



## INFLUÊNCIAS DE CONHECIMENTOS DE NATUREZA DA CIÊNCIA NO PLANEJAMENTO DE AULAS RELACIONADAS À HISTÓRIA DA CIÊNCIA

*Influences of Knowledge of Nature of Science on Planning of Lessons Related to History of Science*

**Beatriz Almeida** [becarvalhoalmeida@gmail.com]

*Faculdade de Educação*

*Universidade Federal de Minas Gerais*

*Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil*

**Rosária Justi** [rjusti@ufmg.br]

*Departamento de Química*

*Universidade Federal de Minas Gerais*

*Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil*

### Resumo

A inserção da História da Ciência em contextos de ensino tem sido um tópico frequentemente contemplado na literatura da área de Educação em Ciências. Isto se justifica em função do potencial de narrativas históricas para favorecer discussões de natureza epistemológica, as quais podem contribuir para uma visão crítica do empreendimento científico. Para que tais discussões sejam acessíveis aos estudantes, faz-se necessário considerar quão bem preparados estão professores de Ciências para elaborar aulas baseadas em casos históricos. Entretanto, pesquisas mostram que grande parte dos professores tem dificuldades na elaboração e implementação de abordagens históricas que se devem, muitas vezes, às visões que eles possuem sobre Ciências. No presente estudo, investigamos como licenciandos em Química podem mobilizar conhecimentos de Natureza da Ciência para elaborar uma aula relacionada à História da Ciência. A motivação para conduzir este estudo emergiu da hipótese de que conhecimentos de Natureza da Ciência podem auxiliar na superação de dificuldades que professores possuem para inserir casos históricos no ensino. A partir da elaboração de um estudo de casos múltiplos, foi possível identificar a relação entre os conhecimentos de Natureza da Ciência e: (i) a escolha de quais elementos presentes em casos históricos devem ser abordados em uma aula; (ii) a interpretação de como esses elementos podem ser pertinentes para favorecer reflexões sobre Natureza da Ciência; (iii) a interpretação acerca do modo como a História da Ciência é apresentada em livros didáticos; (iv) a identificação de estratégias instrucionais específicas para uma dada aula; e (v) a avaliação dessas estratégias em termos de seu potencial para favorecer reflexões sobre Natureza da Ciência. A partir destes resultados, discutimos a relevância do entendimento sobre Natureza da Ciência para nortear práticas docentes relacionadas ao ensino de História da Ciência e suas implicações em termos de futuras pesquisas relacionadas aos conhecimentos de professores de Ciências.

**Palavras-Chave:** Natureza da Ciência; História da Ciência; Conhecimentos de Professores; Formação de Professores.

### Abstract

The inclusion of History of Science in teaching contexts has been a topic frequently discussed in the Science Education literature. This can be justified due to the potential of historical narratives to favour epistemological discussions, which can contribute to a critical view of the scientific enterprise. However, in order to make such discussions accessible to students, it is necessary to consider how well-prepared science teachers are to plan lessons based on historical cases. Studies have shown that many teachers have great difficulties when planning and applying historical approaches, being many of them related to their views about science. In the

current study, we analyse how pre-service teachers can use knowledge about Nature of Science to create a lesson based on History of Science. The motivation to conduct this study emerged from the hypothesis that knowledge about Nature of Science can help to overcome difficulties that teachers have to include historical cases in their practice. From the production of a multiple case study, it was possible to identify the relationship between knowledge about Nature of Science and: (i) the choice of which elements presented in historical cases should be addressed in a class; (ii) the interpretation of how such elements may be relevant to encourage reflections on Nature of Science; (iii) the interpretation of how History of Science is presented in textbooks; (iv) the identification of instructional strategies to be used in a given lesson; and (v) the evaluation of such strategies in terms of their potential to support reflections on Nature of Science. Based on these results, we discuss the relevance of Nature of Science understanding to guide teaching practices related to History of Science and its implications in terms of future research about science teachers' knowledge.

**Keywords:** Nature of Science; History of Science; Teachers' Knowledge; Teacher's Education.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a História da Ciência (HC) tem sido um tópico relevante nas discussões relacionadas à Educação em Ciências. Uma das justificativas para inserir narrativas históricas em contextos de ensino está relacionada ao potencial destas para favorecer reflexões de natureza epistemológica que podem contribuir para uma visão crítica acerca do empreendimento científico (Kolstø, 2008; Allchin, 2013; Vergara, 2014). Isso porque a HC favorece discussões sobre como ideias científicas se desenvolveram, foram questionadas, validadas, consolidadas ao longo do tempo e, ainda, como a Ciência influencia e é influenciada pela sociedade. Discussões desta natureza, por sua vez, podem favorecer reflexões sobre algumas das incógnitas e incertezas com as quais os cientistas do passado tiveram que lidar, e/ou que caracterizam o trabalho de cientistas atualmente. Dessa forma, conhecimentos relacionados à HC podem favorecer que estudantes saibam lidar de forma crítica com questões atuais e controversas da Ciência (Kolstø, 2008; Allchin, 2011).

A inserção de narrativas históricas pode também contribuir para a formação de estudantes na medida em que pode auxiliar na abordagem de conceitos científicos e na compreensão dos mesmos, bem como para despertar o interesse de estudantes por aulas de Ciências (Schiffer & Guerra, 2015); favorecer reflexões por parte de estudantes e professores em formação sobre Natureza da Ciência (NdC) (García-Carmona & Acevedo-Díaz, 2017; Santos, 2018; Almeida & Justi, 2019); desmistificar concepções ingênuas sobre o modo como o conhecimento científico é produzido (Braga, Guerra, & Reis, 2012); e, ainda, favorecer o desenvolvimento de aspectos afetivos e cognitivos de empatia frente à cultura da Ciência (Güney & Seker, 2012).

Não obstante a relevância de se inserir narrativas históricas em contextos de ensino, é importante questionar como as reflexões de natureza epistemológica que emergem a partir da HC podem se tornar acessíveis a estudantes da Educação Básica. Uma variável importante a ser considerada ao responder este questionamento é a visão de professores de Ciências quanto à importância de se abordar narrativas históricas, ao potencial destas e, ainda, aos seus conhecimentos sobre como introduzir aspectos relacionados à HC em suas aulas. Assim, faz-se necessário incluir este tópico nos cursos de formação de professores, visto que muitas das decisões relacionadas às estratégias instrucionais adotadas em contextos de ensino são influenciadas pelas concepções que estes profissionais possuem sobre o ensino de Ciências e sobre a própria Ciência (Höttecke & Silva, 2011). No entanto, muitos professores não possuem, ao longo de sua formação, oportunidades para refletir adequadamente sobre HC e, tampouco, sobre como incluir este tópico em sua prática docente (Henke & Höttecke, 2015; Pavez, Vergara, Santibañez, & Cofré, 2016; Rutt & Mumba, 2019).

