

História das Ciências e Didática

Jose Luis de Paula Barros Silva

Resumo

Muito se tem discutido acerca da importância da História das Ciências para a Educação em Ciências, por exemplo, que: motiva os estudantes, por humanizar as Ciências Naturais e as aproxima dos interesses dos grupos sociais; promove a reflexão e desenvolvimento do pensamento crítico sobre as ciências; aumenta a significação dos conteúdos de ensino das ciências; melhora a formação de professores de ciências e dos estudantes, por meio do esclarecimento do processo de elaboração do conhecimento científico e do seu papel social. Entretanto, pouco se tem discutido acerca das relações entre História das Ciências e Didática, esta entendida como o ramo da Pedagogia que trata especificamente do processo de ensino-aprendizagem. O propósito deste trabalho é argumentar em favor de uma relação necessária entre História das Ciências e Didática, mais especificamente, com os conteúdos de ensino. Para tanto, tomamos como evidente a historicidade das sociedades humanas e, conseqüentemente, da cultura, alinhando-nos a uma concepção particular de História das Ciências; explicitamos as relações entre as concepções de educação, ensino, Pedagogia e Didática, que adotamos; discutimos o processo de ensino-aprendizagem a partir de uma perspectiva histórico-cultural e o lugar dos conteúdos nesse processo — de modo geral e específico — para concluir com a tese de que a História das Ciências é parte necessária dos conteúdos de ensino das ciências. Por fim, propomos um modo como a História da Química pode fornecer o conhecimento químico de referência para a elaboração do conteúdo do processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de ácido, a título de exemplo de como o arcabouço histórico-didático-pedagógico apresentado pode ser utilizado em um caso concreto.

Palavras-chave: História da Ciência, Didática, conteúdos de ensino.

Abstract

Much has been discussed about the importance of History of Sciences for Science Education, for example, that: motivates students by humanizing Natural Sciences and bringing them closer to the interests of social groups; promotes reflection and development of critical thinking about sciences; increases the significance of science teaching content; improves the training of science teachers and students, by clarifying the process of elaborating scientific knowledge and its social role. However, little has been discussed about the relationship between History of Sciences and Didactics, the latter understood as the branch of Pedagogy that deals specifically with the teaching-learning process. The purpose of this work is to argue in favor of a necessary relationship between History of Science and Didactics, more specifically, with teaching contents. In order to do so, we take as evident the historicity of human societies and, consequently, of culture, aligning ourselves with a particular conception of the History of Sciences; we explain the relationships between the concepts of education, teaching, Pedagogy and Didactics, which we adopted; we discuss the teaching-learning process from a cultural-historical perspective and the place of contents in this process — generally and specifically — to conclude with the thesis that History of Sciences is a necessary part of science teaching contents. Finally, we propose a way in which History of Chemistry can provide the chemical knowledge of reference for the elaboration of the content of the teaching-learning process of the concepts of acid, as an example of how the historical-didactic-pedagogical framework presented can be used in a specific case.

Keywords: History of Science, Didactics, teaching contents.

INTRODUÇÃO

Tomamos como ponto de partida uma noção intuitiva de história: as pessoas, seus modos de pensar, sentir e agir, mudam ao longo do tempo; as sociedades e suas correspondentes culturas também se transformam. Sem mudanças tudo se resumiria a um eterno presente. Daí as noções dicionarizadas de

História como “conjunto de acontecimentos relativos ao passado da humanidade”¹ ou “narração metódica dos fatos notáveis ocorridos na vida dos povos, em particular, e na vida da humanidade, em geral”². Portanto, é de esperar que a História das Ciências trate do passado das ciências, entendidas como atividades culturais.

Um conceito mais elaborado de História das Ciências e que será adotado neste artigo, é como “o estudo da(s) forma(s) de elaboração, transformação e transmissão de conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades, em diferentes épocas e culturas”³. Sendo parte da cultura, a História das Ciências é, ela mesma, histórica.

Tal conceito indica que, como veremos adiante, a História das Ciências não se resume aos fatos notáveis relativos ao passado das ciências, mas a um intrincado conjunto de atividades que podem adquirir especificidade em cada campo da atividade científica.

No seu clássico artigo de 1992 (traduzido posteriormente para o português), Michael Matthews⁴ já considerava que a aproximação da História das Ciências com o Ensino de Ciências poderia contribuir para: motivar os estudantes ao trazer mais desafios e reflexões para as aulas, desenvolvendo o pensamento crítico; aproximar as ciências dos interesses dos grupos sociais ao considerar aspectos políticos, éticos e culturais do conhecimento científico; aumentar a significação dos conteúdos de ciências e reduzir sua memorização mecânica; melhorar a formação de professores de ciências e dos estudantes, por meio do esclarecimento do processo de elaboração do conhecimento científico e do seu papel social.

Ademais, considera-se importante que os estudantes compreendam as ciências como atividades coletivas contextualizadas e que, por isso mesmo, têm sido bem sucedidas na resolução de vários problemas sociais, embora limitadas e sujeitas à crítica^{5,6}.

Resultados coerentes com as afirmativas anteriores têm sido obtidos em situações de pesquisa, porém, a História das Ciências tem sido pouco empregada no ensino corriqueiro das ciências, conforme evidenciam as obras aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático. Apesar da exigência de que a dimensão histórica seja considerada na elaboração dos conteúdos das obras⁷, nota-se que, as poucas

¹ Antônio Houaiss & Mauro S. Villar, *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa* (Rio de Janeiro: Objetiva, 2001), s. v. “história”.

² Aurélio B. H. Ferreira, *Novo Aurélio Século XXI: o Dicionário da Língua Portuguesa* (Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999), s. v. “história”.

³ Maria H. R. Beltran, Fumikazu Saito & Laís S. P. Trindade, *História da Ciência para Formação de Professores* (São Paulo: Livraria da Física, 2014), 15.

⁴ Michael Matthews, “História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação,” *Caderno Catarinense de Ensino de Física* 12, nº 3, (1995): 164-214.

⁵ Ana P. B. da Silva & Andreia Guerra. Prefácio para *História da Ciência e Ensino: Fontes Primárias e Propostas para a Sala de Aula* (São Paulo: Livraria da Física, 2015): 9.

⁶ Laís S. P. Trindade et al., “História da Ciência e ensino: alguns desafios,” in *História da Ciência: Tópicos Atuais*, org. Maria H. R. Beltran, Fumikazu Saito & Laís S. P. Trindade (São Paulo: Livraria da Física, 2010): 119.

⁷ Brasil/Ministério da Educação, “Edital de convocação 04/2015 – CGPLI. Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o programa nacional do livro didático PNLD

informações históricas encontradas nos livros de Química para o Ensino Médio pouco contribuem para a elaboração dos conceitos que pretendem ensinar⁸.

Apesar da importância da História das Ciências para o Ensino de Ciências, pouco se tem discutido acerca das suas relações com a Didática, o que nos causa espanto, já que esta tem por objeto o processo de ensino-aprendizagem.

