

Elementos de História e Filosofia da Química Segundo Professores do Ensino Médio: relações química/sociedade

*Elements of history and philosophy of Chemistry according to high school
teachers: relations between chemistry and society*

*Elementos de historia y filosofía de la química según profesores de secundaria:
relaciones química/sociedad*

Marcos Paulo Hirayama (marcospaulohirayama@gmail.com)
Centro de Educação Profissional de Campinas (Ceprocamp)
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6538-4725>

Paulo Alves Porto (palporto@iq.usp.br)
*Departamento de Química Fundamental – Instituto de Química – Universidade de São Paulo
(IQ-USP)*
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5001-2742>

Resumo

Neste trabalho, investigou-se a apropriação de elementos da história e da filosofia da química por cinco professores do Ensino Médio, por meio da discussão de atividades integrantes do material didático componente do *Currículo do Estado de São Paulo*. A questão de pesquisa centrou-se, basicamente, na verificação de dois aspectos: quais elementos de história e filosofia da química eram considerados relevantes pelos docentes para discussão em sala de aula; e em que medida tais elementos se relacionavam com aspectos atuais da interface entre filosofia da química e ensino de química. Para tanto, tomou-se como referência os níveis de complexidade para o ensino de química descritos por Sjöström e Talanquer. A partir de uma abordagem exploratória qualitativa de estudo de caso, foram entrevistados cinco professores de química da rede pública de ensino que se voluntariaram para participar da pesquisa. Os resultados evidenciaram que, de modo geral, embora os professores considerem relevantes determinados assuntos relacionados à história e filosofia da ciência e afirmem inseri-los, em alguma medida, em suas práticas, os motivos pelos quais conferem importância a algumas discussões podem limitar a compreensão dos estudantes acerca da complexidade da ciência. Os professores apontaram que desenvolvem (ou já

desenvolveram) em sala de aula atividades que abordam diversos contextos relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico, bem como questões ambientais, o que indica a influência do enfoque ciência-tecnologia-sociedade-ambiente na elaboração de materiais didáticos e orientações curriculares a partir da década de 1990. O referencial de Sjöström e Talanquer se mostrou útil para analisar os discursos empregados pelos professores para descrever suas motivações, objetivos e práticas, permitindo constatar que, embora as ideias desses profissionais se situem, em princípio, no nível da química aplicada, por vezes avançam para o campo da socioquímica. O trabalho no nível da química crítico-reflexiva encontra obstáculos para sua concretização, tais como as demandas focadas em conteúdos voltados aos vestibulares. Os resultados podem fornecer contribuições para a formação de professores, no sentido de promover reflexões sobre aspectos da história e da filosofia da química (tal como a centralidade da síntese química e seu impacto na transformação da realidade material) e acerca dos próprios objetivos do ensino de química voltado à construção da cidadania.

Palavras-chave: História e Filosofia da Química. Atividade docente. Relações entre Química e Sociedade.

Abstract

This paper examines the inclusion of theoretical elements taken from the History and Philosophy of Chemistry in the discourses of five Brazilian high-school teachers by means of the discussion of didactic activities from the *São Paulo State Curriculum*. The research aim focused basically on the verification of two aspects: which elements of History and Philosophy of Chemistry the teachers considered relevant to discuss in the classroom; and to what extent such elements were related to current features of the philosophy of chemistry/chemistry teaching interface. So as to accomplish such a goal, the levels of complexity for chemistry teaching described by Sjöström and Talanquer were used as a reference. Based on a qualitative and exploratory case-study approach, five chemistry teachers from the Brazilian public school system who volunteered to participate in the research were interviewed. Results showed that although teachers as a whole consider certain issues related to the History and Philosophy of Science as relevant, and seek to include them in their practices somehow, the reasons why they attach importance to some discussions may limit students' understanding of the complexity of science. The sample of teachers pointed out that they usually develop – or have already developed – in their classes activities which address the multiple contexts related to scientific and technological development, as well as environmental issues, something which indicates the influence of the science-technology-society-environment approach in the elaboration of teaching materials and curriculum guidelines from the 1990s onwards. Sjöström and Talanquer's theoretical framework proved to be useful to analyze teachers' discourses as far as their motivations, objectives, and practices are

concerned. By and large their ideas are located at the level of applied chemistry, advancing sometimes to the sociochemistry field, though. Their work at the level of critical-reflexive Chemistry encounters obstacles to be carried out, such as those demands focused on the teaching of content for university entrance exams. The results obtained in this research can provide useful contributions to teacher education or teacher training by promoting reflections on aspects of the History and Philosophy of Chemistry – such as the centrality of chemical synthesis and its impact on the transformation of material reality – and the very objectives of citizenship-oriented Chemistry teaching.

Keywords: History and Philosophy of Chemistry. Teachers' activities. Chemistry and Society.

Resumen

En este trabajo se investigó la apropiación de elementos de la historia y filosofía de la química por parte de cinco profesores de secundaria mediante la discusión de actividades didácticas que forman parte del *Currículo del Estado de São Paulo*. El objetivo era identificar qué elementos de la historia y filosofía de la química fueron considerados relevantes por los profesores para su discusión en el aula, y si estos elementos estaban relacionados con aspectos actuales de la interfaz entre filosofía de la química y enseñanza de la química. Se tomaron como referencia los niveles de complejidad para la enseñanza de la química descritos por Sjöström y Talanquer. Siguiendo un enfoque de estudio de caso exploratorio y cualitativo, se entrevistó a cinco profesores de química de escuelas públicas que se ofrecieron como voluntarios para participar en la investigación. Los resultados mostraron que, en general, si bien los profesores consideran relevantes los temas relacionados con la historia y la filosofía de la ciencia y, en cierta medida, buscan insertarlos en sus prácticas, las razones por las que valoran algunas discusiones pueden limitar la comprensión de los estudiantes sobre la complejidad de la ciencia. Los docentes señalaron que desarrollan, o ya han desarrollado en sus clases, actividades que abordan los múltiples contextos relacionados con el desarrollo científico y tecnológico, así como la temática ambiental, indicando la influencia del enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente en la elaboración de materiales didácticos y directrices curriculares desde la década de 1990. El marco de Sjöström y Talanquer demostró ser útil para analizar los discursos de los profesores sobre sus motivaciones, objetivos y prácticas. En general, sus ideas se ubican en el nivel de la química aplicada, pero en ocasiones avanzan a la socioquímica. El trabajo en el nivel de química crítico-reflexiva encuentra obstáculos para su realización, como las demandas centradas en los contenidos para las pruebas de acceso a la universidad. Los resultados también pueden aportar contribuciones a la formación del profesorado al promover reflexiones sobre aspectos de la historia y la filosofía de la

química (como la centralidad de la síntesis química y su impacto en la transformación de la realidad material) y los objetivos de la enseñanza de la química orientada a la ciudadanía.

Palabras clave: Historia y Filosofía de la Química. Actividades docentes. Relaciones entre Química y Sociedad.