A ausência de discussões relacionadas à HC nos cursos de formação de professores é algo que justifica algumas das dificuldades que eles possuem para incluir este tópico em sua prática docente (Forato, Martins, & Pietrocola, 2012). Tais autores destacam que professores podem encontrar dificuldades relacionadas à seleção de aspectos a serem destacados e omitidos em uma abordagem histórica; à utilização de fontes históricas primárias em alguns contextos de ensino, visto que as mesmas podem ser de difícil acesso ao professor e de difícil compreensão para os estudantes; e à visão linear de Ciência que é apresentada em algumas fontes de informação. Ademais, de acordo como Henke e Höttecke (2015), professores podem apresentar dificuldades para elaborar estratégias instrucionais capazes de articular ideias científicas aceitas no passado a ideias científicas atuais e a reconhecer como ideias científicas do passado se assemelham às concepções que seus estudantes possuem. De fato, a tarefa de incluir narrativas históricas

no ensino de Ciências é complexa. Assim, entender as dificuldades que professores possuem ao desempenhá-la é um passo importante para encontrar soluções (Martins, 2007).

Outra das dificuldades encontradas pelos professores está relacionada à ausência de informações históricas em livros didáticos visto que, na maioria das vezes, estes materiais apresentam a HC de forma limitada e superficial, chegando mesmo a favorecer o desenvolvimento de ideias – históricas e científicas – inadequadas (Justi & Gilbert, 1999; Vidal & Porto, 2012; Pellegrino et al., 2018). Nesse sentido, há que se considerar que o livro didático continua a ser um elemento importante para nortear a prática de professores de Ciências (Echeverría, Melo, & Gauche, 2010), não obstante a eminência das diversas fontes de informação que a tecnologia nos possibilita atualmente.

Existem também fatores de cunho estrutural que podem obstaculizar a implementação da HC no ensino. Nesse sentido, a concepção de parte de professores de que aspectos históricos não se relacionam com, e/ou não contribuem para, o aprendizado de conteúdos científico-curriculares é um deles (Garik et al. 2015). Tal concepção pode ser justificada em função da cultura de ensino na qual professores de Ciências estão inseridos, que reverbera ideias sobre quais estratégias de ensino são consideradas ideais para se ensinar Ciências. Essas concepções podem levar professores a adotar perspectivas de ensino mais tradicionais, que priorizam a aquisição de conhecimentos relacionados a conteúdos científico-curriculares em detrimento do entendimento sobre os processos que levaram à construção dos mesmos (Höttecke, Henke, & Riess, 2012). Além disso, tais concepções sobre o ensino de Ciências tendem a contribuir para que professores considerem discussões de natureza epistemológica (por exemplo, sobre NdC) como algo periférico e, portanto, não relevantes para a formação dos estudantes. Isto se constitui em um obstáculo para a implementação de aspectos históricos na medida em que favorecer o entendimento sobre NdC é um dos motivos que justificam a implementação de aspectos da HC na Educação Básica (Höttecke & Silva, 2011).

Para além das dificuldades de cunho estrutural, a literatura da área de Educação em Ciências destaca que professores podem também ter dificuldades para executar estratégias instrucionais relacionadas à HC em sala e, ainda, para elaborar maneiras eficientes de avaliar conhecimentos de natureza epistemológica que podem ser manifestados pelos estudantes em aulas envolvendo abordagens históricas (Henke & Höttecke, 2015; Rutt & Mumba, 2019).

Não obstante o reconhecimento da importância de que professores de Ciências entendam sobre aspectos históricos, métodos de investigação e natureza da disciplina que estão ensinando (Matthews, 2014), a discussão acima nos alerta para o quão complexa é a tarefa de se inserir HC no ensino. Isto, por sua vez, se constitui em uma justificativa para a inclusão deste tópico em cursos de formação de professores, haja vista a importância de favorecer reflexões que auxiliem futuros professores a lidar com essas dificuldades. Tal discussão também justifica a condução de pesquisas que promovam reflexões sobre quais estratégias podem auxiliar professores na superação dessas dificuldades. Com tal objetivo em perspectiva, investigamos como licenciandos em Química podem mobilizar conhecimentos de NdC para elaborar uma aula relacionada à HC. Este estudo se baseia na hipótese de que conhecimentos de NdC podem auxiliar na superação de alguns dos obstáculos relacionados à elaboração de estratégias instrucionais relacionadas à HC. Contudo, destacamos que nosso objetivo não é trazer uma resposta final que encerre a discussão sobre uma questão tão complexa quanto a que nos propomos a discutir, mas sim identificar e caracterizar alguns elementos que nos ajudem a entender melhor o papel de conhecimentos de NdC em auxiliar a elaboração de abordagens históricas.

## **APORTE TEÓRICO**

Conforme mencionado anteriormente, no presente estudo buscamos compreender como licenciandos mobilizam conhecimentos de NdC para elaborar uma aula relacionada à HC. A motivação para conduzir tal estudo se baseou na hipótese de que esses conhecimentos podem exercer influência sobre como licenciandos interpretam informações históricas e, conseqüentemente, tomam decisões relacionadas às estratégias instrucionais adotadas em uma aula. Tal hipótese nos parece razoável ao considerarmos que as visões que professores possuem *sobre* Ciências podem influenciar as escolhas que eles fazem em sua prática docente (Höttecke & Silva, 2011; Hanuscin, 2013; Azevedo & Scarpa, 2017).

No entanto, a compreensão sobre NdC não é o único aspecto importante para que professores sejam capazes de ensinar sobre este tópico (Schwartz & Lederman, 2002). Alguns outros conhecimentos são relevantes neste processo, tais como o *conhecimento pedagógico de conteúdo* (no original, *Pedagogical Content Knowledge*, PCK). De acordo com Shulman (1987), o PCK é uma forma de conhecimento exclusiva

de professores, que os possibilita tornar conteúdos curriculares acessíveis e compreensíveis a estudantes. Considerando que algumas das áreas de Ciências fazem parte dos conteúdos curriculares da Educação Básica, a elaboração de modelos que caracterizem os conhecimentos necessários para um professor de Ciências ensinar disciplinas relacionadas às Ciências da Natureza de forma ampla é algo relevante. Nesse sentido, Magnusson, Krajcik e Borko (1999) argumentam que o PCK para ensinar Ciências contempla cinco elementos: (i) conhecimentos e concepções em relação aos propósitos e objetivos do ensino de Ciências; (ii) conhecimentos e concepções sobre o currículo, as metas e objetivos deste, bem como conhecimentos sobre materiais instrucionais; (iii) conhecimentos e concepções sobre estudantes e suas concepções prévias e/ou ingênuas sobre determinado tópico; (iv) conhecimentos sobre formas de avaliação; e (v) conhecimentos e concepções sobre estratégias instrucionais para se ensinar Ciências. A partir destas considerações, Hanuscin, Lee e Akerson (2010) destacam que tal modelo de PCK para ensinar Ciências possibilita, por sua vez, estabelecer um modelo de PCK de Natureza da Ciência, visto que este tópico também é um conhecimento curricular<sup>1</sup>. Dessa forma, o PCK de Natureza da Ciência inclui, por exemplo, o conhecimento sobre concepções dos estudantes sobre NdC e o conhecimento sobre estratégias instrucionais que favorecem a compreensão deste tópico.

