, graças a um convite de Carlos Guilherme, no IEA como pesquisador, e seu diretor sabia que, como peruano, eu tinha a sorte de ter conhecido Aníbal e mantinha contatos com ele, desde que foi meu professor em Lima.

Fundador do primeiro Programa de Sociologia do Peru

Conheci Aníbal como seu aluno. Ele foi, em 1962, fundador do Departamento de Sociologia da Faculdade de Economia e Ciências Sociais (FECS), da Universidade Nacional Agrária de La Molina (UNALM). Criada em 1902, como Escola Nacional de Agricultura (ENA), em 1960 transformou-se em universidade, com cinco faculdades; a FECS era uma delas.

Pela sua origem, a ENA era eminentemente técnica e, até se transformar em universidade, seu papel essencial havia sido trabalhar em função dos interesses dos grandes fazendeiros de então. Estava voltada principalmente para os produtores modernos, exportadores de algodão e cana-de-açúcar, em sua maioria localizados na costa e componentes essenciais da então chamada *Oligarquia*, do período conhecido como República *Aristocrática*.

Ao se transformar em universidade, o seu papel mudou. Passou a trabalhar e pesquisar também os produtos vegetais e animais originários dos Andes,⁵ muitos endêmicos, como: batata,⁶ tomate, quinoa, algodões de cores, totora (irmã do junco e fundamental para a navegação pré-colombiana de curta e longa distâncias, até transoceânica), coca (considerada sagrada pelas civilizações pré-colombianas), lhamas, chinchilas etc.

Aqui não é lugar para continuar aprofundando esse tema, mas importa dizer que, transformada em universidade, a UNALM precisava, em consonância com seus princípios orientadores (*Colere Cupio Hominem et Agrum / Quero estudar o homem e o campo*), entrar no território das Ciências Sociais, para estudar e pesquisar também a situação econômica e social do Mundo Andino. Para isso criou-se a FECS e Aníbal foi contratado como professor para fundar, em 1962, o Departamento de Sociologia. Dessa forma, ele tornou-se também o primeiro a estabelecer a profissão de sociólogo no Peru.

Ingressi na UNALM em 1962 e, de imediato, matriculei-me naquele novíssimo Departamento. Desde então mantive relações com Aníbal que, sem dúvida, foram essenciais para minha formação profissional. Esse Departamento terminou acolhendo o mais importante da pesquisa e do pensamento econômico-social peruano de então. Muitos são os exemplos de pesquisadores e pensadores eminentes que por lá passaram e entre eles importa mencionar o etnólogo e romancista essencial da *questão indígena*, não apenas do Peru, José Maria Ar-

guedas. E o Departamento de Economia da FECS tinha entre seus professores, por exemplo, o agrônomo e economista Carlos Malpica, autor de *Los dueños del Perú*.

Desde suas origens, o Departamento de Sociologia e a FECS posicionaram-se de maneira crítica, com respeito à ordem estabelecida no Peru, exercendo influência na formação da opinião pública nacional. Isso provocava ressentimentos nos setores hegemônicos da UNALM, conformada por carreiras voltadas para formar engenheiros agrônomos, agrícolas e zootecnistas e, portanto, majoritariamente constituída por professores das chamadas *ciências duras*, como matemática, física, química e ciências biológicas. Para a maioria deles, as Ciências Sociais simplesmente não eram ciências. Nessa situação, Aníbal, em 1964, terminou sendo considerado uma espécie de líder dos pensadores críticos na universidade e acusado de coisas do tipo: “sempre chega ao campus perto das 11 horas, o que é um mau exemplo, pois chega tarde”. Assim, contra a opinião e sob protesto da maioria dos professores e alunos da FECS e de muitos das outras faculdades, uma comissão nomeada pela reitoria determinou sua expulsão.

A expulsão acabou por ser providencial, pois liberou Aníbal para ser aceito como professor da Universidad Nacional Mayor de San Marcos, fundada em Lima em 1551, a mais antiga universidade de nosso continente. Pouco depois, foi nomeado para uma posição na Divisão de Assuntos Sociais da Comissão Econômica para América Latina (Cepal), no Chile, o que contribuiu para dar a seu trabalho alcance e reconhecimento internacionais. É bom lembrar que a Cepal, nos anos 1960 e 1970, passou pelo seu período de ouro, concentrando parte do melhor das Ciências Econômicas e Sociais da América Latina. Aníbal trabalhou ali com brasileiros como Fernando Henrique Cardoso e Francisco Weffort, entre outros. Assim, fez parte dos chamados Teóricos da Dependência, mas com produção de uma versão própria e original daquela abordagem, evidente em trabalhos como *Redefinición de la dependencia y proceso de marginalización en América Latina*.

O período de Aníbal na UNALM foi fundamental para a elaboração de alguns trabalhos que, desde cedo em relação ao conjunto de sua obra, evidenciam seu interesse por temas que o preocupariam ao longo de toda sua carreira. Por exemplo, é de 1964 seu trabalho *Imagen saintsimoniana de la sociedad industrial*, no qual assinala que *a característica de inovação, imanente a essa sociedade, fatalmente gera contradições com impactos na urbanização*. Tal ponto de partida, com desenvolvimentos através do tempo, conformaria parte de uma problemática tratada em seus trabalhos posteriores como *Dependencia, cambio social y urbanización en América Latina* (1968), *Polo marginal y mano de obra marginal en América Latina* (1970) etc.

Em 1965 publica *Imagen y tareas del sociólogo en la sociedad peruana*, obra marcada pela crítica teórica ao funcionalismo, pelo compromisso com mudanças para uma sociedade sem classes e sem exploração e pela defesa permanente de

princípios éticos, que claramente mostram a influência, essencial em sua obra, do marxismo de José Carlos Mariátegui.⁷ Dessa linhagem são trabalhos posteriores como: *Alternativas de las Ciencias Sociales en América Latina* (1972), *Notas sobre los problemas de la investigación social en América Latina* (1990) etc. Também em 1965 completa sua tese: *La emergencia del grupo cholo⁸ y sus implicaciones en la sociedad peruana*, na qual trata da violenta e complexa problemática étnico-social do Peru. Dessa linha serão trabalhos posteriores como “Notas sobre a questão da identidade e nação no Peru” (Quijano, 1992) etc.

O interesse de Aníbal pela questão cultural, racial, e de violenta desigualdade econômico-social não ficaria restrita apenas ao Peru, uma vez que sua obra torna evidente que, no âmbito social interno americano e mundial, tais questões apareceram como consequência da conquista e destruição da América Indígena pela Europa, no período de origem do capitalismo moderno. Essa premissa é fundamental para a construção de seu conceito de *Colonialidade*, como a outra face, desconhecida e obscura, da *Modernidade*. Trata-se de conceito de longa duração, pois continua marcando a história das sociedades atuais, o que será tema de trabalhos como: *Modernidad, identidad y utopia* (1988), *La modernidad, el capital y América Latina nacen en el mismo día* (1995), *Colonialidad y modernidad* (1992), *Colonialidad del poder y clasificación social* (2000), *Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina* (2000), *¿Bien vivir? Entre el “desarrollo” y la Des/Colonialidad del poder* (2010) etc.¹⁰

O contexto peruano

A presença de Aníbal na UNALM coincidiu com um período de violenta luta social pela terra no Peru, com o surgimento de guerrilhas que, como uma de suas consequências, gerariam finalmente o governo militar do general Juan Velazco Alvarado e sua radical Lei de Reforma Agraria de 24.6.1969,¹¹ que terminou com o poder da oligarquia.¹²

Em 1962, Hugo Blanco, agrônomo formado na Argentina, líder trotskista da Frente de Izquierda Revolucionaria (FIR) e organizador de sindicatos camponeses, foi obrigado, pela repressão das Forças Armadas a esses sindicatos,¹³ a se defender militarmente; isso aconteceu no Valle de la Convención, região de Cusco.

Em 1965, Luis de la Puente, influenciado pela Revolução Cubana, iniciou, em Sierra Pelada (também na Região de Cusco), a luta do Movimiento de Izquierda Revolucionaria (MIR) contra o primeiro governo de Fernando Belaúnde (28.7.1963 – 3.10.1968). Também em 1965, na Amazônia peruana, Região de Madre de Dios (limítrofe com a região de Cusco),¹⁴ apareceram as guerrilhas, também influenciadas pela Revolução Cubana, do Ejército de Liberación Nacional (ELN). Em fins de 1965 as guerrilhas tinham sido derrotadas pelas Forças Armadas, com a maioria de seus líderes mortos (como de La Puente) ou presos (como Hugo Blanco e Hector Béjar, do ELN).

Costuma-se perguntar por que o governo militar de Velazco Alvarado (3.10.1968 – 29.8.1975), resultado de um golpe de Estado, editou uma lei de

reforma agrária tão radical, expropriando as fazendas e transformando-as em cooperativas. Há uma resposta quase consensual no Peru. As tarefas repressivas das Forças Armadas obrigaram-nas a tomar contato com uma realidade que mal conheciam: a do mundo rural andino. Nessa situação, alguns militares de alta patente, como Velazco Alvarado, concluíram que aquele cenário era incredivelmente injusto e que as Forças Armadas não deveriam mais participar da repressão e sim de uma mudança de situação. Isso explicaria um dos *slogans* mais difundidos, ao se decretar a Reforma Agrária: “*Campeño, el hacendado no comerá más de tu pobreza*” (“Camponês, o fazendeiro não comerá mais de sua pobreza”).