Introdução

O reconhecimento da complexidade da ciência tem originado propostas para um ensino que valorize as especificidades das disciplinas científicas (Irzik & Nola, 2011). No que tange à educação em química, pesquisadores têm discutido a relevância do papel da reflexão acerca dos métodos, valores, objetivos e produtos próprios dessa ciência, bem como sobre sua história e filosofia no aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem (Barbosa & Aires, 2017, 2018; Erduran, 2007; Erduran & Scerri, 2002; Porto, 2019; Talanquer, 2013). Pesquisas apontam que considerar aspectos contextuais e promover concepções mais adequadas sobre a ciência e o trabalho dos cientistas podem aumentar o interesse e a motivação dos estudantes por ciências (Corrêa, 2009; Dibattista & Morgese, 2013; King, 2012; Osborne, 2007).

Embora as recomendações em prol da utilização de elementos da história e filosofia da ciência (HFC) na educação científica não sejam recentes, investigações têm constatado que pouco ou nada é discutido em sala de aula a respeito da ciência e de seu papel na sociedade (Erduran & Mugaloglu, 2014; Höttecke & Silva, 2011). Para explicar esse fato, pesquisadores têm destacado a influência de crenças, atitudes, valores e concepções docentes na execução de propostas educacionais (Mellado, 2011; Wallace, 2014).

Diante de tais questões, o presente trabalho tem como objetivo investigar a apropriação de elementos de HFC por professores de química do ensino médio, particularmente nas relações entre química e sociedade, por meio de um estudo de caso. Utilizou-se aqui a expressão *estudo de caso* em um sentido amplo, ou seja, entendida como “uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos” (Yin, 2005, p. 32). Assim, foram entrevistados

cinco docentes que atuam na rede pública de ensino do estado de São Paulo. Como referencial teórico, foram utilizados, além da literatura sobre as relações entre HFC e educação científica, estudos sobre as implicações da filosofia da química para o ensino.

Referenciais Teóricos

A Natureza da Ciência

A expressão *natureza da ciência* tem sido comumente utilizada por educadores para descrever abordagens da história, filosofia, sociologia e psicologia da ciência que podem vir a contribuir para o processo de ensino e aprendizagem em ciências.

McComas, Clough e Almazroa (1998) definiram *natureza da ciência* como uma arena híbrida e complexa que agrega conhecimentos de diversos estudos sociais sobre as ciências e pesquisas das ciências cognitivas, com vistas a obter uma melhor descrição sobre o que é a ciência, como ela funciona, de que modo os cientistas atuam e como a sociedade influencia os empreendimentos científicos e a eles reage.

Lederman (2007) e outros pesquisadores buscaram definir a natureza da ciência por meio de uma série de aspectos que, segundo eles, forneceriam uma descrição abrangente da atividade científica. Com base em concepções epistemológicas bastante difundidas, foram elaboradas listas de aspectos consensuais sobre a ciência a serem consideradas no momento de contato com os estudantes (Lederman, 2007; Osborne et al., 2003).

Outros autores, porém, apontam a dificuldade e a complexidade de se oferecer uma caracterização inequívoca da ciência e de seu desenvolvimento. Para Irzik e Nola (2011), por exemplo, a “visão consensual” supramencionada implica uma unicidade que não é própria da ciência, pois embora as inúmeras disciplinas consideradas científicas apresentem uma série de semelhanças, entrecruzamentos e sobreposições, também expõem importantes diferenças entre si no que tange a seus objetivos, valores e produtos, bem como em relação a suas práticas e metodologias.

Assim, se por um lado é reconhecido o potencial da abordagem de características consensuais da natureza da ciência em propiciar reflexões e discussões relevantes sobre a atividade científica, por outro são destacados os limites subjacentes à prática de se considerar questões sobre a ciência na escola somente a partir de uma lista de

características, as quais, supostamente, seriam suficientes para classificar determinado empreendimento como científico. A esse respeito, Matthews (2012) manifesta preocupação com a possibilidade desse conjunto de aspectos consensuais ser utilizado de modo dogmático, o que o levar a propor a reconceitualização da *natureza da ciência* em termos de *aspectos da ciência*, de modo a evitar as armadilhas de uma caracterização essencialista para as ciências.

Se o que se pretende é um ensino que contribua para o desenvolvimento de uma visão mais complexa sobre as ciências, é necessária a utilização de uma abordagem mais reflexiva do que o mero apontamento de afirmações acerca do que é ciência. Para tanto, é preciso estimular os estudantes a exercitar seu pensamento crítico a respeito de temas ou tópicos que tenham o potencial de gerar reflexões e discussões prolíficas sobre diversas questões relacionadas à construção da ciência. Cabe ressaltar que tais discussões podem eventualmente contribuir para evitar a disseminação de uma visão monolítica de ciência, a qual desconsidera as peculiaridades das diferentes disciplinas científicas. Ademais, desde a década de 1990 um número crescente de pesquisas na área de filosofia da química vem caracterizando as peculiaridades do pensar e do fazer químico em relação a outros ramos da ciência (Gois & Ribeiro, 2019), o que corrobora a idéia de que o estudo desses aspectos que diferenciam a química pode ter impacto significativo sobre o ensino dessa ciência.

A Abordagem de Aspectos Específicos da Química

A inclusão de elementos da HFC é recomendada para o ensino de química voltado à formação para a cidadania, podendo, de acordo com Erduran e Scerri (2002), melhorar o processo de ensino e aprendizagem dessa ciência. Erduran (2007) explica que enquanto determinadas habilidades são específicas para uma área, outras são consideradas gerais em certos campos, podendo algumas ainda serem entendidas como gerais para todos os domínios científicos. Com base nessa noção, defende a organização de ambientes de aprendizagem nos quais os estudantes possam desenvolver, avaliar e revisar conhecimentos químicos.

Em vista de tais questões, pode-se considerar que as habilidades e competências a serem desenvolvidas pelos estudantes na disciplina de química não se desvinculam da

aprendizagem dos modelos, leis e teorias, uma vez que tanto os procedimentos quanto os conhecimentos da química e sobre a química se desenvolveram em uma relação de dependência recíproca. Evidencia-se, portanto, a importância da inclusão de elementos da história e filosofia da ciência específicos do campo da química para a formação dos estudantes, a partir de situações e ambientes de aprendizagem baseados na investigação química e de discussões explícitas sobre a natureza desse conhecimento.

De fato, a filosofia da química pode contribuir para que os currículos escolares de química se aproximem de aspectos peculiares da atividade química, de sorte a tornar os conteúdos mais adequados ao público e aos objetivos que se têm em vista. A propósito, Izquierdo (2013) argumenta que o ensino de química deve se basear nas atividades dos profissionais e pesquisas da área.

Químicos estão, primariamente, devotados a conceber, compreender e controlar propriedades dos materiais e transformações químicas. Eles estão interessados nas linguagens, ações e pensamentos que transformam as relações dos fenômenos em entidades químicas, isto é, conceitos químicos. Parece razoável que a química escolar, concebida e realizada por professores, deva objetivar, paralelamente, o controle dos fatos químicos usando ações, linguagens e teoria (Izquierdo, 2013, p. 1638).

Tal perspectiva indica que o ensino deve caracterizar a química como um modo tanto de conhecer como de atuar, de sorte que os químicos, portanto, conhecem pelo fazer. A filosofia da química, por sua vez, tem mostrado que a química se caracteriza por seu modo de intervir no mundo, transformando a realidade ao criar novos materiais e substâncias. Pelo exposto, a compreensão da química perpassa a ideia de aprender *como* intervir no mundo e identificar as eventuais consequências de tal intervenção (Chamizo, 2013). Nesse sentido, alguns dos assuntos abordados pelos filósofos da química podem ser pertinentes no contexto de ensino escolar, como o papel da síntese química e suas consequências (Chamizo, 2013; Earley, 2004; Schummer, 1999; Talanquer & Pollard, 2010).