Neste ensaio, buscaremos explicitar tais relações, mais especificamente, as relações da História das Ciências com os conteúdos de ensino. O argumento se desenvolve do seguinte modo: em primeiro lugar, explicitamos as relações entre as concepções de educação, ensino, Pedagogia e Didática, que adotamos; secundamente, discutimos o processo de ensino-aprendizagem a partir de uma perspectiva histórico-cultural; passamos, então, a tratar dos conteúdos de ensino, dando destaque ao processo da sua seleção e ao papel dos conceitos nesses conteúdos, para concluir pela necessidade de uma relação entre História das Ciências e Ensino de Ciências.

Passando do plano geral ao específico, justificamos a adequação de conteúdos de ensino da Química para a Educação Básica e propomos um modo como a História da Química pode fornecer o conhecimento químico de referência para a elaboração do conteúdo do processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de ácido, a título de exemplo de como o arcabouço histórico-didático-pedagógico apresentado pode ser utilizado em um caso concreto.

EDUCAÇÃO, ENSINO, PEDAGOGIA E DIDÁTICA

Em sentido amplo, a educação consiste nos atos “de produzir, direta e intencionalmente, em cada indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos homens”⁹. Trocando em miúdos, a educação inclui “toda modalidade de influências e inter-relações que convergem para a formação de traços de personalidade social e do caráter, implicando uma concepção de mundo, ideais, valores, modos de agir” que preparam o indivíduo para atuar na sociedade a que pertence¹⁰.

O ensino constitui a parte do processo educativo voltada para o desenvolvimento intelectual do indivíduo, a partir do processo de ensino-aprendizagem de conhecimentos sistematizados relacionados às finalidades da educação¹¹.

A escola é o instrumento que cumpre o papel especial de socializar o conhecimento sistematizado a partir da seleção dos “elementos culturais que precisam ser assimilados pelos indivíduos da espécie

2018,” http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=39561-pnld-2018-edital-pdf&Itemid=30192.

⁸ Ver, por exemplo: Vera L. D. Novais & Murilo T. Antunes, *Vivá: Química* (Curitiba: Positivo, 2016).

⁹ Dermeval Saviani, *Pedagogia Histórico-Crítica: Primeiras Aproximações*, 11. ed. rev. (Campinas: Autores Associados, 2011), 13.

¹⁰ José C. Libâneo, *Didática*, 2. ed. (São Paulo: Cortez, 2013), 21.

¹¹ Libâneo, 22.

humana para que eles se tornem humanos” e, para tanto, elaborar os modos e meios para que o objetivo da educação seja alcançado¹². Por isso, o ensino também pode ser entendido como educação escolar¹³.

Uma vez que a educação sempre ocorre no interior de uma sociedade específica, tanto a educação em geral quanto a educação escolar encontram-se condicionadas por concepções e relações de toda ordem — sociais, econômicas, religiosas etc. — que vigoram nessa sociedade e nesse tempo.

A Pedagogia é a ciência da educação, tanto em sentido geral, quanto da educação escolar. Dada sua amplitude e natureza interdisciplinar, divide-se em áreas de conhecimento mais estritas, como: Filosofia da Educação, Sociologia da Educação, História da Educação, Didática, Currículo, entre outras.

A Didática é a ciência do ensino em geral, que se subdivide nas didáticas específicas, a exemplo da Didática da Química, da Geografia etc. A Didática estuda os aspectos fundamentais do ensino, suas possibilidades e seus modos de realização, em articulação com os objetivos pedagógicos, as teorias de aprendizagem, a organização escolar, as condições reais dos estudantes, os meios materiais disponíveis etc. De modo particular, articula-se com as epistemologias das várias matérias de estudo. Portanto, a Didática se constitui no movimento do geral pedagógico para o ensino de uma ciência particular, com princípios teóricos orientando ações de sala de aula e do retorno ao geral, com os resultados de aprendizagem corroborando ou revelando os limites dos princípios orientadores do ensino^{14,15}.

O objeto da Didática é o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos, o qual parte dos objetivos educacionais a serem alcançados, passa por planejamento, preparação, organização, direção e avaliação de atividades que visam a aprendizagem dos estudantes em dado contexto^{16,17}. Portanto, um episódio de ensino-aprendizagem envolve, obrigatoriamente, três elementos: professor/a: quem ensina; estudante: quem aprende; conteúdos de ensino: objeto das atividades de professor/a e estudantes.

Professor/a ensina, estudantes aprendem. Uma vez que ensino e aprendizagem são atividades centradas em atores diferentes, podem ser discutidos separadamente para fins teóricos, porém, sem esquecer sua interligação, pois todo ensino realizado por um/a professor/a tem como objetivo a aprendizagem dos/as estudantes. Por isso, quando se trata de educação escolar, costuma-se falar de ensino-aprendizagem. A teoria histórico-cultural tem, em língua russa, na qual foi inicialmente formulada, uma denominação específica para essa unidade de processos: *obutchenie*, “que pode ser definida como uma atividade autônoma da criança, que é orientada [intencionalmente] por adultos ou colegas e pressupõe,

¹² Saviani, 13.

¹³ Libâneo, 22.

¹⁴ José C. Libâneo, “Ensinar e aprender, aprender e ensinar: o lugar da teoria e da prática em didática,” in *Temas de Pedagogia: Diálogos entre Didática e Currículo*, org. José C. Libâneo & Nilda Alves, (São Paulo: Cortez, 2012), 35.

¹⁵ Libâneo, *Didática*, 25.

¹⁶ Anna M. P. de Carvalho & Daniel Gil-Pérez, *Formação de Professores de Ciências: Tendências e Inovações*, 10. ed. (São Paulo: Cortez, 2011).

¹⁷ Libâneo, *Didática*.

portanto, a participação ativa da criança no sentido de apropriação dos produtos da cultura e da experiência humana”¹⁸.

Prestes traduz *obutchenie* como instrução, alegando que a expressão ensino-aprendizagem não é a mais adequada, porque “em russo, essa palavra [*obutchenie*] implica uma unidade desses processos e a mera junção por um hífen de duas palavras não transmite [essa] ideia”¹⁹. Porém, cabe lembrar que, em língua portuguesa, o termo instrução denota ensino^{20,21} e, por isso, seu emprego para expressar a unidade dos processos de ensino e aprendizagem requer o esclarecimento adicional dessa pretensão. O termo *ensino-aprendizagem* foi cunhado para suprir a falta do vocábulo português que expresse tal unidade. Mais recentemente, propôs-se *ensinagem*²², termo que, até o momento, não se estabilizou na comunidade educacional. Alinhando-nos à tradição da área da Educação, empregaremos a expressão ensino-aprendizagem com o conceito de *obutchenie*.

Se o objetivo principal da educação é produzir a humanidade dos indivíduos e estando o ser humano inserido no mundo, faz-se necessária uma educação que desenvolva sua consciência crítica, possibilitando-lhes captar profundamente a realidade e transformá-la, produzindo história. Na próxima seção discutiremos uma concepção do processo de ensino-aprendizagem voltado para tal finalidade.

ENSINO-APRENDIZAGEM EM PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL

A consciência se manifesta quando os atos realizados pelo indivíduo atendem a necessidades intelectuais (não biológicas), orientados por interpretações profundas da realidade e tendo por base conhecimentos socialmente adquiridos²³.