Como as guerrilhas tinham como eixo de sua luta a questão agrária e a UNALM era o centro peruano mais importante de estudo dos assuntos agrícolas, essa situação gerou um forte impacto no destino daquela universidade e da FECS.

O suicídio do chefe do Departamento de Sociologia da UNALM impacta o país

A Lei de Reforma Agrária mudou a história econômica e social não apenas da agricultura peruana. A maioria de professores da UNALM, das mencionadas carreiras técnicas dominantes, estava vinculada, direta ou indiretamente, aos grandes produtores agrários. A situação levou aqueles professores a buscar que a UNALM se posicionasse *contra* a Reforma Agrária, porque *eliminava a propriedade dos fazendeiros*.¹⁵ A FECS, e especificamente seu Departamento de Sociologia, de fato posicionou-se criticamente, porém *não contra*, como queria o setor conservador, e sim no sentido de que a Reforma teria que ter sido *organizada de forma diferente*. A diferença preconizada era a necessidade de *horizontalidade*, ou seja: de um processo de contato e consulta com os produtores diretos, os camponeses. Criticava-se a condução *verticalizada*, imposta de cima para baixo, espelhando a formação militar e sua ideia de cadeia de comando e obediência. A posição da FECS coincidia plenamente com as opiniões de Aníbal que, no Chile – e depois de 1972 no Peru, para onde retornou – escrevia uma série de trabalhos relacionados com o governo militar.¹⁶

Assim existia uma situação muito tensa na UNALM, que a obrigava a tomar posição frente ao governo.¹⁷ Em 1969 o chefe do Departamento de Sociologia da UNALM era José Maria Arguedas, etnólogo e romancista cuja opinião tinha importância nacional; amigo de Aníbal compartilhavam interesses comuns como cientistas sociais e na paixão pela literatura.¹⁸ Naquele ano, Arguedas estava afastado da universidade, para tratar de sua depressão, em Santiago do Chile, onde terminava o que seria seu último escrito *O Zorro de Arriba e o Zorro de Abajo*.¹⁹ O romance, muito complexo, é também a crônica de um suicídio, pois retornou para concluí-lo e, quase de imediato, na sala onde exercia as funções de chefe do Departamento de Sociologia, disparou um tiro contra a cabeça, morrendo no dia 2 de dezembro de 1969. Seu último livro põe às claras as tensões

que sofria, sentindo-se quase impotente.²⁰ Depois de toda uma vida rendendo tributo à ação, confrontado com a possibilidade da inação, decidiu escolher o caminho da morte.²¹ O governo tentou organizar oficialmente o seu enterro,²² mas o gesto não foi aceito pela viúva,²³ que preferiu fazê-lo juntamente com as autoridades da UNALM.

As Forças Armadas invadem a UNALM e o Departamento de Sociologia é fechado

Nessa situação de crise, a UNALM foi invadida pelas Forças Armadas e a FECS foi fechada.²⁴

Essa ação do governo visava não apenas eliminar um importante elemento crítico, mas também cooptar profissionais, os melhores qualificados do país, para levar à frente as reformas econômicas e sociais em andamento. Quase todos os professores que ficaram sem trabalho receberam ofertas para ingresso como funcionários no Ministério de Agricultura, Sistema de Propriedade Social (encarregado da reforma das empresas agrícolas e industriais), Instituto Nacional de Planejamento (INP) (cuja responsabilidade era racionalizar as atividades do Estado) etc.

Eu, pessoalmente, graduado em 1968, tendo iniciado em 1969 minha carreira como docente no Departamento de Sociologia, fiquei sem trabalho com seu fechamento, recebendo então a oferta para ser chefe da Reforma Agrária do sul do Peru (com sede em Cusco). Era muito jovem e, tendo consciência de que não reunia condições para assumir tamanha responsabilidade, recusei o convite. Mas muitos outros aceitaram, chegando alguns a serem assessores diretos do presidente, vice-ministros e membros do alto escalão. Grande parte desse pessoal egresso da FECS se concentrou no INP, onde eu viria a trabalhar de 1976 a 1980.

Como se pode perceber, a situação era muito complexa e Aníbal tinha informação diária de seu andamento, o que aumentava seus desejos de retornar ao Peru, fato que constatei nas minhas visitas a ele em Santiago do Chile, em 1966 e 1969. No final de 1971, Aníbal retornou a Lima, mas então eu já havia saído para realizar estudos de pós-graduação no exterior. Minha relação com ele continuou através de correspondência, salvo no período em que voltei a viver no Peru (1976-1980), quando mantivemos reuniões frequentes. Tinha retornado para fazer trabalho de campo para a tese de Ph.D, que desenvolvia na Inglaterra sob a orientação de Eric Hobsbawm. A carta de recomendação de Aníbal havia sido determinante para que Hobsbawm me aceitasse como seu orientando, em 1974, no Birbeck College da London University.

Sociedade e política, deportação e Alianza Revolucionaria de Izquierda (ARI)

Não se está aqui fazendo uma completa biografia intelectual de Aníbal: busca-se apenas oferecer um perfil de quem era esse homem que chegava ao IEA. Nesse sentido interessa mencionar que, retornando a Lima, ele fundou

uma revista acadêmica que impactou os meios políticos e de pesquisa econômico-social peruana: *Sociedad y Política. Revista de Análisis y Debate Político* (1972-1983). Sua participação política, espelhada na revista, foi considerada extremista pelo governo, o que levou à sua deportação para o México, junto com Julio Cotler, outro sociólogo peruano reconhecido internacionalmente, em setembro de 1973.

Aníbal torna-se então professor da Universidad Autónoma de México, onde trabalhava um grupo importante de cientistas sociais, como o mexicano Pablo Gonzales Casanova, o brasileiro Ruy Mauro Marini, Julio Cotler, dentre outros. Retornou a Lima, em 1975, e continuou com suas atividades de pesquisa e participação política, tomando parte na formação da Alianza Revolucionaria de Izquierda (ARI) que apresentava, para as eleições de 1980, Hugo Blanco como candidato a presidente da República.²⁵

A ARI, por um período, conseguiu agregar grande parte da esquerda peruana: trotskistas, partido comunista pró-União Soviética e pró-China etc. Aníbal foi assessor de Hugo Blanco para assuntos econômico-sociais. Mas a ARI durou pouco, devido a exigências extremas,²⁶ impostas pelos assessores trotskistas chegados de Paris, dentre os quais tinha lugar de destaque Luis Favre,²⁷ e às quais Hugo não conseguiu resistir. Assim a ARI se desintegrou e a esquerda peruana perdeu sua oportunidade histórica de chegar ao poder pacificamente. Levantamentos de opinião pública indicavam que Blanco tinha grande possibilidade de vitória eleitoral.²⁸

O professor de Cálculo da UNALM se transforma em ditador e Anibal se demite

Os governos posteriores ao período militar (segundo governo de Belaúnde 1980-1985, primeiro de Alan García 1985-1990, três de Alberto Fujimori, 1990-2000) assumiram o papel essencial, com ritmos diferentes, de dismantelar as reformas e instituições²⁹ criadas pelos militares. Essa situação originou insegurança e medo na população, sentimentos instrumentalizados pelo Sendero Luminoso, que se definindo como maoísta³⁰ oferecia como solução, *destruir o Estado Feudal Peruano com a Guerra Popular que, até a vitória final, teria que atravessar um rio de sangue*³¹. Isso acontecia em meio a uma profunda crise econômica.

Os anos 1990 foram chamados pela Cepal de “A década perdida da América Latina” e o Peru, devido à sua guerra interna, foi dos que mais perderam. Como indicador dessa crise estava a inflação que, no final do governo de Alan García, chegou ao nível de *hiperinflação*, ombreando com as mais altas do mundo.

Nesse contexto, para as eleições de 1990, o candidato Mario Vargas Llosa confrontou um quase desconhecido da população peruana, o professor de Cálculo e reitor da UNALM, Alberto Fujimori, filho de japoneses.³²

As campanhas presidenciais dos dois candidatos centraram-se nos problemas mais sentidos pela população: insegurança e hiperinflação. Em relação à

questão da segurança, os dois candidatos coincidiam em estratégia: propunham militarização e repressão crescentes, com a tendência, por parte de Fujimori, a outorgar poder determinante aos serviços de inteligência (que então não incluíam a Polícia Nacional). Quanto à hiperinflação, Vargas Llosa apresentava propostas neoliberais para sua eliminação.

Fujimori então mostrou ser *calculista* pois, sem se comprometer, sugeria que estava contra as medidas propostas por seu rival eleitoral. Esse posicionamento foi determinante para a vitória de Fujimori, pois Vargas Llosa não escondeu que suas medidas para eliminar a hiperinflação passavam pela liberação dos preços. Vargas Llosa perdeu as eleições e Fujimori mostraria, quase desde o início de seu mandato, que não tinha escrúpulos quando de poder se tratava.³³ Uma vez eleito, Fujimori aplicaria medidas mais radicais que as defendidas por Vargas Llosa, a que chamaria de *sinceramiento*. A gasolina subiria quase 3.000%, os alimentos, em torno de 500%.³⁴

Em termos políticos, a luta de Fujimori contra as organizações terroristas, sempre assessorado por Montesinos,³⁵ seria funcional às suas aspirações crescentemente ditatoriais que culminariam, em 5 de abril de 1992, com o fechamento do Congresso.