Uma das principais atividades dos químicos consiste na síntese de substâncias inexistentes ou não identificadas na Natureza. No início do século XIX, eram conhecidas

algumas centenas de substâncias; ao final do século XX, as substâncias catalogadas eram cerca de 19 milhões (Schummer, 1999). Como consequência, o campo de estudos da química vem aumentando continuamente, pois não é possível determinar ou prever todas as propriedades de cada nova substância – o que também acarreta problemas éticos decorrentes de eventuais riscos à saúde e ao ambiente (Schummer, 1999). O papel central da síntese química, contudo, nem sempre é apresentado em cursos introdutórios dessa ciência (Earley, 2004). Considerando que a caracterização dos objetivos e valores da química é parte integrante de sua compreensão, a ausência de aspectos como a centralidade da síntese química e os impactos das transformações da realidade material sobre a sociedade pode prejudicar seu ensino (Schummer, 1999).

A Filosofia da Química e o Ensino de Química

A partir das contribuições da história e da filosofia da química, diversos estudos têm discutido como a abordagem de aspectos específicos da química, como seu caráter aplicado e tecnológico, pode contribuir no aprimoramento de seu ensino e aprendizagem. Sjöström (2007), por exemplo, aponta que os químicos não têm como objetivo apenas explicar e compreender o mundo, mas também modificá-lo, criando novas substâncias e materiais. Em decorrência de sua natureza híbrida – tecnológica e científica – a química apresenta dimensões sociais, éticas, políticas e econômicas que a distinguem das outras ciências e que podem suscitar reflexões fundamentais a respeito das relações entre ciência e sociedade (Rozentalski & Porto, 2021).

Talanquer (2013), por sua vez, assevera que o currículo e as práticas educacionais devem considerar os modos característicos de pensar e fazer química, os quais foram muito influenciados por sua natureza tecnocientífica. Assim, ele acredita ser importante desenvolver nos alunos a habilidade de reconhecer e avaliar os impactos políticos, econômicos, ambientais e sociais decorrentes da produção e do consumo dos produtos tecnológicos da química.

Sjöström e Talanquer (2014) argumentam que no ensino de química tradicional, caracterizado pela ênfase nos modelos e conceitos científicos, há pouco espaço para a consideração de assuntos CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) associados à prática química. Assim, defendem que a educação em química promova a

compreensão dos estudantes acerca de como as ideias químicas podem ser utilizadas de modo a ensejar reflexões acerca de problemas sociais e ambientais existentes. É sob essa perspectiva que Sjöström e Talanquer (2014) descrevem quatro níveis de complexidade para o ensino de química, a saber: 0 – *pura química*: nesse nível a química é apresentada de forma descontextualizada; 1 – *química aplicada*: há, nesse nível, o uso de exemplos de aplicações para ilustrar a relevância da química; 2 – *socioquímica*: nesse nível há a utilização de análises epistemológicas e sociológicas do desenvolvimento da química, além de ênfase na tomada de decisões, com base na ciência, a respeito de questões presentes na interface entre química, tecnologia, sociedade e ambiente; e, por fim, 3 – *química crítico-reflexiva*: esse nível inclui reflexões sociocríticas e crítico-filosóficas sobre a produção e aplicação do conhecimento químico, pela análise, discussão e reflexão acerca das complexas interações entre química, tecnologia, sociedade e ambiente, sob pontos de vista socio-histórico-filosóficos integrados.

Nas entrevistas realizadas neste trabalho, foi possível identificar alguns desses níveis de complexidade na prática dos docentes, conforme será visto adiante.

Tendo por base os referenciais aludidos, apresenta-se aqui um estudo de caso, que consiste numa investigação a respeito do modo como os professores de química identificam e caracterizam eventuais relações entre química e sociedade em suas aulas, particularmente no que tange a seus objetivos, estratégias e importância que atribuem ao tema.

Metodologia

Optou-se, na presente pesquisa, pela investigação qualitativa, centrada na análise de entrevistas. Como referencial metodológico para a elaboração do instrumento de construção dos dados, fez-se uso das contribuições de Bogdan e Biklen (1994), concernentes à possibilidade de utilização de entrevistas em pesquisas de caráter qualitativo e à maneira de estruturá-las em consonância com as finalidades estabelecidas. Bogdan e Biklen (1994) pontuam, a esse propósito, que os dados coletados em uma pesquisa qualitativa devem ser analisados em toda a sua riqueza, evitando-se reduzi-los a meros símbolos numéricos. Acrescentam ainda que nesse tipo de abordagem o significado tem grande importância, sendo importante, desse modo, o

estabelecimento de estratégias e métodos que favoreçam a apreensão das perspectivas dos sujeitos participantes.

Para a coleta dos dados foi elaborado um roteiro de entrevista, cujas questões iniciais visavam a delinear o perfil de cada entrevistado e caracterizar seus objetivos ao ensinar. Outras questões tiveram como finalidade investigar suas práticas pedagógicas em relação a assuntos oriundos da natureza da ciência em geral e da química em particular. No momento de preparação de tais questões, foram definidas primeiramente as discussões sobre química e ciência que seriam o foco das entrevistas e, conseqüentemente, de toda a investigação.

Nesse sentido, a seleção dos temas para a construção das perguntas foi realizada com base em: a) estudos sobre aspectos da natureza da ciência em geral (Lederman et al., 2002; Osborne et al., 2003); b) discussões acerca das características específicas do conhecimento químico (Chamizo, 2013; Erduran & Scerri, 2002; Justi, 2010; Lemes & Porto, 2013; Talanquer, 2013; Vesterinen, 2012) e c) informações, capacidades e valores relativos à natureza da química, considerados relevantes para a formação integral dos estudantes do Ensino Médio (Sjöström & Talanquer, 2014). Ressalta-se que o foco do presente trabalho se restringe a um dos temas selecionados, a saber, relações entre química e sociedade, o qual constitui parte de um estudo mais amplo (Hirayama, 2015).

O critério para a escolha dos participantes da investigação foi sua atuação na rede pública de ensino. Considerando a pretensão de se utilizar, na elaboração do roteiro de entrevistas, algumas questões fundamentadas nos cadernos de atividades da rede estadual de ensino de São Paulo, era desejável que os sujeitos conhecessem e houvessem utilizado esse material. Desse modo, após aceitarem voluntariamente o convite para participar da pesquisa, foram entrevistados cinco professores de química atuantes no Ensino Médio de escolas públicas da região metropolitana de São Paulo, sendo quatro desses sujeitos (P1, P2, P4 e P5) professores da rede estadual e um deles (P3) profissional da rede municipal da Capital. Ressalta-se que embora P3 atue em uma escola do município e, por isso, não utilize em sua prática cotidiana o material didático proposto para o ensino de química na rede estadual, o docente já fez uso desse material para preparar atividades didáticas. Ademais, nenhum dos entrevistados declarou haver

recebido, em formação inicial ou continuada, instrução específica e atualizada em história e filosofia da ciência na forma de disciplinas ou cursos de especialização. A Tabela 1 apresenta os perfis dos professores entrevistados.