A criticidade se refere: ao reconhecimento do mundo como um sistema dinâmico, articulado, passível de mudanças, que não se resume às aparências; à inquietude que busca a compreensão e a explicação; ao diálogo com a tradição, ao tempo que trabalha na produção do novo; à luta contra os preconceitos; ao reconhecimento do condicionamento social do homem, das próprias limitações e da busca de modos de ultrapassar seus limites^{24,25}.

¹⁸ Zoia Prestes, *Quando Não é Quase a Mesma Coisa: Traduções de Lev Semionovitch Vigotski no Brasil*, (Campinas: Autores Associados, 2012): 224.

¹⁹ Ibid.

²⁰ Houaiss & Villar, s. v. “instrução”.

²¹ Aurélio, s. v. “instrução”.

²² Léa G. C. Anastasiou & Leonir P. Alves, *Processos de ensinagem na Universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula*, 10. ed. (Joinville: Ed. Univille, 2015).

²³ A. R. LURIA, *Curso de Psicologia Geral* (Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979)

²⁴ Paulo Freire, *Educação e Mudança*, 36. ed. rev. (São Paulo: Paz e Terra, 2014).

²⁵ Saviani, *Pedagogia Histórico-Crítica*.

Psicologicamente, entendemos a consciência como uma estrutura íntegra, cuja atividade mobiliza um conjunto funções psíquicas, tais como: percepção, atenção, memória, pensamento e linguagem^{26,27}. Portanto, o desenvolvimento educacional da consciência crítica passa pelo reconhecimento, por parte do/a estudante, do papel de cada uma dessas funções e da sua interligação nas atividades que realiza. Por exemplo: se alguém não compreende algo, é por que lhe faltaram conhecimentos ou por que não prestou a devida atenção ao que foi explicado? Ao concluir onde está o problema, o/a estudante dá um passo na direção de sua solução.

As percepções são estruturas psíquicas resultantes da integração de sensações produzidas pela interação do indivíduo com o mundo externo, com as demais pessoas e o próprio organismo. Os órgãos dos sentidos atuam conjuntamente sobre o objeto da atenção, produzindo imagens íntegras na consciência, as quais podem ser armazenadas na memória. Esta constitui-se no conjunto de registros acerca das experiências porque passou o indivíduo, possibilitando-lhe acumular informações e tratar dessas experiências e/ou de parte de seus aspectos, mesmo após se encerrarem, ou seja: na sua ausência.

A atenção seleciona as informações consideradas mais importantes entre as várias e numerosas que são percebidas pelo indivíduo durante as interações. As informações selecionadas formam as percepções e os registros de memória. Quando o indivíduo se depara com um outro objeto ou situação, a consciência seleciona informações e as compara com aquelas contidas na sua memória, em busca de reconhecimento ou da constatação de que se trata de algo novo.

No intuito de comunicar-se, os seres humanos designaram os elementos do mundo por meio de signos, criando a linguagem. A vinculação de percepções elaboradas a expressões de um código linguístico estabelece estruturas mais complexas: os significados ou conceitos, que se articulam para formar os pensamentos, cada qual carregado de emoções, lembranças e desejos acerca do mundo. Assim, pensamento e linguagem se constituem de modo indissociável: para que o pensamento se torne público é preciso ser expresso por signos, mas o que pode ser expresso está limitado pelos signos existentes e pelas normas do código^{28,29}.

O processo de ensino-aprendizagem é, também, uma atividade comunicativa. Os conhecimentos são transmitidos de geração em geração por meio de linguagens, as quais são sempre significativas, mas, não imediatamente compreensíveis. Se o significado (conceito) de um signo não é compreendido, este é percebido como um sinal, apenas, a exemplo de um rabisco ou um som: a comunicação conceitual não se efetiva e a aprendizagem se restringe à expressão vazia.

²⁶ Luria, *Curso de Psicologia Geral*.

²⁷ L. S. Vigotski, *A Construção do Pensamento e da Linguagem*, 2. ed. (São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009).

²⁸ *Ibid.*

²⁹ Émile Benveniste, *Problemas de Linguística Geral* (São Paulo: Nacional; Edusp, 1976).

Cabe, então, ao/à professor/a chamar a atenção dos/as estudantes para os vários aspectos do funcionamento da consciência, planejar atividades para exercitá-los, solicitar que os/as estudantes descrevam os procedimentos que executam e avaliar o desenvolvimento das atividades intelectuais de cada um/a.

De sua parte, os/as estudantes precisam interiorizar as ações que realizam sob orientação do/a professor/a ou colegas, convertendo-as em descrições e explicações verbais, cotejando-as com as orientações recebidas, aprendendo e ganhando autonomia na sua realização.

Em termos psicológicos, a aprendizagem de conceitos é um processo de formação de novas estruturas psíquicas do ser humano. Ao longo do processo ontogenético de desenvolvimento intelectual, se verifica que os signos vão ganhando generalidade cada vez maior. Por exemplo: uma criança pequena aprende o termo colher a partir do objeto que é usado para lhe alimentar, ou seja: de início, o nome designa apenas um objeto. À medida que a criança vai ampliando suas experiências no mundo, o mesmo nome passa a ser empregado para diferentes colheres e este termo passa a designar muitos objetos diferentes, generalizando-se. Para tanto, as características distintivas do conceito mudam ou sofrem redução: se a primeira colher era reconhecida por seu uso, forma, material, tamanho e cores, nem todas essas características contam para os diferentes objetos que passaram a ser posteriormente reconhecidos como colheres, pois os traços que distinguem uma colher de outros objetos se reduzem a (i) o seu uso na alimentação e (ii) à sua forma arredondada e côncava.

A generalização faz com que a descrição produzida pelo conceito não corresponda exatamente a nenhum dos casos aos quais se aplica, mas a todos simultaneamente. Desse modo, o conceito funciona como classe ou categoria, agrupando sob sua expressão todos os casos que possuem determinadas características em comum. Por isso, as características distintivas de um conceito tornam-se critérios para a identificação de outros casos que possam ser inseridos na classe, funcionando, também, como instrumentos de predição.

A generalização atinge o seu grau máximo quando o ser humano passa a pensar em nível abstrato, operando com conceitos em termos linguísticos e sem recorrer às experiências concretas que lhes estão vinculadas, embora resquícios dessas experiências permaneçam na memória.

O conceito é abstrato, geral no sentido de que independe dos elementos específicos que os constituem. Por exemplo: o conceito de colher independe dos objetos específicos; o conceito de soma aritmética é independente dos números que estão sendo somados. Por isso, um conceito aprendido em uma situação pode ser transferido para outras situações que guardem algum tipo de similaridade com a original. Desse modo, o conhecimento de um conceito pode se desenvolver por ampliação de significados correlatos, ganhando maior generalização. Um outro modo pelo qual a estrutura psíquica do conceito se

desenvolve e generaliza ocorre quando um signo muda de significado, como ocorreu no caso do signo *ácido* ao longo do tempo, conforme será discutido adiante.

Conforme comentamos acima, o processo de ensino-aprendizagem ocorre em relação aos conteúdos de ensino.

CONTEÚDOS DE ENSINO

A educação escolar transmite aos estudantes conhecimentos selecionados e sistematizados de acordo com critérios didático-pedagógicos. Uma vez que estão no centro do processo educativo, os conteúdos de ensino estão sujeitos a todo tipo de influência e disputas de poder^{30,31,32,33}. Portanto, o processo para a sua seleção é complexo e o resultado, sendo o reflexo de relações sociais em dado tempo e lugar, não pode ser neutro.