Fujimori aos poucos controlaria, através do SIN, todos os setores do poder. Mas até então, a Polícia Nacional mantinha sua independência e realizava operações autônomas, entendendo que, para os planos de Fujimori e Montesinos, não convinha eliminar o Sendero Luminoso,³⁶ porém que destruir esse partido terrorista era fundamental para o futuro do país. Por isso, sem informar a Fujimori nem a Montesinos, a Polícia Nacional,³⁷ em 12 de setembro de 1992, localizou e invadiu uma reunião secreta, capturando os membros do Comitê Central do Sendero Luminoso, incluindo seu líder máximo, Abimael Guzmán. Foi o fim do Sendero Luminoso.

Nesse contexto político-ideológico, Aníbal chega ao Instituto de Estudos Avançados (1991-1992). No Peru ele ainda continuava como professor na Universidad Nacional Mayor de San Marcos que na época, como quase todas as universidades nacionais (federais), era considerada pelo governo como um centro de recrutamento político-ideológico, principalmente para o Sendero Luminoso. Assim as Forças Armadas terminaram, em 1995, invadindo a Universidad Mayor de San Marcos, o que levou Aníbal a denunciar essa violência em artigos jornalísticos como “El Fujimorismo y el Perú”; “Las manos sobre la universidad”; “Educación y democracia: la misma batalla”, e outros. Aníbal demitiu-se da San Marcos mas continuou publicando artigos de denúncia da ditadura, sendo o último que conheço “Las ultimas elecciones del fujimorismo” (de 2000).

Concluindo: Anibal no IEA

Esse era o Aníbal que eu conheci e que Carlos Guilherme Mota me pediu para contatar e convidar. Aníbal aceitou o convite e no período em que ficou no IEA-USP, Carlos Guilherme, em convênio com o Memorial da América Latina

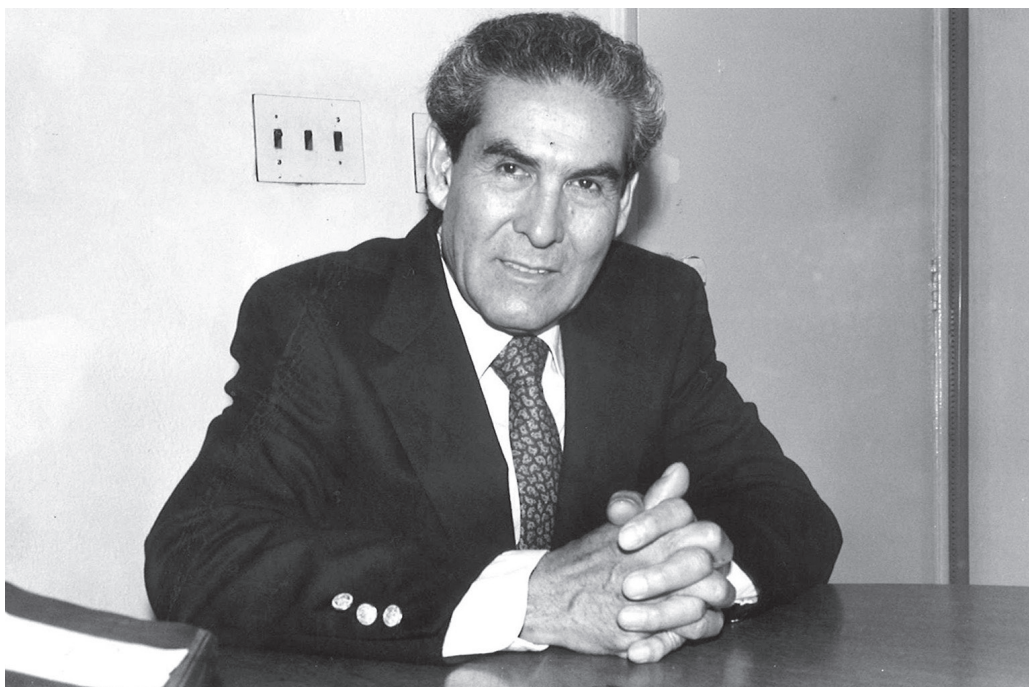


Foto Arquivo IEA-USP

O Professor Aníbal Quijano no Instituto de Estudos Avançados da USP.

(facilitado porque então nosso amigo comum Antônio Marcio Fernandes Costa, da Unesp, era diretor do Centro de Estudos Latino-Americanos do Memorial), fundou a Cátedra de Estudos Latino-Americanos Simón Bolívar. Aníbal foi o primeiro titular dessa cátedra.

Com Aníbal em São Paulo, sugeri ao pró-reitor de Pós-Graduação e Pesquisa da Unesp, Antônio Manuel dos Santos Silva, de quem eu era assessor, que o convidasse para desenvolver um curso de curta duração na reitoria. O curso foi ministrado e voltado para professores e alunos de pós-graduação das áreas de economia e ciências sociais dos diversos *campi* da Unesp.

Nesse mesmo período, desenvolveu também relações com a PUC-SP, especialmente com o núcleo de pesquisas da professora Regina Gadelha que, em seguida à sua morte, publicou um excelente trabalho sobre sua vida e obra.³⁸

Como a visita de Aníbal ao IEA repercutiu em diversos setores acadêmicos da USP, posteriormente professores do Departamento de Geografia, organizadores do X EGAL – Encontro de Geógrafos da América Latina: por uma geografia latino-americana, convidaram-no para fazer a palestra de abertura daquele evento, realizado entre 20 e 25 de março de 2005. Aníbal (2005) aceitou o convite e sua palestra “Don Quijote y los Molinos de Viento en la América Latina” foi publicada na revista do IEA.

Aníbal participou de vários outros eventos na USP. Dentre eles, lembro sua participação no XXI Congresso da Associação Latino-Americana de Sociologia, realizado em 1997, porque entre seus organizadores estavam membros do IEA.

Anoto um momento especial de felicidade de Aníbal. Foi quando recebeu informação da publicação de seu trabalho, realizado em coautoria³⁹ com Wal-lerstein: “La americanidad como concepto, o América en el moderno sistema mundial”, apresentado no Simpósio Mundial pelo 500º Aniversário da América, organizado pela Unesco, em Paris, em outubro de 1992.

Finalizo lembrando que em meu e-mail a Carlos Guilherme, que originou este trabalho, eu terminava sugerindo que fosse organizada, no IEA-USP, uma Mesa de Trabalho em Memória de Aníbal Quijano, propondo que entre os organizadores estivesse também o professor Sedi Hirano, outro grande amigo de Aníbal na USP.

San Diego, agosto 2018.

Notas

- 1 Agradeço a meu amigo Marcos Palacios, Ph.D., professor da Faculdade de Comunicação da Universidade Federal da Bahia (UFBA), pela revisão do texto.
- 2 “Ao fim da batalha, // E já morto o combatente, veio até ele um homem // E disse // não morras, te amo tanto! // Mas o cadáver, ai! continuou morrendo...” Do soneto *Masa*, do poeta peruano César Vallejo (1892-1938). O Prêmio Nobel de Literatura Mario Vargas Llosa considera que outros dois escritores da América Hispana também mereciam o mesmo prêmio: Vallejo e Jorge Luis Borges. Disponível em: <<https://larepublica.pe/politica/488345-mario-vargas-llosa-vallejo-y-borges-merecieron-el-premio-nobel>>.
- 3 O Conselho Latino-Americano de Ciências Sociais (Clacso), em 2014, publicou uma antologia essencial de sua obra, com 859 páginas (Quijano, 2014).
- 4 O terremoto mesmo matou relativamente poucas pessoas por felizmente ter acontecido perto das 15h30 quando, normalmente, as pessoas estão acordadas e ainda mais nesse caso porque nesse horário começava o primeiro jogo do Mundial de Futebol de 1970 e a maioria de peruanos estava, como os brasileiros, assistindo à partida México-União Soviética. O terremoto fraturou a maior montanha tropical da Terra, o Huascarán, de 6.768 m (Patrimônio Natural da Humanidade, onde nasce o rio Maranhão, um dos que originam o Amazonas). O Huascarán fica em Ancash e abaixo de suas encostas existia (e ainda existe) um conjunto de pequenas vilas e cidades, como a bela Yungay (conhecida então como a capital do Andinismo peruano). A fratura lançou milhões de toneladas de gelo sobre aquela cidade e outras mais. Yungay foi soterrada, com a morte de quase todos os seus milhares de habitantes. Ali moravam o pai de Aníbal e outros familiares próximos. Dessa cidade, hoje lembrada com o título de Cementerio Nacional del Peru, restaram apenas as pontas das torres da Igreja da Sé. Disponível em: <<https://elcomercio.pe/archivo-elcomercio/archivo/terremoto-callejon-huaylas-1970-noticia-523935>>.
- 5 Importa dizer aqui que o Peru é um dos poucos lugares do mundo onde, de forma original e autônoma, aconteceu a Revolução Agrícola (há aproximadamente nove mil anos), seguida pela Revolução Urbana (há aproximadamente cinco mil anos), quando foi construída, perto da costa, a Cidade de Caral, a mais antiga da América e uma das mais antigas do mundo Disponível em: <<https://whc.unesco.org/en/list/1269>>. Tal acontecimento marca o início de uma série de civilizações agrícolas-pesqueiras

que, quase 4.000 anos depois, culminariam com a cultura incaica (aproximadamente de 1.200 a 1.532 d.C).