Tabela 1 - Caracterização dos sujeitos de pesquisa

Sujeitos	Formação	Carreira docente
P1	Bacharel e licenciado em Química.	Professor há 42 anos. Começou sua carreira no ensino superior. Depois de trabalhar em outras atividades, passou a lecionar em uma ETEC*. É professor na rede estadual desde 2004. Atualmente leciona 40 aulas semanais na ETEC e em uma escola estadual regular.
P2	Graduada em Ciências (habilitação em Química). Licenciada em Química. Mestra em Ensino de Ciências e Matemática.	Professora há 25 anos. Atuou como professora de ciências nas redes privada, estadual e municipal. Atualmente é professora efetiva da rede estadual, com carga horária de 28 aulas semanais de ciências e química. Atua também em uma instituição privada de ensino superior, na qual leciona, dentre outras, a disciplina de prática de ensino de química.
P3	Técnico Químico. Licenciado em Ciências (habilitação em Química). Bacharel em Comunicações das Artes do Corpo. Mestre em Artes.	Professor há 26 anos. Iniciou sua carreira lecionando ciências para o ensino fundamental em uma instituição privada. Atualmente atua no ensino médio e magistério da rede municipal de São Paulo, com carga horária semanal de 40 horas.
P4	Engenheira Química. Mestra em Alimentos e Nutrição. Licenciada em Química.	Professora de química há 20 anos. Iniciou a carreira docente nas redes privada e estadual. Atualmente ministra 32 aulas semanais de química na rede estadual. Eventualmente leciona também ciências e física.
P5	Bacharel e licenciada em Química.	Professora há 25 anos, primeiramente atuando em escola privada, depois na rede estadual regular e, posteriormente, em uma ETEC, como docente de disciplinas de química. Atualmente continua nas redes privada e estadual e na ETEC, com 57 aulas semanais.

*As ETECs são Escolas Técnicas Estaduais, distribuídas por 159 municípios do Estado de São Paulo.
Fonte: elaborado pelos autores.

Como apoio às perguntas sobre cada tema, foram utilizadas atividades que abordam aspectos da natureza da ciência e da química, presentes no material didático da rede estadual de São Paulo¹, assim como atividades produzidas com base nesse

¹ O material da rede estadual de São Paulo é composto pelos Cadernos do Professor e do Aluno, e integra a *Proposta Curricular do Estado de São Paulo* (SÃO PAULO, 2008). O material didático de química foi elaborado por pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Educação Química da Universidade de São Paulo (GEPEQ-USP). Seus autores preconizam a importância de se compreender “os processos químicos em estreita relação com suas aplicações tecnológicas, ambientais e sociais (...)” (SÃO PAULO, 2011, p. 126).

material e em outros estudos na área da educação científica. Na Tabela 2 estão descritas as atividades, as questões e os objetivos referentes ao tema *química e sociedade*.

Tabela 2 - *Objetivos das questões do roteiro de entrevista e respectivas atividades.*

Atividades	Questões	Objetivos
Situação de Aprendizagem 02: Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio (Material da rede estadual de São Paulo, 3ª série EM, v. 1, Caderno do Aluno, p. 9-19).	- O que pensa sobre essa proposta? - Fez essas atividades em sala de aula? Por quê? Como as desenvolveu? Quais modificações fez nelas? Qual o seu principal objetivo ao abordar essa questão?	Investigar se os docentes abordam os aspectos históricos, econômicos e culturais associados ao desenvolvimento da síntese da amônia e se colocam a compreensão desses assuntos entre os seus objetivos.
Atividade elaborada pelos autores com base na Situação de Aprendizagem 02: Estudo da síntese e da produção industrial da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio.	- O que você pensa sobre discutir os motivos por que a Alemanha estava interessada na produção de amônia no início do séc. XX; o contexto político e econômico da Europa na época; e as múltiplas demandas relacionadas à obtenção da amônia? Por quê? - Qual sua opinião sobre discutir a interdependência entre ciência e tecnologia, bem como as relações entre pesquisa básica e aplicada? Você a realizaria em sala de aula? Por quê? Faria de outro modo? Qual? - O que você pensa sobre discutir a importância da autossuficiência na produção da amônia; os problemas ambientais e de saúde decorrentes da utilização intensiva de fertilizantes químicos; e questões éticas envolvidas na síntese de uma substância química? Você realizaria essa atividade em sala de aula? Por quê? De que outro modo você a faria?	Investigar o interesse e a prática dos docentes em relação a questões como: as relações simbióticas entre a química e a indústria; a pesquisa guiada pela exigência da agricultura e da indústria; o papel da tecnologia na síntese de Haber-Bosch; os fatores éticos envolvidos no desenvolvimento desse processo; e as implicações ambientais e sociais dele decorrentes.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diversos encontros individuais com os entrevistados foram realizados nas escolas onde lecionam. Foram apresentados os objetivos da pesquisa e um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o qual foi lido e devidamente assinado pelos participantes. As entrevistas foram registradas em áudio, sendo, em seguida, transcritas

na íntegra. Salienta-se que a interpretação do material obtido seguiu as orientações fornecidas por Bogdan e Biklen (1994) e Duarte (2004). Simultaneamente à transcrição, houve a anotação de comentários preliminares referentes a algumas falas dos sujeitos, principalmente aquelas concernentes ao processo de ensino e aprendizagem e aos temas abordados.

Tomando-se por base essa tarefa inicial, obteve-se o perfil dos sujeitos entrevistados e iniciou-se o processo de organização das falas dos docentes nos eixos temáticos previamente estabelecidos. Primeiramente, agruparam-se sob os temas as respostas que faziam referência direta a discussões sobre aspectos da natureza da química e da ciência. Desse modo, foi possível segmentar e organizar as unidades de significação dentro dos temas estruturados de antemão a partir do referencial teórico selecionado. Em seguida, para cada um dos temas, as falas dos docentes foram classificadas em dois subeixos temáticos, a saber, Prática Docente e Relevância.

O subeixo Prática Docente compreende os assuntos relacionados ao tema que os sujeitos entrevistados afirmam abordar com os estudantes nas aulas de química, assim como algumas estratégias por eles mencionadas. A análise das estratégias e dos assuntos mencionados pelos professores, ao refletirem sobre as atividades abordadas nas entrevistas, permite evidenciar alguns aspectos importantes relacionados à utilização de elementos da natureza da química no ensino. No subeixo Relevância, por sua vez, foram agrupadas as falas nas quais os docentes expressam suas opiniões em relação à importância das questões abordadas. Tais falas abrangem desde apreciações negativas acerca do uso de determinadas estratégias e da abordagem de alguns assuntos até considerações a respeito das capacidades e dos conhecimentos relevantes para a formação dos estudantes, bem como das finalidades de se promover o ensino desses conteúdos escolares.

Para a análise das respostas dos docentes utilizou-se como referência o trabalho de Sjöström e Talanquer (2014), o qual apresenta os quatro níveis distintos de complexidade descritos acima, a partir dos quais as relações entre química e sociedade podem ser abordadas no ensino de química: (0) pura química; (1) química aplicada; (2) socioquímica; e (3) química crítico-reflexiva.