Embora condicionados socialmente, os conteúdos de ensino — ou, simplesmente, conteúdos — estão sujeitos a escolhas do/as professores/as, posto que, ao fim e ao cabo, são eles/as quem os ensinam em sala de aula. Juntamente com Libâneo³⁴, comentaremos cinco critérios para a seleção de conteúdos de ensino pelos/as professores/as.

Em primeiro lugar, os conteúdos precisam ter correspondência com objetivos educacionais. Se a educação escolar visa o desenvolvimento da consciência crítica dos estudantes acerca da sociedade, de modo que possam atuar no sentido das transformações julgadas necessárias, os conteúdos devem contribuir para a percepção do mundo como um sistema dinâmico, histórico, heterogêneo, socialmente desigual, que pode ser conhecido, explicado e modificado, no qual os seres humanos agem intencionalmente, mas nem sempre explicitamente.

Segundamente, em termos gerais, os conteúdos devem fazer parte dos conhecimentos científicos atualizados acerca dos mundos natural e social, de modo que, os estudantes conheçam os estados mais avançados dos conceitos científicos que estudam. Contudo, cada conceito tem uma história e, para que os estudantes compreendam seu estado de desenvolvimento atual é preciso conhecer essa história. Claro está que as histórias dos conceitos devem ser didaticamente mediadas pois visam o atingimento de objetivos educacionais.

Terceiro, os conteúdos devem ser ensinados de modo sistemático, com relações explícitas entre os diversos conceitos, fenômenos e explicações. É necessário que os conteúdos possibilitem: desenvolver

³⁰ Maria I. Cunha, "Os conhecimentos curriculares e do ensino," in: *Lições de Didática*, org. Ilma P. A. Veiga, 5. ed. (Campinas: Papirus, 2014).

³¹ Libâneo, *Didática*.

³² Saviani, *Pedagogia Histórico-Crítica*.

³³ Alice R. C. Lopes, "Conhecimento escolar: processos de seleção cultural e de mediação didática," *Educação e Realidade* 22, nº 1 (1997): 95-112.

³⁴ Libâneo, *Didática*.

o estudo e a prática da descrição de objetos e situações; perceber relações causais e de outros tipos; a construção de explicações e argumentos.

Os conteúdos de ensino devem também ter relevância social, no sentido de contribuírem para a fundamentação da atuação prática dos jovens no âmbito social. A passagem da descrição da aparência do mundo para a sua explicação, com o emprego de conceitos explícitos e relacionados aos problemas de interesse dos estudantes, contribui para o aprofundamento do senso comum e a sistematização das experiências vividas.

Por fim, mas não por último em importância, os conteúdos devem ser compatíveis com os níveis de desenvolvimento intelectual efetivo — não presumido — dos estudantes. Por isso, os conteúdos devem ser sempre mais avançados que os conhecimentos com que os estudantes chegam à sala de aula, caso contrário, não haverá desenvolvimento intelectual.

CONTEÚDOS DE ENSINO DAS CIÊNCIAS E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

É no interior desse arcabouço teórico que a História das Ciências desempenha um papel essencial, porque a sistematização dos conteúdos de ensino se estabelece por meio dos conceitos que os compõem.

Quando seres humanos interagem com o mundo, deparam com problemas para compreendê-lo e transformá-lo e os conceitos são formados e/ou aprendidos nas tentativas de solucionar esses problemas.

Um conceito é explicitado por meio de suas características distintivas, as quais se encontram vinculadas aos casos — objetos ou coisas; situações ou estados de coisas relacionadas; tanto coisas quanto situações, podem ser estáticos ou dinâmicos — que constituem os problemas que dão origem ao conceito.

Por exemplo: os problemas para quantificar e a ordenar as coisas à nossa volta levaram à elaboração do conceito de número, cujas características são: indicador de quantidade e indicador de ordem. Os números nos auxiliam a compreender o mundo e a sociedade, ao resolver os problemas de como identificar e comparar quantidades e como ordenar coisas. De modo análogo, o conhecimento do conceito químico de dióxido de carbono pode auxiliar a compreender a composição da atmosfera, o aquecimento global, a asfixia etc.

Notemos que, para explicitar o conceito de número é necessário recorrer a outros conceitos: quantidade, ordem, indicador. Esses conceitos formam um sistema conceitual no sentido de formarem um conjunto de conceitos vinculados. O mesmo ocorre com todos os conceitos: cada um faz parte duma teia de relações com outros conceitos, formando sistemas.

Em vista do que expusemos acerca dos conceitos, notamos que contribuem para a sua elaboração: (a) aspectos externos ao ser humano, como: objetos e situações do mundo, aos quais cada conceito se refere; (b) aspectos internos: sensações, percepção, memória, sentimentos, desejos,

pensamentos etc., e (c) aspectos semióticos, como: expressões e textos em línguas naturais, expressões matemáticas, fórmulas químicas e signos de outros códigos. Numa situação de ensino-aprendizagem, tais aspectos estão vinculados aos órgãos de interação com o mundo e imersos nas relações entre professor/a e estudantes. Logo, a aprendizagem de um conceito pelos estudantes dependerá de como foram ensinados pelo/a professor/a a lidar com seus aspectos externos, internos e semióticos, o que requer o emprego das funções da consciência.

Ora, os conceitos das ciências que ensinamos nasceram das buscas de soluções para determinados problemas, em dado tempo, num certo lugar e em condições culturais específicas. À medida que foram sendo aplicados a outros problemas, foram se modificando, incorporando derivações e, por vezes, se alterando substancialmente³⁵. Conclusão: os conceitos científicos são históricos.

Portanto, somente a História das Ciências pode contribuir para o conhecimento de: (a) os problemas que deram origem aos conceitos científicos; (b) os procedimentos empíricos e os raciocínios empregados para solucionar esses problemas; (c) as características dos conceitos elaborados; (d) os novos problemas que os conceitos possibilitaram resolver e (e) as modificações conceituais consideradas necessárias para solucionar os novos problemas.

É evidente que a História das Ciências trata dos conhecimentos científicos, ou melhor: a história de cada ciência trata dos conhecimentos daquela ciência. Sendo assim, a História das Ciências fornece o conhecimento científico de referência para a elaboração dos conteúdos de ensino das várias ciências.

Os conhecimentos relativos a cada ciência encontram-se publicados em periódicos específicos. A História de uma dada ciência — por exemplo: a História da Química — pode selecionar e relacionar os artigos relativos a um determinado conhecimento científico — por exemplo: o conceito de ácido — esclarecendo suas origens e seus desenvolvimentos ao longo do tempo, explicitando seu processo de produção. *Essa história torna-se, então, uma referência para a seleção e elaboração dos conteúdos do ensino daquela ciência. Não se trata de uma opção, mas de uma necessidade, caso pretendamos um Ensino de Ciências mais crítico e mais compreensível.*

O ensino dos conteúdos de uma dada ciência orientado historicamente pode tratar da elaboração, transformação e transmissão do conhecimento científico, tecnológico, industrial dessa ciência e mais: pode situar a produção desse conhecimento no ambiente cultural de cada época, dando a conhecer as influências extracientíficas — políticas, econômicas, organizacionais, religiosas etc. — na produção de tais conhecimentos.