- 6 Por exemplo em 1971 graças à UNALM fundou-se, em Lima, El Centro Internacional de la Papa (CIP) (*Papa* é o nome em quéchua, idioma dos incas, da batata) para pesquisar esse tubérculo que é um dos mais importantes alimentos da humanidade, assim como a batata doce (ou *Camote* em Aymará, idioma dos habitantes da Bacia do Lago Titicaca), ambas originárias dos Andes. Disponível em: <<https://cipotato.org/es/>>.
- 7 Existe consenso de que Mariátegui (1895-1930) foi um pensador marxista original, fiel a seu princípio de *nem decalque e nem cópia, mas criação heroica*. Sua influência, essencial desde cedo na obra de Aníbal, pode ser deduzida do grande número de trabalhos que lhe dedicou como: *Ensayos escogidos de José Carlos Mariátegui* (1956), *El marxismo en Mariátegui: una propuesta de racionalidad alternativa* (1995); *Raza, Etnia y Nación en Mariátegui: cuestiones abiertas* (1992) etc. Além disso, faz-se necessário lembrar que Aníbal foi editor do *Anuario Mariáteguiano* revista cujo objetivo era estudar a influência nacional e internacional da obra de Mariátegui. Disponível em: <http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1636/beigelcuyo14.pdf>.
- 8 *Cholo* no Peru atual é um conceito étnico-cultural. No período colonial (1532-1821), como parte da classificação racista que se generalizava mundialmente, significou a mistura do indígena e branco para *inferiorizar* o grande número resultante. Com o tempo mudou e, na atualidade, *indígena é quem fala só idiomas nativos*, como o quéchua (aproximadamente 4,5 milhões), ou aymará (mais ou menos 600 mil) ou algum dos outros 45 idiomas nativos, perfazendo um total aproximado de sete milhões de indígenas peruanos. Assim o indígena que aprende e fala também o espanhol, passa ao status de *cholo* (caso do ex-presidente Alejandro Toledo). No Peru, etnicamente a maioria dos que se consideram brancos são, na realidade, “brancos” que, no período da República Aristocrática, eram minoria mas hegemônicos, e os *cholos* (já então maioria junto aos também misturados descendentes de africanos, chineses, japoneses etc.) não tinham acesso ao poder. A classificação como *cholo* era pejorativa. Na atualidade, crescentemente os peruanos se reconhecem como *cholos* e para que isso tenha acontecido os trabalhos de Aníbal, e principalmente de Arguedas, foram muito importantes. Mas o determinante foi o governo de Velazco Alvarado, como se verá mais adiante.
- 9 O conceito de *Bien Vivir* tem remota origem na *Nueva Crónica y Buen Gobierno*. Esse texto foi originalmente produzido como uma *carta* ao rei de Espanha, Felipe III, escrita provavelmente entre 1585-1610, pelo intelectual indígena Felipe Guamán Poma de Ayala, que sobreviveu à conquista espanhola convencido de continuar desenvolvendo seu papel dos *Amauta*. O termo *Amauta*, em quéchua, significa, aproximadamente, *Mestre ou Sábio que tem por obrigação passar conhecimentos aos que não sabem*. Para Poma de Ayala, a destruição de sua sociedade era consequência do *Mal Gobierno* do Vice-Reinado Peruano porque o rei espanhol, estando distante, não sabia o que estava acontecendo naquelas terras. Poma de Ayala sentia-se na obrigação de passar-lhe informação objetiva, pois estava convencido de que o Rei *tinha que governar como o Inca* que, tendo um sistema de informação permanente sobre tudo o que acontecia em seus domínios (os *Amautas* formavam parte desse sistema), *Governava Bem Uma Sociedade Justa*. Escreveu quase 1.200 páginas, ilustradas com centenas de desenhos. A carta, encaminhada provavelmente em 1615, perdeu-se no caminho. Em 1910, foi encontrada na Biblioteca Real da Dinamarca, abrindo-se assim um caminho extraordi-

nário para o conhecimento da sociedade indígena (não só peruana) que, sem dúvida, tinha uma racionalidade diferente da Ocidental. O texto de Guamán Poma contribuiu para estender o mito da Sociedade Inca como *Sociedade Socialista*. Mas também, o que é essencial, foi um dos determinantes para abrir um outro capítulo da História como disciplina, a *História dos Vencidos*.

- 10 A universidade privada “Ricardo Palma”, de Lima, abriu para Aníbal a Cátedra Americana Latina y la Colonialidade del Poder. Disponível em: <http://www.urp.edu.pe/catedras_urp/index.php?urp=colonialidad>.
- 11 A escolha da data não foi fortuita, pois 24 de junho, para os incas, era seu dia mais importante, celebrado com uma grande festa para homenagear o *Inti Raymy* (Deus-Sol), coincidindo com o Solstício de Inverno no Hemisfério Sul. No Período Republicano (depois de 1821), essa data foi denominada *Dia do Índio* e declarada feriado nacional.
- 12 Os fazendeiros eram parte essencial da classe dominante e estavam divididos em dois grupos principais. Um conformado pelos que produziam *para exportar*, localizados principalmente na Costa, com métodos de produção vinculados a *relações salariais*; eram considerados *modernos* e chamados de *Oligarcas*. Outro constituído por produtores *para o mercado interno*, estabelecidos principalmente na Serra Andina, com métodos de produção vinculados a *relações pré-capitalistas*; eram considerados *tradicionais* e chamados de *Gamonales*. Os últimos têm semelhanças com os coronéis brasileiros.
- 13 O Peru tinha então um governo resultante de um golpe de Estado, encabeçado por um ditador violento, o general Ricardo Pérez Godoy (18.7.1962 – 3.3.1963).
- 14 Não deve causar surpresa que as guerrilhas tenham aparecido nesses territórios pois eles, historicamente, conformaram o *coração* do Mundo dos Incas, assim como o eixo a partir do qual foi irradiada a conquista espanhola. A conquista deixou um território onde a superexploração do trabalho dos camponeses, na sua maioria descendentes dos incas, era a norma. Assim, simbolicamente, não só para aqueles guerrilheiros, mas também para os peruanos que compartilhavam um pensamento progressista, Cusco e seus territórios limítrofes teriam que ser os primeiros liberados da superexploração.
- 15 O governo pagou a expropriação com Títulos do Estado, operação complexa sobre a qual não é possível tratar neste texto.
- 16 Por exemplo, em outubro de 1968, Aníbal, usando o pseudônimo Ramón Collar (nome de um camponês da Guerra Civil Espanhola que aparece num dos poemas de Vallejo sobre essa guerra, na qual participou defendendo a República), escrevia: “*El golpe militar en el Perú en el contexto de la realidad peruana y latinoamericana*” (publicada a mimeógrafo no Peru pelos alunos da FECS). Posteriormente, assinando com seu nome real, publicou: *Nacionalismo, Neoimperialismo y Militarismo en el Perú* (1971); *La Reforma Agraria en el Perú* (1973); *La “segunda fase” de la “revolución peruana” y la lucha de clases* (1975) etc. Por “*segunda fase*” se conhece o governo de Morales Bermúdez (29.8.1975 – 28.7.1980), que tenta reverter a maioria das reformas e termina convocando eleições presidenciais, ganhas por Belaúnde (28.7.1980 – 28.7.1985).
- 17 O governo mostrava-se crescentemente progressista pois, por exemplo, abriu relações com Cuba e os países socialistas quando, na situação de guerra fria, isso significava o risco de confrontar os Estados Unidos. Em 1970 libertaria a Hugo Blanco, Hector Béjar etc., oferecendo-lhes cargos importantes no governo, o que foi aceito por mui-

- tos (como Béjar); os que não aceitaram (Hugo Blanco), foram deportados, no seu caso para o México.
- 18 Aníbal não é reconhecido como romancista ou poeta, mas sim como comentarista da literatura. Sua obra foi enriquecida por referências literárias, assuntos evidentes em trabalhos como: *Antología del Cuento Latinoamericano* (1957), *Arguedas: la sonora banda de la sociedad* (1984), “Dom Quixote e os moinhos de vento na América Latina” (2005), *El nudo arguediano* (2011) etc.
- 19 O *zorro* é a raposa. Francisco de Ávila, um dos sacerdotes espanhóis encarregados de perseguir e destruir as religiões indígenas (processo conhecido como *Extirpação de Idolatrias*, que só terminou com a Independência), em 1598, impressionado pelos relatos que escutava dos sacerdotes indígenas que torturava, coletou essas versões no texto *Dioses y Hombres de Huarochiri*. Originalmente em quéchua, seu tradutor para o espanhol, em 1966, foi Arguedas. Esse texto tem, para a história do Mundo Andino, importância similar à do *Popol Vuh* para a Mesoamérica ou do *Livro dos Mortos* para o Egito. Ali aparece o mito das duas raposas que, sendo deuses, podem à vontade se transformar em humanos. Uma é do mundo de cima (*de arriba*), das Serras Andinas e a outra é do mundo de baixo (*de abajo*), das Planícies Costeiras (ou Amazônicas). Essas raposas estão sempre, através do tempo, brincando e/ou lutando. Trata-se de uma boa síntese da real história andina pré-colombiana em que, às vezes e por longos períodos, civilizações da parte de baixo e da parte de cima, alternaram-se na hegemonia.
- 20 Cartas trocadas com Hugo Blanco, naqueles dias, mostram a angústia e sentimento de impotência de Arguedas pela manutenção de seu amigo na prisão, apesar das pressões que ele e outros estavam fazendo pela sua libertação (declarações, participação em marchas etc.). Arguedas mostrou ativa simpatia por todos os que lutavam pela terra. Alguns meses depois do suicídio, o governo de Velazco Alvarado libertou Hugo e outros guerrilheiros.
- 21 O que é evidente na sua *Carta de Despedida*. Disponível em: <<http://www.lamolina.edu.pe/Gaceta/notas/arguedas.htm>>.
- 22 O enterro quase paralisou Lima e o país. Os que carregamos o caixão tivemos a experiência marcante de caminhar junto a milhares de pessoas de todas as classes, etnias e idades (acompanhados, na parte de atrás, por um silencioso batalhão das Forças Armadas que compareceu, sem convite, a mando de um oficial de alta patente) muitas das quais, ao chegar ao cemitério, cantaram em espanhol, quéchua e outros idiomas indígenas. Sem dúvida foi um tributo ao romance de Arguedas *Todas las sangres* (*Todos os sangues*) que, de forma indireta, espelha o tipo de país que desejava.
- 23 A viúva, Sybilla Arredondo, teria depois um filho com um militante da organização terrorista Sendero Luminoso, formando parte do círculo íntimo de Abimael Guzmán, líder do Sendero. A guerra, deslanchada principalmente por essa organização, mataria quase 70 mil pessoas (na sua maioria vítimas do Sendero, segundo a Comissão da Verdade e Reconciliação, criada pelo governo em junho 2001. Disponível em: <<http://www.cverdad.org.pe/ifinal/pdf/Tomo%20-%20ANEXOS/ANEXO%202.pdf>>). Seus líderes terminaram na cadeia e Sybilla, em 2002, depois de 14 anos presa, foi deportada para o Chile, seu país de origem. O Sendero Luminoso não tinha simpatia por Arguedas, pois o considerava *fraco, incapaz da violência armada*. Ele, em diversas oportunidades, como na sua *Carta de Despedida*, negou *la rabia* (a raiva). Isso porque existe o mito de que a conquista gerou frustração nos descendentes dos conquistados que, através do tempo, transformaram essa frustração em *raiva contida*,