Resultados e Discussões

Prática Docente

Os perfis resumidamente descritos na Tabela 1 mostram que os cinco docentes têm bastante experiência profissional, ou seja, acumularam tempo considerável para amadurecer suas visões sobre o ensino de química. Ademais, observa-se que além de todos serem licenciados em química, alguns apresentam outras formações acadêmicas, como curso técnico em química e bacharelado em engenharia química e em química. Assim, além da formação específica como professores, apresentam contato com diferentes níveis da profissão de químico, sendo o técnico e o bacharelado em engenharia particularmente próximos das aplicações tecnológicas que impactam mais diretamente a sociedade.

De modo geral, os docentes apontaram que desenvolvem, ou já desenvolveram em sala de aula, atividades que abordam os múltiplos contextos relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico, bem como questões ambientais. P1, ao responder se realizaria, na escola estadual onde atua, algumas discussões sobre a influência dos contextos político, econômico e social no desenvolvimento do processo Haber-Bosch, disse que costuma considerar com os estudantes apenas algumas aplicações da amônia. P4, ao comentar as eventuais modificações realizadas ao abordar a *Situação de Aprendizagem 02: Estudo da síntese e da produção industrial de amônia* (São Paulo, 2009), mencionou a importância de fornecer aos alunos mais exemplos de aplicações da amônia, para além daqueles citados no Caderno do Aluno.

P4: (...) quais as aplicações da amônia... para quê a amônia é utilizada... falo que ela sempre é intermediária, depois dela se faz sabonete, (...) produto de limpeza, medicamento, explosivo, fertilizante, (...) ácido nítrico...

P5, por sua vez, comentou que a única relação que estabelece entre a química e a indústria em suas aulas é por meio de exemplos de processos industriais, utilizados com o intuito de ilustrar o conteúdo de cinética química. Segundo o referencial de Sjöström e Talanquer (2014), a abordagem dos fenômenos do cotidiano e das diferentes aplicações tecnológicas, como a realizada por P1, P4 e P5, estaria classificada no segundo nível, denominado *química aplicada*. Ainda de acordo com Sjöström e Talanquer (2014), apesar desse enfoque representar um passo adiante em relação a um ensino totalmente

descontextualizado, a mera utilização de exemplos de modo isolado, ou até mesmo como forma de apresentar os conhecimentos disciplinares, pode limitar a compreensão da ciência como um empreendimento humano, o qual influencia a sociedade e é por ela afetado.

Outra forma, mencionada por P3, de se compreender a abordagem das relações entre química e sociedade é pelo uso de temas geradores. P3 apontou que, muitas vezes, parte de algum tema para propor perguntas iniciais aos estudantes, visando a motivá-los a participar das aulas, mas que, devido à falta de interesse deles, não costuma aprofundar tais discussões. Embora o emprego de temas geradores permita a organização dos conteúdos com base em contextos, podendo, por conseguinte, favorecer a problematização de aspectos sociais e ambientais relacionados à química, o modo superficial por meio do qual o docente afirmou conduzir as atividades restringe consideravelmente o trabalho com tais aspectos.

Além da utilização de temas e da citação pontual de exemplos de produtos e aplicações tecnológicas, os docentes P1, P4 e P5 mencionaram que abordam com os estudantes aspectos ambientais relativos à química, como se observa na fala a seguir.

P5: (...) eu falo sobre meio ambiente (...) no laboratório, por exemplo, o descarte: "(...) professora, por que não posso jogar nada na pia?" Aí eu falo dos efluentes de indústria, sobre esses problemas (...) acho que nenhum dos meus alunos mais joga bateria no lixo, por exemplo (...) então eu faço com que eles entendam também sobre o problema do meio ambiente, não só nesse caso da amônia e da indústria, mas em geral (...)

De acordo com Sjöström e Talanquer (2014), a discussão sobre os custos e benefícios sociais, econômicos e ambientais oriundos das atividades químicas está num nível mais complexo de incorporação de questões humanísticas ao ensino de química, por eles denominado *socioquímica*. Nesse sentido, conteúdos como lixo ambiental, poluição da hidrosfera, chuva ácida e efeito estufa, citados nas entrevistas, podem eventualmente gerar reflexões acerca das relações existentes entre química, tecnologia, sociedade e ambiente.

Dentre os entrevistados, apenas P2 descreveu com detalhes a aplicação de uma atividade pedagógica em que se incentivavam os estudantes a considerar e avaliar as

implicações ambientais, sociais e éticas decorrentes da implantação de uma indústria siderúrgica:

P2: (...) a proposta é assim: vai ser construído na região do Pantanal (...) uma siderúrgica pra extração de ferro e de manganês, e as pessoas que moram lá estão preocupadas com o risco daquela indústria (...) vai perder ali o habitat de algumas espécies e (...) 'será que eu não vou sofrer alguma consequência dessa siderúrgica aqui?' (...) eu decido trabalhar com meus alunos como sendo eles moradores do Pantanal, (...) que os alunos façam uma carta para o IBAMA (...) aí entram as questões éticas também.

A atividade mencionada pela docente P2 foi desenvolvida no Ensino Fundamental II, e sua fala indica um trabalho de cunho mais dialógico e aprofundado em assuntos ambientais, no qual os estudantes foram estimulados a ponderar os vários aspectos envolvidos no problema proposto. A propósito, Sjöström e Talanquer (2014) pontuam que abordagens educacionais orientadas à compreensão e problematização de ideias e práticas científicas, bem como aquelas que permitem a tomada de decisão crítica e consciente a respeito de assuntos envolvendo o desenvolvimento químico e tecnológico, situam-se no nível mais elevado de complexidade na educação química, o qual denominaram *química crítico-reflexiva*. As falas de P2 revelam que é no Ensino Fundamental II onde se vislumbram mais oportunidades de utilização de uma abordagem dialógica e crítica, uma vez que no Ensino Médio se verifica uma cobrança para que as aulas abranjam prioritariamente os conteúdos incluídos nos programas de vestibulares.

Outros assuntos foram mencionados pelas docentes P2, P4 e P5, as quais enfatizaram, em falas cujos trechos são transcritos a seguir, a importância de se considerar em aula questões envolvendo a influência do contexto social, político e econômico no desenvolvimento científico e tecnológico:

P2: (...) tô falando lá de petróleo (...) se não houver uma discussão, por exemplo, do pré-sal (...) ninguém vem aqui oferecer tecnologia de ponta se não tem um interesse (...) que que tá movendo tudo isso né? (...)

P4: (...) eu conto (...) não estavam só preocupados só com nitrato para alimentação das pessoas e fertilizante (...) nitrato é para fazer guerra (...)

P5: (...) nós falamos né? (...) porque tinha que sair do Chile... a dificuldade que estava na época (...)

Apesar de as entrevistadas conduzirem discussões a respeito das possíveis inter-relações entre química e sociedade, as abordagens por elas citadas não contemplam a problematização acerca da natureza tecnocientífica da química, situando-se, assim, no nível da *socioquímica*. As considerações aludidas por P2 (a respeito da importância de se analisar com os estudantes as motivações políticas e econômicas subjacentes ao desenvolvimento da tecnologia de extração de petróleo da camada pré-sal) e P5 (sobre o trabalho com os múltiplos fatores que influenciaram o desenvolvimento do processo Haber-Bosch de síntese de amônia) podem, se trabalhadas de modo abrangente, dialógico e crítico, promover uma discussão mais prolífica acerca tanto das relações entre a pesquisa química básica e a aplicada como do papel desempenhado pela química na sociedade.