Em decorrência, cria-se a possibilidade de esclarecimento das ciências como atividades cujos realizadores — os cientistas — são pessoas de seu tempo e lugar, que aprenderam um ofício, de modo similar a tantas outras profissões. Tal percepção dos cientistas, pode contribuir para a compreensão que os

³⁵ Ver o exemplo dos conceitos de ácido, mais adiante.

conhecimentos científicos não foram produzidos por gênios, de modo que, não são mais difíceis que outros conteúdos escolares, o que pode motivar os estudantes ao seu estudo.

Uma ressalva: ensinar de modo historicamente orientado não soluciona todos os problemas de compreensão conceitual e desenvolvimento da consciência crítica, posto que os critérios pelos quais os artigos são selecionados e relacionados não são consensuais e há outros fatores envolvidos. Mas ajuda muito.

CONTEÚDOS DE ENSINO DA QUÍMICA E HISTÓRIA DA QUÍMICA

Os conhecimentos químicos atendem aos critérios de seleção para se tornarem conteúdos de ensino, porque podem contribuir enormemente na descrição e explicação do que acontece no mundo, tanto em relação à produção industrial quanto às teorias que explicam a composição e a transformação dos materiais. Articulada com outras ciências, os conteúdos de Química podem auxiliar na interpretação de fenômenos complexos, a exemplo da atuação de substâncias tóxicas em nosso organismo e do papel dos seres humanos na degradação ambiental.

Os conhecimentos básicos da Química são sistemáticos e possibilitam o estudo teórico e prático da composição e da transformação do mundo material; perceber relações causais na interação de diferentes substâncias; construir de explicações e argumentos acerca do comportamento dos materiais, em geral, e de parte de suas propriedades.

Os conteúdos de Química apresentam alta relevância social no tocante a assuntos relativos a vários temas de interesse da juventude, a exemplo de: aspectos hormonais da sexualidade; efeitos de medicamentos e substâncias psicoativas no organismo; alterações ambientais.

Considerando o caso do ensino da Química na Educação Básica, os conteúdos devem ser constituídos a partir de conhecimentos básicos que possibilitem o desenvolvimento da criticidade dos/as estudantes, porém, sem entrar em detalhes que sobrecarreguem o estudo e a aprendizagem, visto que tais detalhes só têm utilidade para aqueles que exercitam a profissão de químico. Como a Química não é estudada isoladamente, a seleção desses conteúdos está vinculada aos níveis dos demais conhecimentos estudados na Educação Básica: Português, Matemática, Física, História etc.

Conceitos químicos são parte do ramo da cultura que denominamos Química. As principais vertentes da Química são: a ciência, a tecnologia, a produção industrial, o comércio e o ensino, de modo que, os conceitos químicos, em sua maioria, são gerados no âmbito dessas atividades. Outra parte resulta da interação da Química com outras práticas sociais, a exemplo da Matemática, da Física etc.

A Química ensinada nas escolas da Educação Básica visa a formação geral dos estudantes, o que inclui dar a conhecer variados modos do ser humano interagir com o mundo e, assim, promover o desenvolvimento da consciência crítica. A Química do ensino superior junta a tais objetivos a formação

profissional. Nos dois níveis, ensinamos conceitos relativos a entes químicos a exemplo de substâncias e soluções; conceitos relativos a situações químicas estáticas, como: estados de agregação e de estruturas atômico-moleculares; e a situações químicas dinâmicas, como reações químicas e mudanças de fase.

Os conceitos químicos são históricos. Alguns tiveram origem em tempos imemoriais e foram ressignificados ao longo do tempo; outros, foram elaborados nos últimos séculos e, um terceiro grupo, nos últimos decênios. Porém, em geral, o ensino apresenta os conhecimentos químicos de modo anistórico³⁶, dando margem aos estudantes entenderem os conceitos como resultantes de lampejos de criatividade de gênios da ciência³⁷, dificultando a compreensão da sua elaboração, a aprendizagem e a crítica desses conteúdos pelos estudantes, já que não se percebem com a mesma genialidade dos cientistas.

A História da Química pode contribuir para o conhecimento de: (a) os problemas que deram origem aos conceitos químicos; (b) os procedimentos empíricos e os raciocínios empregados para solucionar esses problemas; (c) as características dos conceitos elaborados; (d) os novos problemas que os conceitos possibilitaram resolver e (e) as modificações conceituais consideradas necessárias para solucionar os novos problemas.

Desse modo, a História da Química pode explicitar as razões e os argumentos empregados nas elaborações conceituais, possibilitando aos estudantes compreender como se chegou aos conceitos químicos utilizados na atualidade.

As mudanças conceituais evidenciadas pela História da Química indicam que conceitos e teorias podem ser bem sucedidos na descrição, explicação e transformação do mundo, mas que também têm limitações. A História da Química ainda mostra que existiram muitas e variadas controvérsias acerca da compreensão da natureza — o conceito de átomo, por exemplo, foi objeto de uma controvérsia³⁸ — e que os modos pelos quais conceitos científicos se estabeleceram na comunidade dos cientistas são múltiplos. Por fim, a História da Química pode esclarecer a origem de algumas concepções alternativas aos conceitos cientificamente aceitos, a exemplo do calor como substância³⁹.

A próxima seção traz um exemplo de como a História da Química pode fornecer o conhecimento químico de referência para a elaboração do conteúdo do processo de ensino-aprendizagem do conceito de ácido na Educação Básica.

UM EXEMPLO: ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS DE ÁCIDO NA EDUCAÇÃO BÁSICA

³⁶ Ver, por exemplo, o conceito de ácido em: Martha R. M. da Fonseca, *Química: Ensino Médio*, 2ª ed. (São Paulo: Ática, 2016): 44.

³⁷ Imagem divulgada e reforçada em obras tais como: Stephen Hawking, *Os Gênios da Ciência* (Rio de Janeiro: Campus, 2004).

³⁸ Letícia S. Pereira & José L. P. B. Silva, "Uma história do antiatomismo: possibilidades para o Ensino de Química". *Química Nova na Escola* 40, nº 1 (2018): 19-24, http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_1/05-HQ-28-17.pdf

³⁹ Antoine-Laurent de Lavoisier, *Tratado Elementar de Química* (São Paulo: Madras, 2007).

Começamos pela verificação das características didático-pedagógicas do conceito de ácido.

Ácido é um termo bastante difundido na sociedade atual. Uma busca na rede mundial de computadores com o termo *ácido* forneceu resultados na casa do bilhão(!), o que é uma indicação da amplitude do emprego desse conceito. Boa parte desses resultados está relacionada ao seu ensino, a alimentos, a cosméticos, a limpeza, ao ambiente, entre outros assuntos.

O senso comum considera os ácidos como corrosivos, venenosos, causadores de queimaduras na pele^{40,41}, embora nem todos os ácidos tenham tais características, a exemplo dos ácidos presentes em materiais comestíveis e dos empregados na fabricação de cosméticos.