a qual em algum momento explodiria violentamente. Arguedas não comungava com esse mito que o Sendero Luminoso tentou instrumentalizar.

- 24 Posteriormente seria reaberta, com o nome de Facultad de Economía y Planificación, mas sem Departamento de Sociología.
- 25 A segunda fase do governo militar, encabeçado por Morales Bermúdez, foi recuando das reformas da primeira fase (Velasco Alvarado), ao tempo em que se preparava o retorno aos quartéis. Para isso, Morales Bermúdez convocou eleições para uma Assembleia Constituinte (AC), em 1978, e presidenciais em 1980. Hugo Blanco foi eleito membro da AC, com uma votação muito alta, transformando-se, de fato, no mais importante líder da esquerda peruana.
- 26 Então, anonimamente, Aníbal publicou: *ARI: ¿Por qué y como se desintegró? ¿Quiénes son los responsables?*
- 27 Trata-se do mesmo Favre que foi esposo de Marta Suplicy e que no Brasil é argentino, no Peru, brasileiro, na Argentina, francês etc. Esse aventureiro, acostumado a obter riqueza fácil, sequer usa seu nome para facilitar suas atividades e movimentações, o que se deduz do que foi escrito por um dos organizadores do ARI, o trotskista peruano Ricardo Napuri: *Breve y sucia historia de Felipe Wermus, alias Luis Favre*. Disponível em: <<http://www.gatoencerrado.net/store/noticias/73/73210/detalle.htm>>.
- 28 Mas Favre não desistiu do Peru, pois, segundo a imprensa daquele país, levado por Lula da Silva, tornou-se assessor da campanha eleitoral que conduziria Ollanta Humala à presidência (28.7.2011 – 28.7.2016). Disponível em: <<https://www.americaeconomia.com/politica-sociedad/politica/ollanta-humala-ratifica-que-asesores-de-lula-da-silva-trabajan-en-su-coma>>. Ollanta Humala teria recebido, do Departamento de Operações Estruturadas da Odebrecht, *US\$ 3 milhões, graças a Lula que aprovou a doação* (Revista *Caretas*, Lima, 23.2.2017: 15; meus itálicos). Humala terminaria na cadeia junto com sua esposa, depois de deixar a presidência (julho 2017- abril 2018) e agora, já em liberdade, continua processado como parte da operação Lava Jato peruana. Posteriormente, Favre prestaria assessoria à prefeita de Lima, Susana Villarán, processada por ter recebido, no período dessa assessoria, US\$ 3 milhões das empreiteiras Odebrecht e OAS. Disponível em: <<https://larepublica.pe/politica/1222566-fiscalia-afirma-que-villaran-se-hipoteco-a-odebrecht-y-oas-por-us-3-millones>>. Finalmente, a Lava Jato peruana, que investiga a Odebrecht (que transformou Lima no centro de suas operações para América Latina) e outras empresas brasileiras, começou a interrogar Favre em Paris. Disponível em: <<https://elcomercio.pe/politica/fiscalia-interrogo-14-horas-publicista-luis-favre-paris-noticia-540177>>.
- 29 Uma das instituições que mais resistiram foi o INP, devido ao seu prestígio e reconhecimento público como agente que racionalizava as atividades do Estado. Exatamente por tal razão, tornou-se um empecilho para o programa ultraliberal que seria imposto por Fujimori. Assim, em meados de 1992, Fujimori dissolveria o INP, iniciando, quase simultaneamente, a venda das empresas estatais, a preços irrisórios, a capitalistas amigos nacionais e estrangeiros.
- 30 Aqui só é possível dizer que nesse particular o Sendero Luminoso foi acompanhado pelo seu inimigo ideológico, o Movimiento Revolucionario Túpac Amaru (MRTA) (influenciado pela Revolução Cubana), que iniciou suas atividades em 1982 e foi desarticulado em 22.4.1997, quando as Forças Armadas recuperaram a embaixada de Japão, que tinha sido invadida por esse grupo guerrilheiro.

- 31 Tarefa que, segundo a Comissão e seu Museu da Verdade e Reconciliação de Lima, estava cumprindo fielmente, durante o período em que existiu (17.5.1980 – 12.9.1992).
- 32 Anos depois, Fujimori recuperaria sua nacionalidade japonesa. Peru é Unicameral com um Congresso composto por 120 representantes. Para ser eleito pela terceira vez consecutiva em 2000, Fujimori conseguiu uma interpretação favorável pela maioria dos congressistas, contra a Constituição, que não permitia terceiro mandato. Essa maioria foi conseguida pela *compra* de congressistas (antecedendo o *mensalão* brasileiro), através de Vladimiro Montesinos, chefe do ultrapoderoso Servicio de inteligência Nacional (SIN) e sócio de Fujimori. A compra dos votos foi descoberta e denunciada pela TV. Montesinos fugiu e, gradativamente, a situação de Fujimori, principalmente pela pressão popular, tornou-se difícil. No dia 13 de novembro de 2000, usando o avião presidencial, em que levava quase 100 grandes malas (com milhões de dólares além de documentação confidencial, segundo a imprensa peruana), Fujimori partiu com destino a Brunei, para a reunião da Organização Económica Ásia e Pacífico (APEC) da qual o Peru é membro. No dia 19 de novembro, fugiu para o Japão e ali, ao mesmo tempo em que era acolhido obtendo imediatamente a nacionalidade, por fax comunicou sua renúncia à presidência, que foi aceita pelo Congresso peruano devido à sua evidente *incapacidade moral*. No Japão, recebido pelo imperador, Fujimori tornar-se-ia membro do partido de direita e candidato a senador.
- 33 Fujimori chegou a permitir a tortura de sua esposa, Susana Higuchi, pelo SIN de Montesinos, dentro do Palácio do Governo. Ela havia feito declarações à imprensa demonstrando sua insatisfação com um dos irmãos de Fujimori que estava vendendo, para enriquecer, o que chegava do Japão como parte dos programas de ajuda. Isso deslanchou as torturas que a enlouqueceram. Disponível em: <<https://larepublica.pe/politica/916019-susana-higuchi-al-congreso-si-senior-presidente-sufri-torturas-con-electroshock>>. Nessa situação, Fujimori, sem primeira dama, nomeou para esse posto a sua filha Keiko, que assim iniciou sua carreira política quase literalmente por cima do cadáver de sua mãe. Ainda que seja difícil de entender, para a lógica orientada pela decência, hoje Keiko é líder do partido fujimorista Fuerza Popular (FP), que domina o Congresso, provavelmente o mais corrupto da história republicana peruana. Infelizmente assuntos políticos dessa ordem, quase incompreensíveis, acontecem também em outros países, não só sul-americanos.
- 34 Disponível em: <<http://cienciashistoricossociales.blogspot.com/2010/11/fujimori-el-neo-liberalismo-y-el.html>>.
- 35 Aqui só é possível agregar alguns detalhes elucidativos sobre o período. É fato que o governo de Alberto Fujimori foi feito em associação estrutural com Montesinos, o que explica roubos e desvios compartilhados por ambos que, é consensual, chegariam a bilhões de dólares. Por diversos crimes terminaram na cadeia: Fujimori, em 3.1.2010, foi condenado a 25 anos de prisão e o mesmo aconteceu com Montesinos, em 1.10.2010. Em 24.12.2017, Fujimori foi indultado pelo presidente Pedro Pablo Kuczynski. O indulto foi resultado de uma negociação secreta: em troca da liberdade de Fujimori, Kuczynski obteria apoio do grupo de congressistas fiéis a Kenji Fujimori (irmão de Keiko, com quem está em guerra pelo domínio da maioria no Congresso). Fujimori conseguiu a liberdade, mas a negociação foi descoberta, o que levou Kuczynski a renunciar, em 21.3.2018, sendo também processado pelos seus negócios obscuros com a Odebrecht. Fujimori pode retornar à cadeia, pois continuam processos contra ele por crimes de *lesa humanidade*, que o indulto não cobriu.