Relevância

Todos os entrevistados se referiram às discussões sobre o tema “relações entre química e sociedade” como “importantes” ou “interessantes”. Para P1, no entanto, a abordagem dos assuntos sugeridos durante a entrevista seria relevante apenas para seus alunos matriculados na escola técnica, pois estariam, em sua perspectiva, intelectualmente mais preparados para discuti-los do que seus alunos matriculados no Ensino Médio regular da rede estadual. Em vista disso, é possível notar que P1 considera que tais discussões são parte exclusivamente de uma formação profissional para técnicos em química, não ensinando, portanto, uma formação para a cidadania.

P5 considerou interessante abordar a função da amônia na sociedade e as consequências oriundas do uso de fertilizantes. Para P5, tais assuntos servem como fonte de informações que possibilitam aos estudantes notar a presença dos conhecimentos químicos em seu cotidiano e, conseqüentemente, ampliar sua concepção sobre a química. Cabe ressaltar que identificar essa presença, contudo, requer mais do que o mero fornecimento de informações aos estudantes: envolve, ainda, a problematização das relações estabelecidas entre química, tecnologia e sociedade (Talanquer, 2013), transcendendo a química aplicada em direção à socioquímica e à química crítico-reflexiva.

Nesse sentido, a consideração dos múltiplos contextos que afetam o desenvolvimento científico e tecnológico, além de mostrar que a química não se restringe a um conjunto de fórmulas, equações e nomes, contribui para a compreensão do conteúdo de textos e discursos veiculados por diferentes meios de comunicação. P4, em consonância com essa recomendação, apontou que discussões envolvendo química, indústria e tecnologia são importantes para que os estudantes compreendam minimamente questões relativas à ciência com as quais se deparam em seu cotidiano, de tal modo que comecem a se questionar acerca do mundo e das consequências das ações humanas.

Tal como P4, P2 aponta a relevância de promover a participação dos estudantes em discussões sobre as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, pois, de acordo com a docente, eles apresentam uma concepção restrita acerca desse tema. Ainda segundo P2, a consideração de assuntos que favoreçam o estabelecimento de relações entre os conhecimentos da química e os de disciplinas da área de humanidades, tais como sociologia e história, é importante para dar sentido à química e promover uma compreensão mais abrangente a seu respeito. A introdução de temas que propiciem a abordagem de questões humanísticas, como defende P2, pode contribuir para que os estudantes desenvolvam uma concepção mais crítica sobre as práticas e conhecimentos químicos. Ademais, conforme aponta P3 no trecho a seguir, abordar os diversos fatores que impulsionam o desenvolvimento científico e tecnológico pode ampliar a compreensão dos estudantes a respeito da química, mostrando que, como em outras atividades humanas, ela também é influenciada por interesses econômicos e políticos:

P3: (...) acho importante (...) eles entenderem que a química não é algo (...) isolado, né? (...) tem todo um contexto político, social, histórico que envolve (...) essas observações e interesses (...) e os contextos... essa contextualização eu acho bacana, acho interessante fazer.

Também com relação à química como prática tecnológica, Vesterinen, Aksela e Sundberg (2009, p. 208) defendem que a discussão acerca dos riscos e benefícios da aplicação das ideias científicas seria uma forma possível de se enfrentar certos mitos tipicamente observados na área – como a concepção de que ciência e tecnologia são neutras e isentas de valores, e o entendimento de que qualquer problema pode ser

resolvido a partir do uso de adequada perícia técnica –, contribuindo, desse modo, para a alfabetização científica e tecnológica. As considerações de P2, evidenciadas nas falas transcritas a seguir, apontam nessa direção. Para P2, é importante que a abordagem das relações entre química e sociedade promova a conscientização dos estudantes sobre os benefícios oriundos do desenvolvimento químico e tecnológico, assim como acerca da responsabilidade humana para com o ambiente:

P2: (...) ele tem que se aperceber (...) essa ciência, essa tecnologia, tem que servir para essa sociedade, né? (...) não é que o homem tenha que ser, sabe? o... ser antropocêntrico não isso... né? mas que ele saiba (...) que a ciência e a tecnologia sirva para ele... mas que ele tem que retribuir também para o ambiente.

Para os professores entrevistados, portanto, discutir as inter-relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente em sala de aula é importante, uma vez que promoveria uma compreensão mais abrangente da química, dos contextos que influenciam suas práticas e seu desenvolvimento e das questões sociais e ambientais envolvidas, além de eventualmente contribuir para a conscientização dos estudantes a respeito dos múltiplos impactos trazidos pelo desenvolvimento químico. Não obstante a abordagem de tais conteúdos seja favorecida pela própria natureza tecnocientífica da química, os docentes entrevistados não pontuaram diretamente a importância de se compreender tal característica, nem a utilizaram para justificar a inclusão de assuntos concernentes à relação química e sociedade no ensino. De acordo com Talanquer (2013, p. 1766), uma educação que reconheça o caráter tecnológico da química não somente promove o uso de conhecimentos químicos para descrever e explicar problemas de relevância social, econômica e ambiental, como também fornece aos estudantes a oportunidade de analisar, discutir e praticar “os modos de pensar e agir que têm feito da química uma disciplina tão transformadora”.

Desse modo, analisar os motivos pelos quais os docentes consideram importante desenvolver nos estudantes as habilidades, os conhecimentos, as capacidades e os valores por eles apontados se mostra relevante, pois se relaciona com a própria função atribuída pelos professores ao ensino de química.

Na visão de P5, a principal finalidade da discussão acerca dos fatores que influenciaram o desenvolvimento do processo Haber-Bosch é motivar os estudantes a aprender mais sobre os conteúdos disciplinares. A atenção dispensada pela professora a

essa temática leva em conta o pouco interesse dos alunos pela ciência e seu estudo, recorrendo a discussões *sobre a ciência* para o enfrentamento de desse desafio. Hoffman (2007) defende que a química é interessante não apenas para os químicos, mas para todas as pessoas. Segundo o autor, tal interesse resulta das dualidades inerentes ao conhecimento e práticas químicas, tais como a síntese/análise e a utilidade/nocividade. Destarte, abordagens didáticas que contemplem as relações entre química e sociedade e que favoreçam a reflexão sobre essas polaridades poderiam eventualmente contribuir para suscitar o interesse dos alunos pelo estudo da química.

Segundo P3, discutir a relação entre pesquisa básica e aplicada e a interdependência entre química e tecnologia, bem como compreender os interesses envolvidos no desenvolvimento científico e tecnológico são práticas que favorecem a autonomia dos estudantes na busca pelo conhecimento. Uma das principais finalidades do Ensino Médio na atualidade é a construção do pensamento crítico e da autonomia intelectual do educando. Contudo, apesar de defender sua importância, P3 não fez considerações acerca do papel dos conhecimentos específicos da química com vistas a alcançar tal fim. Para ele, quaisquer assuntos com o potencial de contribuir para o desenvolvimento dessa capacidade devem ser abordados. No limite, essa perspectiva implica defender que a autonomia dos estudantes poderia ser fomentada a partir de conteúdos oriundos de qualquer área do conhecimento, revelando a complexidade da discussão acerca da função dos conhecimentos disciplinares no desenvolvimento da autonomia.