Além disso, discussões mais recentes sobre PCK, como a realizada na 2ª Cúpula do PCK no final do ano de 2016<sup>2</sup>, salientam que o mesmo pode contemplar ainda outros conhecimentos importantes. Nesse sentido, o modelo conhecido como *Refined Consensus Model* (RCM) abrange o PCK coletivo (*collective PCK* ou cPCK); o PCK pessoal (*personal PCK* ou pPCK) e o PCK em ação (*enacted PCK* ou ePCK). O cPCK está relacionado àquilo que se sabe acerca dos conhecimentos de professores para o ensino e que é coletivo, isto é, acessível. Tal conhecimento pode ser adquirido em cursos, publicações, livros e textos que tratem desse tema e, por isso, é considerado como um conhecimento de domínio público. O pPCK é uma forma de conhecimento dinâmica e cumulativa que é única para cada professor e reflete suas experiências profissionais e formativas. Essa é também a forma de conhecimento à qual o professor recorre durante a prática docente. O ePCK, por sua vez, é constituído pelos conhecimentos utilizados pelo professor enquanto planeja estratégias instrucionais e/ou reflete sobre sua prática e as consequências/resultados dessa prática (Carlson et al., 2019).

A partir destas considerações, saber como utilizar casos históricos para abordar NdC é algo que tangencia os conhecimentos sobre estratégias instrucionais para se ensinar NdC (Magnusson et al., 1999) e, ainda, um conhecimento relacionado ao ePCK de professores que, posteriormente, também poderá fazer parte do pPCK dos mesmos. Sendo assim, considerar sobre as dificuldades que professores possuem para ensinar HC e investigar caminhos possíveis para a superação dessas dificuldades é também uma maneira de ampliar o que se sabe sobre conhecimentos de professores para o ensino de NdC.

É conveniente destacar ainda que, embora o PCK seja um conjunto de conhecimentos desenvolvidos por professores a partir da prática docente em contextos reais de ensino, o mesmo pode ter seu desenvolvimento iniciado a partir de atividades formativas realizadas em cursos de formação de professores (Carlson et al., 2019; Mavhunga, 2019). Sendo assim, neste artigo, algumas considerações acerca dos elementos que constituem o PCK nos permitem entender tanto a natureza dos conhecimentos que foram manifestados por licenciandos ao elaborar uma aula relacionada à HC quanto a relevância desses conhecimentos em termos da formação de sujeitos que serão, futuramente, professores de Ciências. No entanto, ressaltamos que não faz parte de nossos objetivos fazer qualquer afirmação sobre o desenvolvimento do PCK de Natureza da Ciência dos sujeitos pesquisados, visto que os dados disponíveis não possibilitam tal discussão.

Além disso, julgamos relevante refletir sobre quais conhecimentos de NdC esperamos que professores possuam. Nesse sentido, compartilhamos a perspectiva de Allchin (2011), segundo a qual é importante não apenas ter conhecimentos de NdC, mas também ser capaz de mobilizar esses conhecimentos em determinadas situações. Na perspectiva do autor, espera-se que o ensino de NdC seja *funcional*, e não *declarativo*<sup>3</sup>, isto é, possibilite o uso crítico de conhecimentos sobre Ciências nas análises de casos e tomadas de decisões pessoais e/ou sociais<sup>4</sup>. De maneira similar, acreditamos que conhecimentos de NdC podem

<sup>1</sup> Hanuscin et al. (2010) destacam o tópico Natureza da Ciência como um conhecimento curricular visto que documentos reguladores de ensino norte-americanos (por exemplo NRC, 1996) fazem menção ao mesmo de forma explícita. Embora tenhamos consciência de que isto não se aplica ao contexto brasileiro, documentos reguladores de ensino mais recentes, tais como a Base Nacional Comum Curricular, estabelecem a importância dos conhecimentos de natureza epistemológica para a formação dos estudantes, conhecimentos estes que estão intimamente relacionados à Natureza da Ciência.

<sup>2</sup> Evento que reuniu um grupo pequeno de pesquisadores eminentes cujos focos de pesquisa se relacionam ao PCK.

<sup>3</sup> Ao utilizar o termo 'ensino *declarativo*' de NdC, Allchin se refere a propostas de ensino pautadas em listas de princípios de NdC, como a de Lederman (2006).

<sup>4</sup> Embora compartilhamos a perspectiva do autor sobre a relevância dos conhecimentos de NdC para nortear tomadas de decisão, entendemos que tais conhecimentos também são relevantes para nortear outros elementos que fazem parte do processo de

favorecer ainda o desenvolvimento intelectual e profissional do professor de Ciências. Isto poderia resultar em professores saberem mobilizar conhecimentos de NdC para elaborar estratégias instrucionais que contribuam para o aprendizado de NdC por parte de estudantes.

Contudo, como é possível favorecer o conhecimento *funcional* de NdC? De acordo com Allchin (2013), tal conhecimento perpassa o entendimento sobre as diversas etapas de construção do conhecimento científico. Isso porque, para ele, existe um histórico que caracteriza a elaboração de afirmativas científicas e compreender sobre este processo é crucial para se avaliar a credibilidade das mesmas. Sob esta ótica, ele propõe o inventário de Dimensões de Confiabilidade da Ciência (DCC) (Allchin, 2011; 2013; 2017), que tem por objetivo apresentar um panorama geral do processo que envolve a elaboração de uma afirmativa científica. Assim, ele elenca uma série de categorias epistêmicas funcionais que estão diretamente relacionadas às práticas científicas e epistêmicas que caracterizam a produção do conhecimento científico e a relação deste com os contextos (histórico, social, econômico, político) de sua produção. Tal inventário contempla três dimensões e cada uma delas engloba o que o autor denomina *categorias epistêmicas funcionais*.