Portanto, o estudo dos ácidos pode contribuir para desenvolver a crítica dos estudantes a aspectos sociais relevantes, ainda mais porque no período da adolescência, os estudantes são introduzidos nas atividades dos adultos, aprendendo a lidar com materiais considerados perigosos e, a se interessar pelos padrões de beleza pessoal, que se vinculam fortemente ao controle da alimentação e ao uso de cosméticos.

Tal estudo pode abrir espaço para a discussão de temas mais amplos, como o uso adequado de medicamentos, a acidez dos solos e sua adequação à agricultura, a chuva ácida e a corrosão dos monumentos históricos, para citar alguns. Portanto, o conhecimento dos ácidos é de uma atualidade marcante.

A História da Química mostra que o conceito de ácido foi estabelecido há bastante tempo e se modificou ao longo dos séculos, passando pela caracterização exclusivamente empírica, seguida da caracterização por composição química; por composição química e reações de dissociação e associação; por estrutura atômico-molecular e reações de adição^{42,43}.

Cada conceito mostrou-se limitado, criando problemas que buscaram ser solucionados por um novo conceito, elaborado a partir de um novo raciocínio. Os conceitos de ácido foram se afastando da caracterização empírica e se tornando cada vez mais abstratos e gerais, reduzindo seu poder de classificar materiais.

Considerando que um dos objetivos da Educação Básica é formação crítica de cidadãos conscientes, mas não, a formação de químicos (salvo em curso técnicos especificamente orientados para tal fim), limitaremos o estudo dos ácidos na Educação Básica aos conceitos relativos ao período da antiguidade até o início do século XX — ou seja, até o conceito de Arrhenius — visto que os conceitos posteriores têm pouca aplicabilidade fora da Química.

⁴⁰ Houaiss & Vilar, s. v. "ácido".

⁴¹ Aurélio, s. v. "ácido".

⁴² Cíntia M. C. F. Lima & José L. P. B. Silva, "Contribuições do desenvolvimento histórico-cultural dos conceitos de ácido e de base para o Ensino de Química," *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* 20 (2020): 157-191, <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/15174/20104>.

⁴³ A discussão desta seção segue de perto aquela desenvolvida na ref. 42, acima, de modo que, evitaremos sua repetida citação visando dar maior fluidez ao texto.

Entretanto, mesmo dentro desses limites, os conceitos de ácido se vinculam a muitos outros e o estudo de seu sistema conceitual possibilita aos estudantes compreenderem como se estabeleceram os conceitos e suas relações.

Dito isto, detalhemos os conteúdos da proposta.

Etimologicamente, o termo ácido vem do latim *acidus*, que significa azedo, de modo que, o primeiro conceito de ácido é como *material de sabor azedo*, de modo que, o ensino pode começar por um problema prático: dado um conjunto de materiais comestíveis — no qual estão incluídos alguns com sabor azedo — classificá-los conforme o sabor. De fato, sabor, odor e cor foram propriedades empregadas na antiguidade como base para nomear materiais⁴⁴.

Esse experimento possibilita discutir as dificuldades em selecionar o componente do sabor que irá empregar como critério para classificar os materiais, posto que os sabores dos materiais naturais ácidos não são puramente azedos, mas incluem peculiaridades próprias de cada material e percebidas diferentemente por cada estudante. Relacionado a tais fatos, também se pode discutir as dificuldades de encontrar palavras para expressar os sabores de modo sucinto e, assim nomear as classes de materiais, os seja: dificuldades de partir da percepção para formular o conceito no pensamento e na linguagem.

Outro ponto importante é que as sensações em si mesmas são internas a cada indivíduo e não podem ser diretamente compartilhadas entre os estudantes. Para tanto, é preciso utilizar da linguagem, atribuindo nomes aos sabores, cujos significados podem ser diferentes para cada um, de modo que, nunca temos garantia de que duas pessoas diferentes estão falando de igual sensação. Desse modo, os estudantes podem ir adquirindo consciência acerca das relações entre pensamento e linguagem.

Note-se, ainda, que as sensações de sabor dos estudantes podem ser influenciadas pela identificação de materiais — por exemplo: vinagre, leite azedo, suco de limão — durante a realização do experimento, porque tal reconhecimento cria expectativas acerca do paladar.

Por fim, é preciso discutir o perigo de classificar materiais, em geral, pelo paladar ou por ingestão. Nesse caso, pode-se apresentar informações acerca dos efeitos de alguns ácidos sobre a epiderme, a exemplo dos ácidos nítrico e sulfúrico, para exemplificar tais perigos.

Os estudos dos materiais se desenvolveram ao longo dos séculos em muitos lugares e com objetivos variados^{45,46,47}. Entendemos que temas como a alquimia e a iatroquímica são importantes para a formação geral dos estudantes, pela riqueza de relações da manipulação da matéria com outros elementos culturais, como: a filosofia, o misticismo, a medicina, o desenvolvimento de técnicas e equipamentos de

⁴⁴ Maurice P. Crosland, *Historical Studies in the Language of Chemistry* (New York: Dover, 1978).

⁴⁵ Ana M. Alfonso-Goldfarb et al., *Percursos de História da Química* (São Paulo: Livraria da Física, 2016).

⁴⁶ Henry M. Leicester, *The Historical Background of Chemistry* (New York: Dover, 1971).

⁴⁷ James R. Partington, *A Short History of Chemistry* (New York: Dover, 1989).

laboratório, a representação simbólica etc. Contudo, os ácidos não desempenharam papel central nesses estudos, de modo que, sugerimos que tais temas não sejam especificamente desenvolvidos conjuntamente durante o ensino dos seus conceitos.

Somente em meados do século XVII os ácidos adquiriram maior proeminência como classe de materiais, embora sem uma sistematização satisfatória. Os estudos empíricos levaram a que os ácidos fossem caracterizados, não só pelo sabor azedo, mas também por outras características, como: serem bons solventes; reagirem com outros materiais produzindo efervescência, calor e agitação; causarem mudanças de cor em extratos líquidos de origem vegetal.

Dando seguimento ao ensino, propomos a realização de experimentos adaptados dos relatos das críticas de Boyle⁴⁸ ao conceito de ácido para verificar se materiais ácidos apresentam todas as propriedades supracitadas. Na impossibilidade de reproduzir a qualidade dos materiais do século XVII, empregar materiais de uso atual em laboratórios químicos ou materiais de uso caseiro.

Note-se que a discussão dessas propriedades atribuídas aos ácidos requer relacionar o conceito de ácido a vários outros conceitos químicos: dissolução; reação química; efervescência; calor. Cada um desses conceitos tem uma história que se articula com a história dos ácidos.

Isso implica em fazer escolhas didáticas: ensinar o conceito de ácido por partes, à medida que os demais conceitos vão sendo ensinados ou ensiná-lo somente depois dos outros conceitos necessários para aprendê-lo terem sido estudados. Nossa escolha é pelo ensino gradual de conceitos imbricados e, ao se alcançar a forma considerada como historicamente mais avançada, produzir uma síntese do processo de desenvolvimento de cada conceito.

O aumento de características dos ácidos tornou seu conceito mais específico, reduzindo as possibilidades de inclusão de novos materiais nessa classe. Por outro lado, abriu possibilidades de diferentes compreensões e explicações do mundo. A relação entre a quantidade de características dos materiais vinculados ao conceito e sua generalidade é um aspecto importante dos conceitos e deve ser explorada no ensino, pois contribui para uma compreensão mais profunda do mundo e, portanto, para o desenvolvimento do pensamento crítico.