De acordo com Carvalho (1999) a atuação autônoma em determinado campo depende dos conhecimentos que se têm dele. O autor aponta que a autonomia na resolução de problemas de física, por exemplo, está vinculada à utilização adequada da linguagem e dos procedimentos considerados relevantes por essa área ao lidar com questões científicas específicas. Paula e Lima (2007), por sua vez, relacionam o desenvolvimento da autonomia intelectual com a formação de um sujeito crítico capaz de “superar a tendência da cultura contemporânea de pasteurizar identidades e privatizar os problemas humanos, retirando sua dimensão social e econômica” (p. 7). Nesse sentido, consideram relevante não apenas a aprendizagem de leis e teorias, mas principalmente o modo como os conhecimentos são empregados em situações reais e a

maneira como as relações complexas entre ciência, tecnologia e sociedade são estabelecidas. Os conhecimentos químicos podem ampliar os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, devendo ser promovidos como meios de interpretar e intervir no mundo. Logo, se o que se pretende no ensino de química é desenvolver a autonomia intelectual, de sorte a favorecer a atuação crítica em questões relacionadas à química em uma sociedade cada vez mais afetada pelo seu desenvolvimento, é necessário “envolver os alunos nas *formas específicas* de olhar, analisar e transformar o mundo que são essenciais para a química” (Talanquer, 2013, p. 1766, ênfase adicionada). Segundo Talanquer, isso envolve, por exemplo, o reconhecimento e a análise das implicações sociais e éticas associadas ao desenvolvimento da química.

Para P2, o professor de química deve abordar em aula fatores que afetam o desenvolvimento científico e tecnológico, ante o fato de tais assuntos surgirem num contexto em os estudantes estão, em geral, se preparando para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e demais exames vestibulares. Além disso, considera que tal abordagem, de algum modo, deve contribuir para a formação de sujeitos capazes de se colocarem diante de questões associadas ao conhecimento químico.

P2: (...) a gente está à véspera de uma eleição presidencial, né? E tem uma série de discussões da Petrobrás (...) aquele aluno (...) que vai prestar o ENEM, prestar vestibular e tal, ele acaba se apropriando disso daí (...) para quê que eu explico (...) a obtenção da amônia... a descoberta do pré-sal? a descoberta da bomba atômica? (...) eu estou formando (...) cidadãos assim, isso de alguma maneira tem que ajudar essas pessoas, né? e ajudar assim... a formar ideias, a ser pessoas de bem, saber se colocar e tal (...)

As falas de P2 sugerem, portanto, que embora tenha como preocupação a preparação dos alunos para os exames vestibulares, também considera a formação destes para a cidadania como um de seus objetivos ao ensinar química. Isso fica mais evidente no excerto a seguir, no qual P2 aponta que analisar as implicações éticas e ambientais decorrentes do desenvolvimento da química pode favorecer a tomada de decisões pelos alunos:

P2: acho importante ... porque na vida inteira eles vão fazer esse tipo de discussão... para (...) ganhar um... uma habilidade de raciocínio também, conhecimento e tal e que ele possa tomar decisões né? possa fazer escolhas e tal... e sempre vai esbarrar em questões éticas, pode reparar... né? (...)

Dentre os professores entrevistados, apenas P1 afirmou que outras questões são mais relevantes para a formação dos estudantes do que as relações entre química e sociedade. Vista em conjunto com uma das opiniões proferidas por P1 – a saber, a de que a discussão dessas relações deveria ser feita somente com os alunos do curso técnico –, essa afirmação revela o distanciamento do docente quanto aos objetivos atuais do ensino de química.

Considerações Finais

A presente investigação buscou dar aos professores o ensejo de expressarem suas ideias a respeito do modo como se apropriam de elementos de HFC, considerando, para tanto, seus objetivos e práticas de sala de aula. É claro que pode haver diferenças entre tais práticas e os discursos por eles proferidos, diferenças essas cuja caracterização demandaria outro tipo de pesquisa; este estudo, no entanto, permitiu delinear o repertório acumulado por esses docentes ao longo de suas trajetórias profissionais. Em vista disso, foi possível observar diferentes níveis de complexidade para o ensino de química, a partir da maneira pela qual os próprios docentes veem as relações química/sociedade em suas práticas.

De maneira geral, os sujeitos entrevistados consideraram relevante e interessante a abordagem didática de algumas relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Os docentes fizeram referências a questões que vêm sendo discutidas no âmbito da educação científica há algum tempo e que, por isso, têm influenciado a elaboração de documentos curriculares oficiais e materiais didáticos. Algumas das concepções apresentadas pelos professores estão em consonância com as perspectivas preconizadas tanto em pesquisas conduzidas na área de ensino de ciências como nas orientações curriculares nacionais. Nesse sentido, as falas dos professores entrevistados, atribuindo importância à abordagem das relações entre ciência e sociedade, remetem à influência do enfoque CTSA na elaboração de materiais didáticos e documentos de orientações curriculares nacionais a partir, principalmente, da década de 1990 (Santos, 2007).

Segundo Scerri (2007), a reflexão acerca dos aspectos filosóficos subjacentes às explicações químicas pode auxiliar os professores a encontrar modos diversos de

elucidar os conteúdos químicos e, também, proporcionar melhores esclarecimentos, de acordo com as características de seus estudantes. Erduran, Adúriz-Bravo e Naaman (2007) asseveram que a consideração de questões filosóficas relativas à química pode contribuir para que os professores compreendam de modo mais aprofundado os conteúdos a serem ensinados e identifiquem as dificuldades de aprendizagem relacionadas a aspectos característicos da química, de modo que estejam capacitados para preparar e conduzir atividades que promovam a aprendizagem significativa dos alunos em química.

A identificação de outros fatores pertinentes ao contexto docente sugere que uma atitude positiva em relação a discussões epistemológicas é uma condição necessária, porém não suficiente, para a inclusão de elementos da HFC no ensino de química. Isso foi verificado, por exemplo, na postura de P1, que considera que elementos da HFC são relevantes para a formação do profissional em química, mas não para aquela do cidadão comum; e no fato de P2 trabalhar em uma perspectiva mais dialógica e crítica para a discussão de aspectos da ciência no Ensino Fundamental II, no qual ainda não estão presentes as cobranças por conteúdos de vestibulares. Consequentemente, o trabalho pedagógico sob a perspectiva da HFC depende não somente da compreensão dos docentes sobre a história e a filosofia da química, mas também do modo como eles as articulam com seus objetivos e com todo o contexto escolar. Nesse sentido, o referencial de Sjöström e Talanquer (2014) se mostrou útil para analisar os discursos utilizados pelos professores para descrever suas motivações, objetivos e práticas. Esse referencial permitiu observar que, em geral, suas ideias se situam no nível da química aplicada, embora avancem, por vezes, para a socioquímica. O trabalho no nível da química crítico-reflexiva encontra obstáculos para sua concretização, tais como as demandas focalizadas em conteúdos para vestibulares.