A versão mais recente do inventário de DCC (Allchin, 2017) é constituída pelas dimensões: *observacional*, *conceitual* e *sociocultural*. A dimensão *observacional* contempla categorias epistêmicas funcionais relacionadas aos processos de *observação e medição*, *experimentação* e *utilização de instrumentos*, os quais caracterizam os estágios iniciais do processo de construção de uma afirmativa científica. A categoria *observação e medição* contempla subcategorias tais como *precisão* e *coerência entre diferentes tipos de dados*. Por sua vez, a dimensão *conceitual* compreende categorias relacionadas aos processos cognitivos dos cientistas como, por exemplo, *padrões de raciocínio*, contemplando subcategorias como *relevância da evidência*, *explicações alternativas* e *correlação versus causa*. Por fim, a dimensão *sociocultural* compreende categorias relacionadas à produção, comunicação e validação do conhecimento científico. Por exemplo, a categoria *práticas e costumes* contempla subcategorias como *colaboração e competição entre cientistas*, *formas de persuasão*, *credibilidade dos cientistas*, entre outras.

Na perspectiva de Allchin (2011; 2013; 2017), refletir sobre algumas das etapas que envolvem a produção do conhecimento científico, como aquelas contempladas no inventário de DCC, é algo que pode favorecer o desenvolvimento de uma compreensão *funcional* sobre NdC. Isso porque reflexões sobre as práticas e o contexto que caracterizam a produção da Ciência, podem auxiliar na avaliação da credibilidade de afirmativas científicas (Allchin, 2017). No entanto, acreditamos que esses conhecimentos podem servir não apenas para nortear análises de casos e tomadas de decisão, conforme argumenta Allchin (2013), mas também para auxiliar professores no processo de elaboração de estratégias instrucionais para o ensino de NdC. Conforme apresentado e discutido adiante, os dados coletados neste estudo indicam que a reflexão sobre determinados aspectos de NdC pode influenciar o modo como licenciandos interpretam e se apropriam de informações históricas e suas decisões relacionadas às estratégias instrucionais.

## QUESTÕES DE PESQUISA

A partir do exposto, identificamos a necessidade de investigar sobre o papel dos conhecimentos de NdC para auxiliar na elaboração de estratégias instrucionais para inclusão de HC no ensino. Nesse sentido desejávamos compreender como, e em que extensão, as reflexões relacionadas ao processo de construção do conhecimento científico podem auxiliar licenciandos a superar dificuldades relacionadas ao planejamento de aulas sobre HC. Além disso, desejávamos compreender como tais reflexões podem nortear o modo como licenciandos interpretam, se apropriam e utilizam informações históricas no processo de planejamento de uma aula.

Considerando estes objetivos principais, discutimos duas questões específicas:

*Como conhecimentos de Natureza da Ciência relacionados às etapas de construção do conhecimento científico podem influenciar a interpretação e a apropriação de informações históricas por parte de licenciandos?*

*Como tais conhecimentos podem influenciar decisões relacionadas ao planejamento de uma aula que envolva aspectos de História da Ciência?*

---

alfabetização científica como, por exemplo, a tomada de consciência e pensamento crítico. Para mais informações, consultar Justi, Almeida e Santos (2019).

## **ASPECTOS METODOLÓGICOS**

### **Contexto da pesquisa**

Esta pesquisa foi realizada no contexto de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública da região Sudeste do Brasil, sendo parte de um estudo mais amplo (Almeida, 2019). Os licenciandos cursavam uma disciplina optativa que foi elaborada com os objetivos de contemplar discussões sobre HC e fomentar reflexões sobre o modo como este tópico pode ser inserido no ensino de Química/Ciências.

Os licenciandos que participaram desta disciplina estavam matriculados em períodos mais avançados do curso (a partir do quinto) e, por isso, estavam cursando (ou já haviam cursado) disciplinas como Instrumentação para o Ensino de Química e Didática da Química, nas quais temas como objetivos para o ensino de Química e metodologias frequentemente usadas no mesmo são discutidos. Contudo, os licenciandos ainda não haviam estudado a introdução de aspectos históricos no ensino nas disciplinas já cursadas. A turma era constituída por oito licenciandos, sendo sete mulheres e um homem. Os objetivos da pesquisa foram explicados em uma aula inicial e todos concordaram em participar da mesma. Os encontros da disciplina aconteceram duas vezes por semana, cada um com duração de 100 minutos, totalizando 32 encontros ao longo do semestre letivo. Com vistas a nortear o leitor sobre alguns aspectos da metodologia e da discussão dos resultados, apresentamos, no quadro 1, a identificação e uma breve caracterização de todas as atividades desenvolvidas na disciplina.

Ao longo da disciplina, foram abordados alguns casos históricos (atividades 6, 7, 10 e 11) de acordo com a perspectiva da *ciência em construção* (Latour, 1987), ou seja, os casos foram analisados de modo a compreender quais eram os conhecimentos disponíveis em um dado momento histórico, e como as ideias evoluíram ao longo do tempo (Allchin et al., 2014). Além disso, foram feitas discussões sobre NdC que emergiram a partir da análise dos casos históricos, e não a partir da mera menção de aspectos de NdC (por exemplo, em listas de princípios).

Além disso, a disciplina contemplou atividades nas quais os licenciandos deveriam refletir sobre o modo como a HC vem sendo apresentada em alguns livros didáticos brasileiros (atividades 3, 4 e 5) e, ainda, sobre algumas maneiras de incluir este tópico no ensino de Ciências. Como a disciplina fazia parte de um curso de formação de professores, atividades dessa natureza foram fundamentais para prover oportunidades para que os futuros professores pensassem em estratégias instrucionais que contemplassem a HC (Moura & Silva, 2014). Além disso, o conhecimento das estratégias instrucionais para se ensinar NdC é um elemento importante do PCK de Natureza da Ciência. Sendo assim, promover oportunidades para que licenciandos reflitam sobre como utilizar seus conhecimentos sobre HC e/ou NdC nessas situações também justifica a implementação desse tipo de atividade em cursos de formação de professores.

Pensando nisso, na atividade 12 foi dada a instrução para que os licenciandos planejassem uma aula (com duração de até 40 minutos) direcionada a uma turma qualquer da Educação Básica. O objetivo dessa atividade era que alguns dos aspectos (históricos e/ou sobre NdC) discutidos ao longo da disciplina fossem abordados na aula. A professora e a pesquisadora não delimitaram quais deveriam ser os conteúdos científico-curriculares, os aspectos de HC e/ou NdC que deveriam ser contemplados nas aulas, tendo os licenciandos total liberdade quanto à escolha desses elementos. Entretanto, seria necessário justificar, por escrito, por que os aspectos abordados foram escolhidos e como eles poderiam ser relevantes para o aprendizado dos estudantes. Além disso, a aula poderia ser relacionada a algum conteúdo químico ou de outras áreas da Ciência. Os licenciandos também possuíam total liberdade para definir qual seria o formato e a dinâmica da aula, e quais recursos instrucionais (por exemplo, vídeos, textos, experimentos) iriam utilizar. Visto que a turma possuía poucos licenciandos, eles se dividiram em dois grupos para a realização desta atividade.