Paralelamente a esses estudos empíricos, desenvolveram-se noções teóricas dos ácidos como complementares e opostos aos álcalis, pelo fato de reagirem entre si formando sais neutros, ou seja: sais que não exibiam propriedades ácidas ou alcalinas. Complementaridade e oposição se unificaram na noção de neutralização mútua dos ácidos e dos álcalis, conceito ainda empregado hoje.

⁴⁸ Robert Boyle, *Experiments, notes etc. about the mechanical origine or production of divers particular qualities: among which is inserted a discourse of the imperfection of chymist's doctrine of qualities; together with some reflections upon the hypothesis of alkali and acidum* (Oxford: Davis Bookseller, 1675), <https://archive.org/details/experimentsnotes00boyl/page/n8>.

Isso requer um ensino que parta de fatos empíricos adotados como premissas para uma argumentação que conclua pela formulação dos conceitos de complementaridade, oposição e neutralização. Um experimento de reação de neutralização pode ser realizado com materiais comestíveis — por exemplo: reação de solução de suco de limão com solução de bicarbonato de sódio — de modo que as mudanças de sabor da solução ácida sejam verificadas a cada adição do álcali. Um segundo experimento pode ser realizado com os mesmos materiais, porém sendo acompanhado por mudanças de cor de indicador ácido-base, para fins de comparação dos resultados. A percepção da diminuição gradativa do sabor azedo da solução ácida pode ser, então, interpretada como anulação ou neutralização mútua dos materiais ácido e alcalino. Como ácido e álcali se neutralizam, então, são opostos; como formam sais neutros, então, são complementares.

O conceito de neutralização ácido-álcali foi também elaborado na explicação da cura de doenças, no século XVII, e continua sendo empregado na explicação do alívio dos sintomas de problemas gástricos por leigos⁴⁹, fatos que possibilitam a discussão do conceito de ácido relacionado ao uso de medicamentos e à automedicação.

Outro aspecto importante a ser considerado no ensino é que, já no século XVII, se empregava uma noção de átomo para explicar reações de ácidos com álcalis e a formação de sais. Os átomos dos ácidos eram considerados como partículas que possuíam espículas — daí o seu sabor picante — ao passo que os átomos dos álcalis possuíam orifícios. Durante a reação, as espículas penetravam os orifícios e se partiam, produzindo átomos sem espículas nem orifícios, relacionados aos sais neutros.

Também é importante que os jovens de hoje, acostumados à altíssima velocidade da comunicação propiciada pelas tecnologias eletrônicas digitais, saibam que, no século XVII, a comunicação entre os cientistas e a disseminação das informações científicas para a população em geral ocorria de modo muito diferente do atual, o que influenciava fortemente na velocidade e no modo de produzir conhecimento científico, assim como, no seu acesso pelo público. A lentidão da comunicação também contribuía para que os estudiosos demorassem em alcançar um acordo, parcial ou consensual, acerca dos ácidos.

O fato de que cada um dos ácidos conhecidos naquela época não apresentava todas as características que lhes eram atribuídas, mas apenas parte delas, levou à proposição de um novo critério único e comum para a sua caracterização: causar mudanças específicas de cor em extratos líquidos de origem vegetal. Esse modo de identificar ácidos é empregado até hoje, embora as soluções de teste sejam outras.

Os estudos acerca dos materiais aumentaram de intensidade durante o século XVIII. A quantidade de materiais reconhecidos como ácidos aumentava. Os álcalis foram incluídos na classe das bases dos sais

⁴⁹ Érika L. de Freitas et al., "Perfil de utilização de antiácidos por usuários da farmácia universitária da UFMG, Belo Horizonte (MG)," *Informa* 18, n° 9/10 (2006): 36-40, <http://revistas.cff.org.br/?journal=infarma&page=article&op=view&path%5B%5D=240>.

neutros, as quais eram entendidas como as substâncias que reagiam com ácidos para formar sais neutros. Outras bases salinas eram os metais e os óxidos. Posteriormente, o termo foi abreviado para *base*, simplesmente.

A continuidade do ensino dos conceitos de ácido depende do conceito de composição química elementar. No século XVIII, se reconhecia a existência de mais de quatro elementos – água, terra, fogo e ar — pela constatação da pluralidade de águas (água forte, água régia, água de cal etc.), terras terra calcárea, terra pesada, terra de alúmen etc.) e ares (ar fixo, ar vital, ar respirável etc.)⁵⁰. O fogo já não era considerado elemento, embora se admitisse o calórico como uma substância associada à temperatura dos materiais. Em 1789, Lavoisier listou 33 substâncias simples no seu *Tratado Elementar de Química*, no qual afirmava: “Uma coisa muito notável é que, ensinando a doutrina dos quatro elementos, não há químico que, pela força dos fatos, não tenha sido levado a admitir um número ainda maior”⁵¹. Por substância simples, elementar, Lavoisier entendia “o último termo a que chega a análise”, ou seja: “as substâncias que ainda não pudemos decompor por algum meio”⁵².

Nessa época se estabeleceu a composição química elementar como critério de identificação dos materiais. Note-se que composição não é uma característica empírica, perceptiva, mas teórica, o resultado da atribuição de significados a dados empíricos. Se dado material é submetido a estímulos fortes, como o aquecimento, e produz substâncias não decomponíveis, elementares, então, conclui-se que o material é composto por esses elementos⁵³.

Também foi elaborada a noção de que determinados elementos seriam responsáveis por propriedades dos materiais de cuja composição faziam parte. A busca pelo princípio (elemento) acidificante aliada à constatação experimental de que, em reações de combustão se formavam ácidos, levou à proposição do ar respirável (atual gás oxigênio) como o responsável pela formação de ácidos. Daí sua nova denominação como oxigênio que, em grego, significa gerador de ácidos. Enfim, no final do século XVIII foi proposto que todo ácido deveria ter oxigênio na sua composição.

Do nosso ponto de vista didático, o conceito de composição química elementar deve anteceder o ensino do conceito de ácido, posto que, é um dos critérios de classificação das substâncias químicas⁵⁴.

A formação de ácidos em reações de combustão pode ser facilmente demonstrada em laboratório escolar com materiais de fácil aquisição, como carvão e enxofre, reproduzindo-se experimentos de Lavoisier

⁵⁰ Lavoisier.

⁵¹ Ibid., 20.

⁵² Ibid., 21.

⁵³ O raciocínio está obviamente simplificado, mas o argumento está, essencialmente, correto. Nosso objetivo, ao apresentá-lo, é distinguir o conceito de composição de outros conceitos como: sabor, dissolução, mudança de cor, que são de base perceptiva.

⁵⁴ Cíntia M. C. F. LIMA & José L. P. B. Silva, “Classificação das substâncias químicas: um conceito pouco explorado,” *Química Nova* 44, nº 4 (2021): 484-492, <http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/v44n4a11.pdf>.

e testando-se os produtos da reação com indicadores ácido-base. Mas, como no caso anterior da neutralização ácido-álcali, o cerne do ensino deve consistir na elaboração do argumento que leva à conclusão de que todo ácido deve conter oxigênio na sua composição.