Os resultados aqui obtidos podem contribuir para a formação de professores, particularmente no que tange à promoção de reflexões sobre aspectos da história e da filosofia da química (tal como a centralidade da síntese química e seu impacto na transformação da realidade material) e sobre os próprios objetivos do ensino de química voltado à construção da cidadania.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento à pesquisa (processos 426519/2016 e 312351/2020-8).

Referências

- Barbosa, F. T., & Aires, J. A. (2018). História e filosofia da ciência em periódicos brasileiros: Um referencial para os professores de química. *História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces*, 17, 3-21.
- _____. (2017). A abordagem HFC por meio de estudos de casos históricos: Propostas didáticas para o Ensino de Química. *Educação Química em Punto de Vista*, 1(2), 97-120.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos* (M. J. Alvarez, S. B. Santos, & T. M. Baptista, Trad.). Porto Editora.
- Carvalho, J. S. F. (1999). Autonomia e autoridade no construtivismo: uma crítica às concepções de Piaget. In J. G. Aquino (Org.), *Autoridade e autonomia na escola: alternativas teóricas e práticas* (pp. 49-70). Summus.
- Chamizo, J. A. (2013). Technochemistry: one of the chemists' ways of knowing. *Foundations of Chemistry*, 15(2), 157-170.
- Corrêa, R. G. (2009). *Estudo do perfil motivacional para o aprendizado de química* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos].
- Dibattista, L., & Morgese, F. (2013). Introducing history (and philosophy) of science in the classroom: a field research experience in Italy. *Science & Education*, 22(3), 543-576.
- Duarte, R. (2004). Entrevistas em pesquisas qualitativas. *Educar* (Curitiba), 24, 213-225.
- Earley, J. E. (2004). Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? *Foundations of Chemistry*, 6(2), 137-160.
- Erduran, S. (2007). Breaking the law: promoting domain-specificity in chemical education in the context of arguing about the periodic law. *Foundations of Chemistry*, 9(3), 247-263.
- Erduran, S., Adúriz-Bravo, A., Naaman, R. M. (2007). Developing epistemologically empowered teachers: examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. *Science & Education*, 16(9), 975-989.
- Erduran, S., & Scerri, E. (2002). The nature of chemical knowledge and chemical education. In J. K. Gilbert, O. D. Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical education: towards research-based practice* (pp. 7-27). Kluwer Academic.
- Erduran, S., & Mugaloglu, E. Z. (2014). Philosophy of chemistry in chemical education: Recent trends and future directions. In M. R. Matthews (Ed.), *International*
-

- handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 287-315). Springer.
- Gois, J., & Ribeiro, M. A. P. (Eds.) (2019). *Filosofia da Química no Brasil*. Editora Fi.
- Hirayama, M. P. (2015). *As concepções de professores de Química sobre a utilização de elementos da História e Filosofia da Ciência no ensino* [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo].
- Hoffman, R. (2007). *O mesmo e o não-mesmo* (R. L. Ferreira, Trad.). EdUNESP.
- Höttecke, D., & Silva, C. C. (2011). Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. *Science & Education*, 20(3-4), 293-316.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607.
- Izquierdo, M. (2013). School Chemistry: An Historical and Philosophical Approach. *Science & Education*, 22(7), 1633-1653.
- Justi, R. (2010). Modelos e modelagem: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In W. L. P. Santos, & O. A. Maldaner (Orgs.), *Ensino de Química em Foco* (pp. 209-230). Editora Unijuí.
- King, D. T. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51-87.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lemes, A. F. G., & Porto, P. A. (2013). Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(3), 121-147.
- Matthews, M. (2012). Changing the focus: from the nature of science (NOS) to features of science (FOS). In Khine, M. S. (Ed.), *Advances in Nature of Science Research* (pp. 3-26). Springer.
- McComas, W., Clough, M., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 3-39). Kluwer Academic.
- Mellado, V. (2011). Formación del profesorado de ciencias y buenas prácticas: el lugar de la innovación y la investigación didáctica. In A. Caamaño (Coord.), *Física y química: investigación, innovación y buenas prácticas* (p. 11-26). Ed. Graó.
-

- Osborne, J. (2007). Science education for the twenty first century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3), 173-184.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What 'ideas-about-science' should be taught in school science?: a delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Paula, H. F., & Lima, M. E. C. C. (2007). Educação em ciências, letramento e cidadania. *Química Nova na Escola*, 26, 3-9.
- Porto, P. A. (2019). História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In Santos, W. L. P., Maldaner, O. A., & Machado, P. F. L. (Orgs.), *Ensino de Química em Foco* (2ª ed., pp. 141-156). EdUnijuí.
- Rozentalski, E. F., & Porto, P. A. (2021, 24 de maio). A ética química e seu ensino a estudantes de química. *Química Nova*, Publicação eletrônica antecipada. doi: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170771>
- Santos, W. L. P. (2007). Contextualização no Ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, 1(especial), 1-12.
- São Paulo (Estado). Secretaria da Educação. (2008). *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Química*.
- _____. (2009). *Caderno do aluno: química, ensino médio, 3ª série* (Vols. 1 e 2).
- _____. (2011). Currículo do Estado de São Paulo: Química. In *Currículo do Estado de São Paulo: ciências da natureza e suas tecnologias* (pp. 126-156).
- Scerri, E. R. (2007). La nueva filosofía de la química y su importancia en la educación química. In Chamizo, J. A. (Ed.) *La esencia de la química: reflexiones sobre filosofía y educación* (pp. 181-192). FQ-UNAM.
- Schummer, J. (2011). La filosofía de la química: de la infancia hacia la madurez. In D. Baird, E. Scerri, & L. McIntyre (Eds.), *Filosofía de la química: síntesis de una nueva disciplina* (G. Noriega, Trad., pp. 36-70). FCE.
- Schummer, J. (1999). Coping with the growth of chemical knowledge: challenges for chemistry documentation, education, and working chemists. *Educación Química*, 10(2), 92-101.
- Sjöström, J. (2007). The Discourse of chemistry (and beyond). *HYLE- International Journal of Philosophy of Chemistry*, 13(2), 83-97.
- Sjöström, J., & Talanquer, V. (2014). Humanizing chemistry education: from simple contextualization to multifaceted problematization. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1125-1131.
- Talanquer, V. (2013). School chemistry: the need for transgression. *Science & Education*, 22(7), 1757-1773.
- Talanquer, V., & Pollard, J. (2010). Let's teach how we think instead of what we know. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 74.
-

- Vesterinen, V. M. (2012). *Nature of science for chemistry education: design of chemistry teacher education course* [Doctoral Thesis, University of Helsinki]. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/229474/natureof.pdf>
- Vesterinen, V. M., Aksela, M., & Sundberg, M. (2009). Nature of chemistry in the national frame curricula for upper secondary education in Finland, Norway and Sweden. *Nordic Studies in Science Education*, 5, 200-212.
- Wallace, C. S. (2014). Overview of the role of teacher beliefs in science education. **In** R. Evans, J. Luft, C. Czerniak, & C. Pea (Eds.), *The role of science teachers' beliefs in international classrooms: from teacher's action to student learning* (pp. 17-31). Sense Publishers.
- Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Bookman.

Submetido em: 04/04/2021 **Aceito em:** 14/10/2021 **Publicado em:** 17/11/2021