Convém salientar ainda que a professora que conduziu a disciplina possuía vasto conhecimento sobre HC e NdC e estava familiarizada com a perspectiva de Allchin (2011, 2013, 2017) para o ensino de NdC. Isto foi essencial para que discussões relevantes sobre HC e NdC ocorressem durante os encontros.

**Quadro 1** – Breve descrição das atividades implementadas na disciplina

Atividade	Título da atividade	Número de encontros	Breve caracterização
1	<i>Questionário 1</i>	1	Questionário contendo questões discursivas, relacionadas: às vivências dos licenciandos em relação à pesquisa científica (por exemplo, participação em conferências e projetos de iniciação científica); à participação em outras disciplinas relacionadas à HC ofertadas no curso; às expectativas que possuíam em relação à disciplina; e às visões que possuíam sobre Ciências e sobre HC.
2	<i>Guardachuvologia</i>	1	Atividade que objetiva discutir características essenciais da ciência, adaptada da proposta original de Smith e Sharmann (1999).
3	<i>História da Química em livros didáticos</i>	2	Análise e discussão sobre maneiras como a HC é apresentada em alguns livros didáticos brasileiros.
4	<i>Outras visões sobre História da Química em livros</i>	1	Análise de concepções sobre HC presentes em livros didáticos. Para nortear a aula, foi feita a leitura e discussão do artigo de Pitanga et al. (2014).
5	<i>Analisando a História da Química em materiais instrucionais</i>	1	Análise e discussão sobre o modo como a história da Química foi apresentada em seis exemplos retirados de outros tipos de materiais instrucionais.
6	<i>Kits de casos históricos</i>	5	Leitura e análise de alguns casos históricos da Ciência <sup>5</sup> e posterior elaboração de uma maneira criativa de apresentá-los para a turma.
7	<i>Análise do caso histórico Marie Curie</i>	4	Análise e discussão de recortes do filme Madame Curie (LeRoy, 1943), além de leitura e discussão do artigo <i>Um Sobrevoo no “Caso Marie Curie”: Um experimento de antropologia, gênero e ciência</i> (Pugliese, 2007).
8	<i>Questionário II</i>	1	Questionário contendo quatro questões discursivas, cujo objetivo era identificar e caracterizar as ideias dos licenciandos sobre HC e NdC até aquele momento da disciplina. Possuía duas questões relacionadas à NdC e duas relacionadas ao caso histórico de Marie Curie.
9	<i>Análise de um caso contemporâneo</i>	2	Análise e discussão sobre um caso contemporâneo relacionado a Mulheres na Ciência.
10	<i>Aspectos históricos sobre a Hipótese de Avogadro</i>	4	Leituras e análise sobre as ideias que subsidiaram a elaboração da hipótese de Avogadro.
11	<i>Aspectos físico-químicos relacionados à elaboração da Hipótese de Avogadro</i>	4	Realização, análise e discussão de uma atividade de ensino sobre o tema, proposta originalmente por Romanelli e Justi (1998).
12	<i>Elaboração e implementação de uma aula simulada</i>	6	Planejamento e execução de uma aula envolvendo aspectos históricos da Ciência e de Natureza da Ciência.

<sup>5</sup> Os kits de casos históricos já haviam sido elaborados e implementados em outro contexto de pesquisa. Para mais informações sobre o conteúdo dos casos históricos contemplados nos kits e sobre a elaboração dos mesmos, consultar Justi e Mendonça (2016).

## **A coleta de dados**

Considerando a natureza das atividades e das discussões previstas para a disciplina, todas as aulas daquele semestre letivo foram acompanhadas, visando à obtenção de dados que pudessem subsidiar a discussão das questões que desejávamos investigar. Além disso, o acompanhamento integral da disciplina se justifica por contribuir para uma maior familiaridade do pesquisador com os sujeitos pesquisados (Jaccoud & Mayer, 2010), aspecto importante para que os licenciandos não se constrangessem com a presença da pesquisadora e, assim, sentissem liberdade para expressar suas ideias. Além da observação das aulas, todos os encontros foram registrados em áudio e vídeo visando documentar reflexões e questionamentos levantados pelos licenciandos durante as discussões em grupo e com toda a turma, de forma a favorecer a análise do processo vivenciado por eles.

No início e durante a disciplina, os licenciandos também foram solicitados a responder dois questionários contendo questões abertas, as quais tinham por objetivo identificar suas visões sobre NdC. Com isso, não desejávamos categorizar tais visões enquanto ingênuas ou adequadas, mas compreender se e como elas se modificaram ao longo da disciplina. Além dos questionários, todos os registros escritos produzidos pelos licenciandos nas atividades realizadas ao longo da disciplina foram fotocopiados para que pudessem completar as informações registradas nos vídeos.

Por fim, a última etapa da coleta de dados se constituiu na condução de entrevistas semiestruturadas, que foram realizadas após o término da disciplina. Com isso, esperávamos obter mais evidências sobre se, e como, as atividades relacionadas à HC realizadas ao longo da disciplina favoreceram reflexões sobre NdC por parte dos licenciandos.

Embora este estudo se baseie diretamente nos dados obtidos a partir do registro das aulas em vídeo e a partir do segundo questionário (atividade 8), o conjunto de todos os outros dados citados nos possibilitou ter uma ampla visão sobre as ideias dos licenciandos ao longo do semestre – aspecto importante para sustentar algumas das afirmativas feitas na discussão dos dados.

## **Análise de dados**

O primeiro passo para iniciar o processo de análise dos dados foi assistir aos vídeos relacionados aos encontros que ocorreram na disciplina. A partir disto, foi elaborado um portfólio de vídeo (Powell Francisco, & Maher, 2004) com o objetivo de descrever cada um dos encontros e as entrevistas. Como o foco de nossa análise eram as reflexões explicitadas pelos licenciandos, as descrições consistiram em sintetizar as mesmas e identificar os períodos de tempo em que elas ocorreram. Dessa forma, seria possível, sempre que necessário, encontrar trechos do vídeo relevantes para a análise dos dados. Os portfólios de vídeo referentes às aulas e às entrevistas foram importantes não apenas para sistematizar os dados coletados, mas também para identificar padrões e fenômenos chave relevantes. A busca por evidências relevantes possibilitou selecionar os eventos significativos a serem focados de maneira direta na análise.