- 36 O Sendero Luminoso era certamente muito mais perigoso que o Movimiento Revolucionario Túpac Amaru.
- 37 Ver Bowen e Holligan (2003). Uma das consequências dessa captura foi submeter a Polícia Nacional ao SIN e castigar, de diversas formas, os policiais que fizeram a captura.
- 38 Disponível em: <https://zimbra.fclar.unesp.br/service/home/~/?auth=co&loc=pt_BR&id=155141&part=2>.
- 39 Aníbal foi professor da Universidade de Binghamton, Estados Unidos, desde os anos 1980, onde lecionava um trimestre acadêmico por ano. Naquela universidade trabalhava também um grupo de pesquisadores “marxo-braudelianos” como Immanuel Wallerstein, Giovanni Arrighi e outros, que são referências internacionais das Ciências Sociais.

Referências

BOWEN, S.; HOLLIGAN, J. *El espía imperfecto*. La Telaraña Sinistra de Vladimiro Montesinos. Lima: Editora Peisa, 2003.

QUIJANO, A. *ARI: ¿Por qué y cómo se desintegró? ¿Quiénes son los responsables?* Lima: Sociedad y Política Ediciones, 1980.

_____. Notas sobre a questão da identidade e nação no Peru. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.16, n.16, p.73-80, 1992.

_____. Dom Quixote e os moinhos de vento na América Latina. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.19, n.55, p.9-31, 2005.

_____. *Aníbal Quijano. Cuestiones y horizontes*. Antología esencial. De la Dependencia Histórico-estructural a la Colonialidad/Descolonialidad del poder. *Selección y Prólogo Danilo Assis Clímaco*. Buenos Aires: Clacso, 2014 (Coleção Antologías).

RESUMO – A origem deste trabalho é um e-mail que encaminhei a Carlos Guilherme Mota informando, com tristeza, que o sociólogo peruano Aníbal Quijano havia falecido em Lima em 31 de maio de 2018. Graças a Carlos Guilherme, Aníbal passou um período como professor convidado do Instituto de Estudos Avançados (IEA) da Universidade de São Paulo. O objetivo deste trabalho é lembrar como chegou Aníbal ao IEA, fornecer alguma informação sobre o contexto peruano de sua formação, bem como assinalar alguns dos vínculos que então ele estabeleceu nos meios acadêmicos de São Paulo.

PALAVRAS-CHAVE: Aníbal Quijano, Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, Sociólogo, Peru, Contexto.

ABSTRACT – The idea for this paper came to me when I sent an email to Carlos Guilherme Mota informing him that, sadly, Peruvian sociologist Anibal Quijano had passed away on May 5, 2018, in Lima. Carlos Guilherme was responsible for Anibal’s appointment as Visiting Professor at the Institute of Advanced Studies (IAS) of the University of Sao

Paulo (USP). This paper intends to remember how Anibal came to the Institute, offer information on the Peruvian context during his career and point out some connections that he established with the academic milieu in São Paulo.

KEYWORDS: Anibal Quijano, Institute of Advanced Studies (IAS) of the University of São Paulo (USP), Sociologist, Peru, Context.

Enrique Amayo Zevallos é Ph.D pela University of London & University of Pittsburgh; professor de História Econômica e Estudos Internacionais Latino-Americanos do Departamento de Economia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais. Fundador do Núcleo de Pesquisas sobre o Pacífico e Amazônia, Faculdade de Ciências e Letras, Unesp Araraquara; e professor do Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais “San Tiago Dantas”, Unesp, Unicamp, PUC-SP. @ – eazamayo@fclar.unesp.br
Recebido em 28.8.2018 e aceito em 15.9.2018.

¹Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, São Paulo, Brasil.

Como e por quê escrevemos *História do Brasil. Uma interpretação*

CARLOS GUILHERME MOTA¹

O PROFESSOR Alfredo Bosi, editor da revista *Estudos Avançados*, do Instituto de Estudos Avançados da USP, solicita-me reflexão sobre como e por quê escrevemos nosso livro *História do Brasil. Uma interpretação* (Mota; Lopez, 2016), obra pensada e escrita entre 2000 e 2007. Publicada em 2008, na contracorrente da Historiografia sobre o país, resultou volumosa (1.133 páginas) e de certo modo pouco convencional. Algo *revisionista*, para evocarmos o historiador e historiógrafo carioca José Honório Rodrigues.

Pesquisa e redação levaram cerca de oito anos, e foram baseadas na “conversa” com autores clássicos sobre a História do Brasil, e também em nossos estudos pessoais, publicados anteriormente em livros e revistas. Servimo-nos, além de cronistas e viajantes, de historiadores, desde os saudosos Vitorino Magalhães Godinho, Charles Boxer, Richard Morse, Caio Prado Jr. e Manuel Correia de Andrade, até Evaldo Cabral de Mello, Kenneth Maxwell, Alberto da Costa e Silva, Sérgio Buarque de Holanda, Joseph Love, Nestor Goulart Reis, e também Fernando Novais, José Murilo de Carvalho e Laura de Mello e Souza. Mas, sobretudo, dos saudosos Raymundo Faoro e Florestan Fernandes. Durante o percurso nos beneficiamos dos comentários críticos do saudoso professor Luís Eduardo Magalhães e do acompanhamento de Maria Antonia Magalhães, além do olhar crítico do historiador José Manuel Santos Perez, do Centro de Estudios Brasileños da Universidade de Salamanca, e Adriana Lopez, que revisaram e verteram para o espanhol a obra, enriquecendo enormemente o texto original, publicado em 2009 pela Editora Salmantina.

A maior dificuldade inicial foi a de acharmos um ângulo adequado para examinarmos a complexa História deste país. Foi a obra de Florestan Fernandes que nos deu a pista. Está ela na conferência *Sociedade de classes e subdesenvolvimento* (Fernandes, 1968), de especial importância, pois constitui um *turning point* no conjunto da produção do professor Florestan. E, de modo mais geral, nos estudos sobre a problemática do imperialismo/subdesenvolvimento. Uma mudança de ventos e de rumo.

Com efeito, no arco do tempo, no território que se denominaria Brasil, assistiu-se à lenta passagem, do século XVIII ao XIX, de uma sociedade estamental-escravista para uma sociedade de classes malformada, com remanescên-

cias ideológico-culturais, e traços fortes institucionais, sociais e econômicos da ordem anterior.

Como demarcou o sociólogo-historiador, nessa transição a Independência deu origem “à implantação do Estado nacional, à conseqüente burocratização da dominação patrimonialista, pela qual os estamentos senhoriais privilegiaram sua condição econômica, social e política, monopolizando o poder” (“Sociedade de classes de desenvolvimento”, conferência na Universidade de Münster-COSAL, 1967, publicada no livro citado *Sociedade de classes e subdesenvolvimento* (Fernandes, 1968)).

Em nosso esforço interpretativo, em que consideramos e enfatizamos *o presente como História*, perseguiu-nos a sensação de que o Brasil neocapitalista permanece inatural, com seus bolsões de miséria e educação precária. Ou seja, acompanha mal, e com atraso, o ritmo do mundo contemporâneo.

O que há de novo em nossa *História do Brasil*, tumultuada pelo neocapitalismo (esse conceito vago, obscuro)? “Uma obra precursora”, como dela já disseram alguns críticos? Não cremos. Traz apenas os resultados de “conversação” intensa com grandes historiadores e mestres que nos precederam e inspiraram. Inspiramo-nos também em William Faulkner, que nos anos 1950, de passagem por São Paulo, disse: “*O passado nunca morre; ele nem é passado*”. Tanto mais verdade no caso do Brasil.

* * *

Já no título da obra a proposta se autoesclarece. Até a data da publicação da primeira edição (2008), muitos estudos analisavam formas de exploração colonialista ou imperialista sem levar em consideração a natureza de cada sociedade explorada e dominada. Outros tratavam das estruturas sociais de cada país isoladamente, sem levar em conta o tipo de dominação externa. Ambas as tendências sem discutir e aprofundar o exame das *relações sistêmicas* entre a dominação externa e os tipos de estratificação social. Ou seja, algumas sociedades permaneciam incrustadas em formas seculares de estruturação e hierarquização insatisfatórias por conta dos tipos de dominação externa impostas, que asseguravam a manutenção do *status quo*. O caso mais citado então era o da Índia, fruto do imperialismo capitalista inglês “avançado”, mas que convivia “bem” com seu rígido regime de castas. Outra versão, ao contrário, mais dinâmica, pregava que, com o avanço da presença capitalista das economias centrais nas regiões atrasadas, a “modernização” se daria automaticamente. Ou seja, avançando, o capital derrubaria antigas estruturas. Ledo engano.

Pois bem, o convite do professor Alfredo Bosi fez-me revisitar uma antiga indagação sobre o ofício do historiador: em que medida experiências do passado iluminam a compreensão do presente e favorecem formulações de projetos para o futuro? Difícil a resposta nestes tempos de niilismo e desencantamento, sobretudo num país irresolvido como o Brasil atual, em que diversos *níveis de historicidade* ora se combinam, ora se atropelam, enquadrados pela ideologia

cultural do marketing e da sociedade do espetáculo, aprofundando nossa entranhada amnésia histórica.

Entre os historiadores, as respostas a tal questão se radicalizaram. Para Paul Veyne, não podemos tirar nenhuma lição da História. Após Heródoto e Tucídides, dizia, o método histórico não fez qualquer progresso... Mais um ledó engano.