Os estudos de Lavoisier sobre os ácidos se confundem com a própria identificação da porção respirável do ar atmosférico como um elemento químico, uma descoberta que foi objeto de controvérsia⁵⁵. O ensino do conceito de ácido, então, possibilita introduzir os estudantes nas controvérsias científicas, explicitando um aspecto importante da produção de conhecimento científico⁵⁶.

A invenção da pilha eletroquímica, em 1800, possibilitou decompor materiais até então considerados simples e a descoberta de novos elementos químicos. Descobriu-se que alguns materiais que exibiam propriedades ácidas não continham oxigênio em sua composição, mas, hidrogênio, dando origem a dois conceitos de ácido: oxiácido e hidrácido. Tal situação perdurou até o final do século XIX.

A eletrólise de soluções de ácido clorídrico, por exemplo, possibilita decompô-lo e fornecer um exemplo de hidrácido aos estudantes. Contudo, esse experimento requer equipamento sofisticado para laboratórios escolares, além de produzir cloro, que é um gás tóxico. Uma solução seria realizar a eletrólise da água e, por analogia, discutir a eletrólise de hidrácidos, usando, inclusive, dados de fontes históricas. Nesses casos, a argumentação constitui o cerne do ensino.

Para finalizar o ensino dos conceitos de ácido na Educação Básica, trataremos dos ácidos de Arrhenius, conforme ficaram conhecidos. Em 1884, Arrhenius publicou sua tese acerca da teoria da dissociação eletrolítica, cuja parte experimental incluiu medidas de condutividade elétrica de soluções ácidas, básicas e salinas. Um dos pressupostos dessa teoria era que, em solução, os compostos se dissociavam em partes eletricamente complementares, de modo que, a solução permanecia neutra. Arrhenius propôs que ácidos deveriam dissociar em solução produzindo íons hidrogênio (atual hidrônio) e bases deveriam dissociar em solução produzindo íons hidroxila e, então a reação entre ácido e base se resumia à combinação desses dois íons para formar água. Desse modo, pode explicar que reações entre ácidos e bases distintos liberavam a mesma quantidade de calor por ser a mesma reação, independentemente de outros aspectos da composição química.

Note-se que o conceito de ácido de Arrhenius inclui tanto hidrácidos quanto oxiácidos, porém, a partícula ácida característica é o íon hidrônio. Ácidos de Arrhenius podem ser caracterizados empiricamente pela mudança de cor que produzem nos indicadores ácido-base, pela condução elétrica, pela neutralização por bases de Arrhenius e por terem hidrogênio em sua composição.

⁵⁵ Carl Djerassi & Roald Hoffmann, *Oxigênio* (Rio de Janeiro: Vieira e Lent, 2004).

⁵⁶ Fernanda Veneu & Marcelo B. Rocha, "Uma sequência didática para a percepção de controvérsias em sala de aula: formando professores," *Revista Ciência & Ideias* 12, nº 1 (2021): 243-255, <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/1355/1155>.

O conceito de íon requer a noção de átomo divisível, estruturado, de carga elétrica, eletricidade positiva e negativa, condutividade eletrolítica, estrutura de soluções, dissociação eletrolítica, estrutura molecular, ligação química, enfim, bastante mais conhecimento físico-químico. Por isso, seu ensino torna-se muito mais complexo, mas tem a vantagem de ser um bom exemplo da complexidade das teorias científicas.

Demonstrações de condutividade de soluções ácidas podem ser realizadas com equipamentos simples, embora a medida dos valores exija instrumento especializado. Esses são os dados empíricos a partir dos quais se pode desenvolver o argumento teórico da dissociação eletrolítica, requerendo maior abstração e complexidade de raciocínio que os conceitos de ácidos anteriores. É um bom exercício de desenvolvimento argumentativo, no qual se cruzam vários conceitos teóricos relativos a entes não sensíveis (p. ex.: átomo, elétron, íon, ligação química) e, sendo assim possuem menos concretude que conceitos de ácido relacionados a aspectos sensíveis, como: sabor azedo, mudanças de cor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exemplo citado apresenta, na sua plenitude, as relações entre História das Ciências e Didática. A consideração da história do conceito de ácido como referência para a seleção e organização dos conteúdos de ensino de Química para a Educação Básica possibilita expor os fundamentos da importância dos ácidos na sociedade atual, promovendo uma compreensão mais crítica do mundo e relacionando os ácidos a temas de interesses dos adolescentes.

Ao expor os problemas que deram origem aos diferentes conceitos de ácido, possibilita sua melhor compreensão.

O exemplo também põe em discussão o processo de seleção de conteúdos e adequação ao nível de ensino pretendido, com base em critérios didático-pedagógicos. Embora a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional estabeleça entre as finalidades do Ensino Médio a “preparação para o trabalho” e “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos”⁵⁷, a finalidade primordial da Educação Básica é assegurar às pessoas “a formação comum para o pleno exercício da cidadania, oferecendo as condições necessárias para o seu desenvolvimento integral”⁵⁸. Por isso, conceitos de ácido que têm sua aplicabilidade restrita ao trabalho específico dos químicos não devem ser estudados nesse nível educacional.

⁵⁷ BRASIL. *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996*, Art. 35, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394compilado.htm.

⁵⁸ BRASIL, *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica* (Brasília, DF: MEC/SEB, 2013): 20, http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192.

O ensino dos conceitos de ácido se desenvolve numa abstração crescente, da caracterização exclusivamente perceptiva — o sabor azedo — às inferências da composição e dissociação eletrolítica a partir de dados empíricos elaborados: no ensino dos conceitos de oxiácido, hidrácido e ácido de Arrhenius, a percepção fica bem no início de uma cadeia de argumentos complexos que se fazem necessários para a formulação final desses conceitos.

O sistema conceitual, cada vez mais complexo, necessário à compreensão do ácido como classe de materiais — e que, por limitações de espaço, não foi possível desenvolver neste artigo — é um bom exemplo de como conceitos científicos são elaborados e de como os conceitos se modificam ao longo do tempo. Por isso, pode ser utilizado para a discussão da própria noção de sistema conceitual em geral, possibilitando aos estudantes a concepção de inter-relacionamento dos conhecimentos em sentido amplo.

Por fim, a história do conceito químico de ácido possibilita fundamentar o senso comum acerca dos ácidos: ácidos são corrosivos porque dissolvem materiais, como metais, carbonatos, óxidos e outros materiais. O ácido muriático (clorídrico) é comumente vendido como produto de limpeza, para retirar crostas de cimento por dissolução; o ácido fosfórico, para limpar ferrugem. Entretanto, nem todos os ácidos são corrosivos.

Embora os materiais classificados como tendo sabor ácido tenham sido comestíveis, outros posteriormente incluídos nesta classe são, de fato, nocivos à saúde, justificando sua caracterização como venenosos.

Essa riqueza do processo de ensino-aprendizagem só se torna possível pela consideração da necessária relação entre História das Ciências e Didática das Ciências, especificamente, considerando a História das Ciências como parte necessária dos conteúdos de ensino das ciências e submetida a um teoria didático-pedagógica.

AUTOR

Jose Luis de Paula Barros Silva

joseluis@ufba.br