A partir deste processo, optamos pela metodologia de análise baseada na construção de estudos de caso, nos quais teríamos a chance de identificar padrões e singularidades do processo vivenciado pelos licenciandos ao longo da disciplina. Dessa maneira, esperávamos compreender os dados obtidos à luz desses padrões e singularidades e, assim, obter informações que nos possibilitassem responder nossas questões de pesquisa. Considerando as questões que desejávamos investigar, julgamos pertinente que cada licenciando fosse considerado um “caso” específico, ou seja, cada licenciando seria uma unidade primária de análise. Pensando nisso, no decorrer da pesquisa, buscamos coletar informações diversas relacionadas a cada um dos sujeitos. Assim, produziríamos não um estudo de caso único (o que implicaria em a turma ser a unidade de análise), e sim um estudo de casos múltiplos (Yin, 2001).

Com vistas a selecionar quantos casos seriam construídos em nossa análise (uma vez que seria inviável produzir oito estudos de caso), foram definidos alguns critérios. O primeiro deles foi selecionar os licenciandos que tivessem expressado ideias de forma clara e justificada no momento da entrevista. Tal critério nos pareceu importante para que não fizéssemos afirmações a respeito de reflexões que não foram explicitadas de maneira concisa pelos licenciandos e que poderiam dar margem a interpretações diversas. O segundo foi a quantidade de informações relevantes sobre cada licenciando, coletadas ao longo da disciplina. O estabelecimento deste critério foi necessário pois, embora alguns licenciandos tivessem expressado ideias claras nas entrevistas, eles não explicitavam suas ideias com frequência durante os encontros. A partir da análise dos vídeos, foi possível perceber que alguns licenciandos estavam claramente acompanhando as discussões, mas não faziam muitas intervenções, principalmente por serem bastante tímidos. Sendo assim, não seria possível fazer nenhuma afirmação sobre o que eles estavam pensando, o que limitou a coleta de

informações relevantes sobre tais sujeitos. Por fim, o terceiro critério foi a quantidade de intervenções feitas pelos licenciandos no momento do planejamento da aula. Assim como havia ocorrido nas discussões ao longo da disciplina, alguns dos licenciandos participaram de poucos momentos durante os encontros destinados ao planejamento das aulas. Tais intervenções eram relevantes pois, naquele momento, eles tiveram a oportunidade de mobilizar seus conhecimentos sobre HC e NdC e utilizá-los no planejamento de uma aula. A partir das reflexões explicitadas por eles durante o planejamento das aulas seria possível identificar, por exemplo, se (e quais) aspectos sobre HC e/ou NdC foram marcantes para eles; como eles utilizaram os conhecimentos de NdC para elaborar a aula; e quais aspectos sobre estes tópicos eles consideraram importantes de serem inseridos na aula.

A partir dos critérios estipulados, foram selecionadas duas licenciandas (Diana e Maria, nomes fictícios), entre os oito licenciandos que participaram da disciplina, para fundamentar nosso estudo de casos múltiplos<sup>6</sup>. De acordo com Yin (2001), são suficientes de dois a três casos quando se deseja identificar padrões semelhantes em um estudo de casos múltiplos. No contexto estudado, os dois casos foram construídos a partir das reflexões explicitadas pelas licenciandas e contêm evidências que dão suporte às discussões das questões de pesquisa (tanto as do estudo mais amplo quanto as definidas para discussão neste artigo). Sendo assim, mesmo que algumas atividades tenham sido realizadas em grupo e que as falas de outros licenciandos tenham sido apresentadas em alguns diálogos, o foco de nossa análise convergiu para as reflexões de Diana e Maria nas diversas situações analisadas.

Após a construção do estudo de casos múltiplos, foram identificados, nas falas de cada uma das licenciandas, aspectos de NdC que se relacionam às categorias epistêmicas funcionais contempladas no inventário de DCC (Allchin, 2011; 2013; 2017). Conforme mencionado anteriormente, optou-se por utilizar o inventário de DCC para nortear nossa análise de dados pois desejávamos compreender como os conhecimentos de NdC foram mobilizados pelas licenciandas durante o planejamento da aula. Como o inventário de DCC foi elaborado com o objetivo de apresentar um panorama sobre o histórico que caracteriza a construção de afirmativas científicas, relacionar as reflexões explicitadas pelas licenciandas às categorias que o constituem nos pareceu uma maneira de favorecer a compreensão sobre o conteúdo das reflexões sobre NdC que nortearam o planejamento da aula (ou uma parte importante dela).

Para relacionarmos as falas das licenciandas às categorias contempladas no inventário de DCC, foi necessário realizar uma adaptação do mesmo. Ao analisar a versão mais recente do inventário<sup>7</sup> (Allchin, 2017), observamos que a mesma não contempla algumas categorias importantes sobre o processo de produção do conhecimento científico que foram identificadas nas falas das licenciandas. Além disso, o autor não apresenta uma definição concisa para cada uma das categorias do inventário de DCC, o que torna difícil relacioná-las às reflexões explicitadas. Considerando estas limitações, optamos por fazer uma adaptação desta ferramenta, o que ocorreu em duas etapas: (i) elaboração de uma definição concisa para cada uma das dimensões, categorias e subcategorias<sup>8</sup> contempladas nas DCC; e (ii) inserção e definição de categorias que não foram contempladas nas DCC. Em relação a esta última, salientamos que a inserção de novas categorias é algo recomendado por Allchin (2013). Conforme o próprio autor, o inventário não esgota todas as possíveis categorias epistêmicas funcionais que poderiam ser contempladas. Por isso, julgamos coerente acrescentar novas categorias quando necessário.

Dessa forma, ao analisar os dados identificamos a necessidade de acrescentar uma nova categoria epistêmica funcional à dimensão *sociocultural*. Tal categoria foi denominada *contexto* e contemplou as subcategorias *contexto histórico-social*, *contexto político* e *contexto econômico*. O objetivo de acrescentar essa categoria foi o de contemplar discussões acerca do contexto que caracteriza a produção da Ciência, tanto no passado quanto nos dias atuais. Visto que alguns casos históricos foram abordados ao longo da disciplina, identificamos com frequência reflexões relacionadas a tais subcategorias por parte dos licenciandos.

Ao utilizar o inventário de DCC para nortear a análise de dados, foi atribuído um código para cada uma das dimensões, suas categorias epistêmicas funcionais e suas subcategorias, conforme exemplificado na tabela 1.

<sup>6</sup> Para mais informações sobre o conteúdo dos estudos de caso, consultar Almeida (2019).