O livro sobre a História do Brasil

Escrevi essa obra, que foi se avolumando, e tornou-se alentada, em parceria com Adriana Lopez, também historiadora e autora de livros sobre a presença de franceses, holandeses e ingleses ao longo do período colonial, entre outros escritos.

Nosso livro teve origem numa coletânea de estudos e ensaios solicitados pela editora e amiga Isabel Alexandre, então na editora Senac (Mota, 2000) que coordenei por ocasião dos 500 anos do “descobrimento” do Brasil. Dessa obra em dois volumes participaram 24 historiadores, dentre os quais Evaldo Cabral de Mello, Stuart Schwarz, Kenneth Maxwell, Amélia Cohn, Maria Helena Capelato, Francisco Alambert, os saudosos István Jancsó e Roberto Ventura, e outros. A mesma editora nos estimulou a escrever uma obra-síntese sobre nossa História, dos pródromos aos dias atuais. Estávamos no ano da graça de 2001.¹

A ideia era de elaborarmos obra que oferecesse ao leitor não apenas uma visão ampla e “arejada” dos principais períodos e etapas da História do Brasil, mas que também fixasse o *sentido* geral de cada período, enfatizando os respectivos substratos econômicos-sociais e dando vida aos principais personagens, como marquês de Pombal, Tiradentes, Tomás Antônio Gonzaga, José Bonifácio, Pedro I, Evaristo da Veiga, Amaro Cavalcanti, Vargas, Juscelino, Celso Furtado... Um livro que avaliasse o sempre mencionado “peso do passado colonial”, prolongado no imperial, e o vigor das oligarquias que se afirmaram no processo de Independência, os mecanismos da *Conciliação*² em vigência até o presente, o subdesenvolvimento e a incultura atávica, a violência sem fim etc. O problema era e é: como explicar a permanência de rígidas estruturas sociopolíticas, econômicas e sobretudo das mentalidades, “prisões de longa duração” (Braudel)?

Dividimos *grosso modo* essa longa e complexa História de meio milênio em várias partes: das “origens” (por assim dizer) à crise do sistema colonial português, e da segunda metade do século XVIII ao exílio da Família Real em 1808. Nessa perspectiva, a História do Brasil, por assim dizer independente, teve início com a Revolução e Contrarrevolução da Independência, ou seja, abrangendo do Reino Unido (1815) em diante, com os dois reinados dos dois Pedro e as Regências (1831-1840) de permeio, encerrando-se esse longo período com a Abolição da Escravatura (1888) e a Proclamação da República (1889).

No período seguinte, o republicano, de 1889 aos dias atuais, aprofundou-se o rígido *modelo autocrático-burguês*,³ que se cristalizou e se afirmou paulati-

namente até os dias atuais. Assistiu-se sucessivamente às etapas agro-oligárquica-comercial, populista, patricial, ditatorial, democratizante e, mais recente, a do “presidencialismo de coalizão”, quando o velho arquétipo político da Conciliação, que data de meados do século XIX, revivesceu com desastroso vigor.

* * *

Voltemos a Florestan. Em sua abordagem, Florestan Fernandes combinou as duas vertentes de nossa História: a das estruturas internas com as articulações externas, e com isso derrubou antigas teses, prestigiosas em congressos internacionais e publicações nos desencontrados debates entre liberais generalizadores e marxistas ortodoxos. Heterodoxo, Florestan examinou o subdesenvolvimento *em conexão* com a dependência externa que, segundo pensava, era o que explicaria a situação sociopática (como ele definiu) e a ordem estabelecida paralisante e desmobilizadora no caso brasileiro. Tese certamente válida, com variações, como indica, para outros países subdesenvolvidos, em geral de passado colonial.

Em nossa interpretação, analisamos as bases socioculturais remotas da História desta vasta região, considerando a existência de povos e dialetos distintos antes da chegada dos europeus, alguns dos quais remanesçam até hoje. Percorremos uma densa bibliografia, combinando as perspectivas desde Charles Boxer, Caio Prado Júnior, Benedicto Lima de Toledo, Gonsalves de Mello, a Jaime Cortesão, Vitorino Magalhães Godinho, Imanuel Wallerstein, entre tantos historiadores notáveis que estudaram o período colonial. Utilizamos também informações colhidas em cronistas (como o huguenote Jean de Léry e a escritora Maria Graham) e viajantes-comerciantes (como John Luccock), ora revisitados em novas perspectivas e testadas em livros sobre franceses, holandeses e ingleses, comerciantes, religiosos, e em nossos estudos sobre insurreições, levantes e revoluções.

Em linguagem clara, procurou-se delinear um amplo panorama histórico desde o chamado “Descobrimento” por Duarte Pacheco Pereira até o Consulado do marquês de Pombal (1750-1777), dois momentos referenciais em nossa periodização, emoldurada no quadro do Antigo Sistema Colonial português. Demonstramos que o processo de descolonização foi contínuo, de Pombal às Inconfidências de 1777, 1789, 1792, 1798, 1801, até a insurreição nordestina de 1817, e desses movimentos à Independência de 1822 e à expulsão de Pedro I (1831). A partir desse momento-chave, na verdade desde os Tratados de 1810 com a Inglaterra e da semirruptura de 1822 a 1831, sempre na esfera do imperialismo inglês, analisamos a consolidação do Estado-Nação brasileiro, escravocrata, enleado no sistema mundial de dependências.

Mereceram maior atenção algumas biografias, apresentadas em nova perspectiva política e sociocultural, de personalidades como marquês de Pombal, Rodrigo de Sousa Coutinho, Tiradentes, Tomás Antônio Gonzaga, José Bonifácio, Frei Caneca, Pedro I e Pedro II e outros, em perspectivas menos convencionais. E, no período pós-independência, de personagens como Evaristo da

Veiga, Diogo Antônio Feijó, Teófilo Otoni, e líderes abolicionistas, bem como personalidades como Amaro Cavalcanti, Wenceslau Brás, Getúlio Vargas, Juscelino Kubitschek, Fernando Henrique Cardoso e Luís Inácio Lula da Silva.

Mas o “personagem” central que se afirmou ao longo desse período não foi uma pessoa, mas um modelo histórico-político e econômico-social: *o modelo autocrático-burguês*, conceito formulado com rigor e posto em prática por Florestan. Tal modelo se constituiu a partir de sucessivos confrontos e pactos de elites regionais, com superposição de camadas e agrupamentos sociais sedimentados durante a passagem dessa ampla região do sistema colonial português, mercantilista e escravista (séculos XVI, XVII e XVIII) ao sistema mundial de dependências, sob a égide da Inglaterra (século XIX) e, através de complexa transação, deste a uma ordem oligárquica-estamental na semiperiferia do capitalismo liberal. E, após 1929, ao capitalismo monopolista. Ordem em que, na conceituação de Marx, conforme indicamos, os estamentos pretéritos foram se combinando, mesclando-se com as classes futuras, provocando a sensação de derrapagem contínua. Não foi por outra razão que uma personalidade bem formada como Joaquim Nabuco, abolicionista, afirmou que, do ponto de vista político-ideológico... “era inglês”, explicitando desse modo o quanto as ideias estavam fora do lugar... Em suma, nos séculos XIX e XX aperfeiçoaram-se a metodologia e as estratégias da Conciliação.

Daí a impressão de que nossa História não muda ou muda pouco, e de que as rupturas praticamente inexistem ou são muito tênues. Como comentou por volta de 1975 o historiador marxista norte-americano Stanley J. Stein, da Universidade de Princeton, com algum exagero: “na história do Brasil nada acontece de fundamental”.

Dos conceitos. O foco. Uma história cruenta⁴

Ensaíamos uma profunda revisão de conceitos, e procuramos evitar a confusão tão comum “das modas com o modo”, contra o que nos alertava Milton Santos. De resto, alertas não nos faltaram. Mas ficamos particularmente inquietos em 2005, quando um historiador do porte de Eric J. Hobsbawm (1995, p.555) escreveu em *Era dos extremos*: o Brasil é “um monumento à irresponsabilidade social”.

Bem antes, nos anos 1980, em conversa com Caio Prado Jr., ouvi dele: “o Brasil é um país atrasado”. E, após uma longa pausa, prosseguiu: “muito atrasado”. Para em seguida concluir: “Toda história do Brasil sempre foi um negócio”.

Por fim, além de Caio Prado Jr., e relendo outros dois dos principais intérpretes do Brasil Contemporâneo (Florestan e Faoro), aprimoramos o foco no final no seguinte ponto: *o modelo autocrático-burguês*, que aliás continua em vigência.

A partir de então, iniciamos longa caminhada, de conversação com os historiadores. Nesse sentido, fomos percebendo que, por certo, este seria um livro de História sim, porém fortemente baseado na *Historiografia*⁵ sobre nosso país. Ou seja, na história de sua História.



Foto Oswaldo José dos Santos / Arquivo Jornal da USP

Raimundo Faoro (1925-2003) fez a conferência “Existe um pensamento político brasileiro?” no Instituto de Estudos Avançados da USP em 25 de agosto de 1986. Com a apresentação do professor e crítico Antonio Candido, foi publicada no primeiro número da revista Estudos Avançados.

Nosso objetivo então se clarificou, qual seja, o de compreender o presente como o resultado de uma superposição e recombinação de camadas históricas. Com efeito, passamos nessa região do sistema colonial ao sistema mundial de dependências no século XIX, ambos marcados pelo regime escravista e, naquele século, à montagem de um poderoso bloco político estamental-escravista que desembocou na República. Nesta, a precária sociedade permaneceu enquadrada na moldura do capitalismo *senzaleiro* – que de certo modo está aí, vigente. Daí os temas atuais serem tratados em perspectiva histórica: patrimonialismo, escravismo, exclusão social, coronelismo, populismo, pobreza, neopopulismo. Resultado desse circuito infernal, vivemos naquilo que o educador Anísio Teixeira caracterizou como “o país da miséria farta”, o eterno país do futuro...

Mas, traço positivo, a nossa é também uma história em que se registram inúmeras inconfidências, rebeliões, movimentos sociais de rebeldia e de inconformismo. Registre-se que ocorreram rebeliões de escravos *em quase todos os anos*. Como pontuou José Honório: esta é uma *História cruenta*, marcada pela contrarrevolução preventiva permanente, tendo desde 1850 a Conciliação como metodologia de dominação.

Concluimos que o grande desafio continua sendo o da implantação de uma *nova* sociedade civil efetivamente democrática e combativa, não essa democracia “dos mais iguais”...

Faoro e Florestan

Mas foi sobretudo à luz das teses de Florestan e de Faoro, o autor de *Os donos do poder*, que analisamos os séculos XIX e XX. O sociólogo-historiador delineou com clareza e rigor conceitual os contornos de tal modelo socioeconômico em sua obra *A revolução burguesa no Brasil* (Fernandes, 1974), indicando os parâmetros desse modelo “fechado”, sua rigidez na esfera da dependência e da organização da sociedade. Em suas palavras:

Se burguesia não se identifica senão de maneira demasiado egoísta, estreita e provinciana com todo o processo, ela não concretiza nem seus “interesses de classe” nem os “interesses da nação”. Apenas parasita as formas econômicas do capitalismo, tornando-se duplamente pesadas espoliativas para a coletividade. (Fernandes, 1974, p.83)

Por seu lado, em outro quadrante teórico, o jurista-historiador Raymundo Faoro indicou os mecanismos que conduziram à estratificação do Estado patrimonialista, cristalizado em modelo (“sufocante”, como escreveu depois) que gera e alimenta os tais “donos do poder”, com sérios efeitos paralisantes no plano político-institucional, ideológico e sociocultural. Já na primeira edição de seu clássico *Os donos do poder*. Formação do patronato político brasileiro (Faoro, 1958, p.271), pontuava: “A principal consequência cultural do prolongado domínio do patronato do estamento burocrático é a frustração do aparecimento da genuína cultura brasileira”.



Florestan Fernandes (1920-1995) fez a Conferência do Mês do Instituto de Estudos Avançados da USP sobre o modelo autocrático-burguês no Brasil em 1987, recebeu homenagens e publicou artigos na revista Estudos Avançados.

Na combinação das duas perspectivas analíticas, de Florestan e Faoro, tem-se a chave para o deciframento dos impasses histórico-sociológicos e jurídico-ideológicos e para compreender-se *as limitações no Brasil do presente como História*, até os dias atuais. Que, de resto, incluem o governo liberal-democratizante de Fernando Henrique Cardoso e o governo neopopulista de Lula da Silva. Em ambos, uma vez mais o fantasma da Conciliação das elites se materializou, reforçando o *apartheid* econômico-social e político-cultural em que vive o país até a atualidade. Em suma, ao que se assistiu foram avanços aparentes “modernizantes” seguidos de regressismos perturbadores, que nos trazem aos dias de hoje.

A leitura do último e penoso capítulo de nossa *História do Brasil. Uma interpretação*, o capítulo 30 (seguido de breve e áspero posfácio em agosto de 2016), abrangendo de 2007 a 2015, e parte de 2016, permitirá talvez sugerir que a perspectiva de historiadores pode ser afinal de alguma valia. Ou, quando menos, ser utilizada para prevenir acidentes e desastres...

Enfim, após “diálogo” nem sempre presencial, porém fértil, com os historiadores, sociólogos, cientistas políticos, literatos, juristas e uns poucos economistas, de quem nos servimos como referência, cremos ter alcançado nosso objetivo. Qual seja, o de fornecer um painel amplo dos processos, personagens e vicissitudes históricas de nosso país, em linguagem relativamente clara, com sinalização por meio das epígrafes significativas, dos acontecimentos, do significado cada momento e da importância de determinados personagens. E demonstrar que, em nosso país, que se quer Nação, quase sempre vicejou, apesar dos pesares, uma Historiografia de alto nível, que ultrapassa em muito a mediocridade da vida político-institucional e cultural.

Na Editora 34, o livro terminava com três hipóteses para o futuro: a primeira, a de que não iria acontecer nada, permanecendo tudo como estava; a segunda, dada a crise que se aprofundava, a de que poderíamos desembocar numa Assembleia Nacional Constituinte (não apenas um Congresso Constituinte); a terceira, a de que, por um processo de educação político-cultural intensa e acelerada, entraríamos numa era de reformismo efetivo. Mas a primeira hipótese, de resto a que teria mais chances, era a de mudarmos um pouco... para continuarmos no mesmo lugar, como o coelho de Alice.

* * *

Agradecimentos, nesta etapa, ao amigo Paulo Markun (autor de *Nuñez Cabeza de Vaca, Meu querido Vlado e Brado retumbante*) e à minha ex-aluna Margareth Rago (autora de *Entre a história e a liberdade, Os prazeres da noite*), que comigo debateram o livro. Ao nosso editor Paulo Malta (da Editora 34, coautor do *post-scriptum*) e à nossa ex-editora Isabel Alexandre, editora do Sesc.

Notas

- 1 O livro passou, revisto e ampliado, para a Editora 34, a convite do editor Paulo Malta. E foi traduzido para a língua espanhola, por José Mauel Santos Perez, para a Editora da Universidade de Salamanca.
- 2 Segundo José Honório Rodrigues, *Conciliação* trata-se da metodologia finória das elites que se compõem para submeter as populações de suas clientelas.
- 3 *Modelo autocrático-burguês* é um conceito formulado por Florestan Fernandes. Diferencia-se do modelo democrático-burguês. Trata-se de sistema fechado de dominação econômico-social e política, desmobilizador de oposições.
- 4 *História cruenta* é noção consagrada pelo historiador Capistrano de Abreu e reelaborada por José Honório Rodrigues, em crítica às interpretações que compreendem a História do Brasil como democrática, de harmonia social, cordial e pacífica.
- 5 Historiografia: disciplina que estuda e sistematiza a História da produção histórica.

Referências

- FAORO, R. *Os donos do poder*. Formação do patronato político brasileiro. Porto Alegre: Globo, 1958.
- FERNANDES, F. *A revolução burguesa no Brasil*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1974.
- _____. *Sociedade de classes e subdesenvolvimento*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1968.
- HOBSBAWM, E. *Era dos extremos: o breve século XX (1914-1991)*. São Paulo: Cia. das Letras, 1995.
- MOTA, C. G. (Coord.) *Viagem incompleta: a experiência brasileira*. São Paulo: Senac, 2000. 2v.
- _____. *Ideologia da cultura brasileira (1933-1974)*. Pontos de partida para uma revisão histórica. Prefácio de Alfredo Bosi. 4.ed. São Paulo: Editora 34, 2014.
- MOTA, C. G.; LOPEZ, A. *História do Brasil*. Uma interpretação. Prefácio de Alberto da Costa e Silva. 5.ed. São Paulo: Editora 34, 2016.
- RODRIGUES, J. H. *Conciliação e reforma no Brasil*. Um desafio histórico-político. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1965.

RESUMO – O livro abrange o longo período do século XIV ao século XXI, analisando os principais traços de nossa História, considerando sistemas, modelos, estruturas e processos dos sucessivos períodos de nossa História: colonial, imperial e republicano. As análises detêm-se no exame dos modos de produção, das correspondentes formações político-sociais, e destaca algumas biografias de algumas personalidades significativas, entre outros, marquês de Pombal, Tiradentes, Tomás Antônio Gonzaga, José Bonifácio, Pedro I, Evaristo da Veiga, Amaro Cavalcanti, Juscelino Kubitschek, Fernando Henrique Cardoso e Luís Inácio Lula da Silva.

PALAVRAS-CHAVE: Historiografia, Autocracia burguesa, História cruenta, Conciliação.

ABSTRACT – The book covers the long period from the fourteenth to the twenty-first century, analyzing the main features of Brazil's history, considering the systems, models, structures and processes of successive periods of our history: colonial, imperial and republican. The analyses focus on examining the modes of production and the corresponding political-social formations, and highlights the biography of some significant personalities, including the Marquis de Pombal, Tiradentes, Tomás Antônio Gonzaga, José Bonifácio, emperor Pedro I, Evaristo da Veiga, Amaro Cavalcanti, Juscelino Kubitschek, Fernando Henrique Cardoso and Luís Inácio Lula da Silva.

KEYWORDS: Historiography, Bourgeois Autocracy, Bloodstained history, Conciliation.

Carlos Guilherme Mota é professor emérito da Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo e professor titular de História da Cultura da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Foi diretor do Instituto de Estudos Avançados da USP (1986-1988).

@ – cgsmota@terra.com.br

Recebido em 26.7.2018 e aceito em 19.8.2018.

¹Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, São Paulo, Brasil.



Foto Cecília Bastos / Arquivo Jornal da USP

Esta edição de Estudos Avancados é dedicada a Ernest Hamburger (1933-2018). Físico nuclear foi um dos criadores do Laboratório de Demonstrações do Instituto de Física da USP e diretor da Estação Ciência.