<sup>7</sup> Embora tenhamos conhecimento das três versões do inventário de DCC publicadas pelo autor (Allchin, 2011; 2013; 2017), ao compará-las identificamos que elas contemplam as mesmas categorias, porém organizadas de maneira diferente. Por isto, optamos por basear nossa análise na versão mais recente.

<sup>8</sup> Na sessão Resultados e Discussão, nos referimos às subcategorias identificadas nas falas das licenciandas como 'aspectos de NdC' e suas identificações estão grafadas em itálico.

**Tabela 1** – Exemplo de atribuição de códigos aos elementos da versão adaptada do inventário de Dimensões de Confiabilidade da Ciência proposto por Allchin (2017).

<b>Dimensões</b>	<b>Categorias epistêmicas funcionais</b>	<b>Subcategorias</b>
Observacional (1)	Observações e Medições (1.1)	Precisão (1.1.1) Papel dos estudos sistemáticos (versus conclusões derivadas somente de experiências ocasionais) (1.1.2) Consistência das evidências (1.1.3) Coerência entre diferentes tipos de dados (1.1.4)

Após a atribuição de códigos para cada elemento do inventário, eles foram utilizados para relacionar as reflexões expressas pelas licenciandas às etapas que caracterizam o processo de construção do conhecimento científico. Como desejávamos investigar como tais conhecimentos de NdC podem influenciar a apropriação e a interpretação de informações históricas e, ainda, as decisões relacionadas a estratégias instrucionais, o estabelecimento dessas relações no processo de análise de dados se mostrou pertinente. A tabela 2 exemplifica como ocorreu este processo. No exemplo apresentado, o conteúdo de uma das reflexões explicitadas por Diana é relacionado a três subcategorias do inventário das DCC: 3.1.1. Colaboração e competição entre cientistas; 3.5.1. Contexto histórico-social; e 3.5.2. Contexto político.

**Tabela 2** – Exemplo da utilização do inventário de DCC na análise dos dados.

<b>Evento</b>	<b>Transcrição</b>	<b>Subcategorias do inventário de DCC</b>
Planejamento da aula	[Queria] mostrar que existe contribuição na Ciência. Outro aspecto também que eu pensei foi a questão do Napoleão, porque os dois [Galvani e Volta] moravam na Itália. Porém um [Galvani], pelas questões políticas, teve que deixar o trabalho... e a gente vê que ele estava chegando numa mesma... numa mesma não, mas muito próximo do que foi produzido pelo Volta. E depois Volta foi justamente renomado, premiado, porque ele apoiava o governo da Itália. Então você vê essa questão social bem forte, que eu acho interessante passar isso para os alunos.	3.1.1 3.5.1 3.5.2

Para realizar as discussões relevantes a este artigo, nossa análise focou particularmente quatro eventos contemplados nos estudos de caso, a saber, realização das atividades 6, 7, 8 e 12 (Quadro 1). Estes eventos foram escolhidos por terem ocorrido em situações nas quais as licenciandas expressaram reflexões sobre NdC com maior frequência e de maneira mais clara.

Tendo concluído o processo de elaboração dos estudos de caso, categorização das reflexões explicitadas pelas licenciandas de acordo com o inventário de DCC e seleção dos eventos-chave, foram construídos gráficos que nos permitiram identificar em que momentos da disciplina as licenciandas explicitaram reflexões sobre NdC semelhantes àquelas que ocorreram no momento do planejamento da aula simulada. A partir disto, foi possível observar alguns padrões que subsidiaram as discussões apresentadas neste artigo.

Todas as etapas metodológicas foram trianguladas entre as duas pesquisadoras, de forma a garantir a confiabilidade da análise.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentamos parte do conteúdo relacionado aos dois estudos de caso que compõem nosso estudo de casos múltiplos, com vistas a nortear as discussões das questões de pesquisa que orientam este artigo.

### Caso I: Diana

A partir do processo de análise de dados anteriormente descrito, foi possível identificar quais conhecimentos de NdC foram mobilizados por Diana durante o planejamento da aula e, ainda, em quais outros momentos da disciplina esses mesmos conhecimentos foram mobilizados. Tais conhecimentos se relacionaram a: *contexto político da Ciência; contexto histórico-social da Ciência; revisão por pares e resposta a críticas; formas de persuasão utilizadas na Ciência; colaboração e competição entre cientistas; papel das concepções prévias dos cientistas; e mudanças conceituais que podem ocorrer durante o processo de produção do conhecimento científico*. Além disso, identificamos que, com exceção dos aspectos *contexto político da Ciência e mudança conceitual*, todos os outros aspectos de NdC foram identificados em falas de Diana que ocorreram em outros momentos da disciplina (atividades 6 e 7). A seguir, apresentamos como tais conhecimentos foram mobilizados para: manifestar uma visão crítica acerca do modo como a HC é apresentada em livros didáticos; identificar elementos relevantes do caso histórico a serem inseridos na aula; propor estratégias instrucionais; e avaliar como as estratégias instrucionais adotadas poderiam favorecer reflexões de natureza epistemológica por parte de estudantes.

Com vistas a apresentar ao leitor o contexto em que tais reflexões ocorreram, é necessário destacar alguns detalhes. Ainda que a aula tenha sido elaborada em grupo de quatro licenciandos, Diana teve a iniciativa de pesquisar sobre a controvérsia histórica entre Luigi Galvani e Alessandro Volta e sugeriu que ela fosse utilizada para abordar o tema Eletroquímica. Assim, ela iniciou a atividade explicando aos colegas sobre a história do cientista Luigi Galvani, suas ideias relacionadas à teoria da eletricidade animal e como essa teoria foi colocada em xeque pelo cientista Alessandro Volta. A licencianda iniciou sua fala explicando que Volta havia, de certa forma, baseado seu trabalho nas ideias de Galvani. Aqui Diana se referiu ao fato de que Luigi Galvani foi quem primeiro publicou os resultados do experimento relacionado ao fenômeno de contração das patas de uma rã morta, quando seus nervos são tocados por um arco metálico. Galvani interpretou estes resultados experimentais à luz da teoria da eletricidade animal e publicou um artigo sobre isso em um veículo de comunicação científica (*Commentarii*) da Academia de Ciências da Universidade de Bolonha, no final do século XVIII. Naquele contexto, os resultados publicados por Galvani foram surpreendentes e causaram grande comoção no meio científico, o que levou vários cientistas da época a reproduzir o experimento (Bernardi, 2000). Foi a partir da publicação daquele artigo que Alessandro Volta iniciou os estudos que colocaram em xeque a teoria da eletricidade animal proposta por Galvani. A partir destas informações, uma das colegas do grupo questionou Diana se Volta havia “roubado” a ideia de Galvani. Ela explicou que os dois cientistas haviam dado diferentes interpretações para o fenômeno de contração das patas de uma rã morta, quando seus nervos são tocados por um material metálico. Nas palavras da licencianda:

*“Não... se ensina nos livros assim, que um [se referindo a Galvani] explicou... tipo assim, entendeu errado o fenômeno e o outro [se referindo a Volta] consertou. Mas na verdade não foi isso. Todos os dois eram cientistas, os dois de universidade. Um trabalhava com uma coisa completamente diferente da outra. Um era físico e o outro era biólogo.”*

Aqui, Diana se manifestou de maneira contrária ao modo como a controvérsia histórica é abordada em livros didáticos uma vez que, como apresentado nos mesmos, Galvani teria dado uma interpretação errada para o fenômeno de contração das patas da rã, ao defender o posicionamento de que os seres vivos possuíam eletricidade animal. Diana desmistificou essa ideia ao salientar que Galvani e Volta possuíam formações acadêmicas distintas. Assim, tal reflexão da licencianda indica a relevância dos conhecimentos de NdC para a manifestação de uma visão crítica quanto ao modo como a HC é apresentada nos livros didáticos. Conforme mencionado anteriormente, é comum que livros didáticos apresentem informações históricas de maneira limitada e superficial, o que pode se constituir em um obstáculo para a inserção da HC em contextos de ensino (Justi & Gilbert, 1999; Höttecke & Silva, 2011). Sendo assim, o conhecimento por parte de Diana de que as concepções prévias de cientistas influenciam a maneira como eles interpretam fenômenos foi importante para que ela questionasse o modo como esta controvérsia vem sendo apresentada em livros didáticos.

Embora na fala anterior não tenha sido evidente a relação entre a reflexão de Diana e o *papel das concepções prévias dos cientistas*, isto ficou evidente posteriormente, quando a professora da disciplina questionou os licenciandos do grupo sobre o que eles esperavam discutir a partir da controvérsia histórica

escolhida. Naquele momento, Diana destacou aspectos como: *a colaboração entre cientistas, a influência dos contextos político, histórico e social na Ciência* e, novamente, *o papel das concepções prévias dos cientistas*:

*“Mostrar que existe contribuição na Ciência. Outro aspecto também que eu pensei foi a questão do Napoleão, porque os dois [Galvani e Volta] moravam na Itália. Porém um [Galvani], pelas questões políticas, teve que deixar o trabalho... e a gente vê que ele estava chegando numa mesma... numa mesma não, mas muito próximo do que foi produzido pelo Volta. E depois Volta foi justamente renomado, premiado, porque ele apoiava o governo da Itália. Então você vê essa questão social bem forte, que eu acho interessante passar isso para os alunos.”*

As questões políticas sobre as quais Diana se referiu se relacionam ao fato de Luigi Galvani ter perdido seu posto na Universidade de Bolonha por se posicionar de maneira contrária às ideias revolucionárias e republicanas de Napoleão Bonaparte. Alessandro Volta, por sua vez, se mostrou simpático a esta revolução política, o que fez com que ele recebesse congratulações por parte de Napoleão (por exemplo, se tornou senador do Reino da Itália) (Bernardi, 2000). Isso fez com que as carreiras dos dois cientistas tomassem rumos diferentes: enquanto Volta deu prosseguimento às suas pesquisas, Galvani ficou impossibilitado de fazer o mesmo devido à ausência dos recursos financeiros necessários. Nesta fala, a licencianda não apenas expressou reflexões de natureza epistemológica, como também foi capaz de identificar quais elementos da controvérsia histórica poderiam ser abordados. Considerando as dificuldades que professores possuem para selecionar os aspectos de um caso histórico a serem destacados e omitidos (Forato et al., 2012) e para identificar quais elementos dos contextos social e cultural devem ser inseridos em uma abordagem histórica (Henke & Höttecke, 2015), estes dados corroboram a hipótese de que a compreensão sobre NdC pode auxiliar na superação dessas dificuldades.

De maneira similar, em outro momento Diana sugeriu que fosse discutido sobre a colaboração entre cientistas e também sobre as mudanças conceituais que ocorrem na Ciência, visto que nem sempre os cientistas do passado tiveram ideias coerentes com aquelas consolidadas atualmente na Ciência. Em suas palavras:

*“Eu pensei que se a gente for trabalhar essa [história] da pilha, é bem interessante a ideia de você trabalhar que a Ciência é uma contribuição com a outra. Trabalhar esse aspecto... e que nem sempre que você tem uma explicação consolidada, foi assim que teve na história... foi um processo. E aí eu pensei de a gente fazer esse trabalho, de tentar entender o conceito de um, com alguma atividade, e depois o outro<sup>9</sup>. E isso poderia ser feito... numa sala, você poderia formar dois grupos, dar dois textos que explicassem as duas teorias, e cada grupo apresentaria.”*

Tal fala da licencianda indica que ela não apenas mobilizou conhecimentos de NdC – os quais poderiam ser discutidos a partir do caso histórico –, mas também utilizou esses conhecimentos para propor uma estratégia instrucional. Isto pode ser identificado quando ela sugeriu que a turma fosse dividida em dois grupos, e que cada grupo recebesse um texto sobre como cada um dos cientistas (Galvani e Volta) interpretou o experimento sobre contração das patas de uma rã. Ao fazer tal sugestão, Diana manifestou um conhecimento relacionado a estratégias instrucionais, o qual é um importante elemento do PCK de Natureza da Ciência. Além disso, o ato de mobilizar um conhecimento de NdC para propor uma estratégia instrucional, é algo que constitui o PCK em ação (ePCK). Dessa forma, embora não seja possível afirmar que houve o desenvolvimento desse tipo de PCK por parte de Diana, aquela reflexão indica a manifestação de um conhecimento relevante em termos da formação da licencianda enquanto futura professora. Isto pôde ser identificado ainda em outro momento, quando Diana sugeriu aos colegas que fosse apresentada uma situação problema para a qual os estudantes teriam que propor uma solução, favorecendo, assim, que eles entendessem algumas das incógnitas com as quais Galvani e Volta se depararam.

*“E aí a gente explicaria essa relação de eletricidade, explicaria o que aconteceu... que é normalmente como a aula é dada. Depois a gente colocaria a situação problema que é essa da eletricidade com os músculos. E iria falar com eles ‘o que vocês acham que aconteceu? Com base no que a gente estudou’ [...] ‘qual ideia vocês iriam propor para o que está acontecendo?’ Tentar fazer o mesmo caminho do cientista... ‘vocês acham que daria certo?’.”*

<sup>9</sup> Aqui, a licencianda estava se referindo às teorias propostas pelos cientistas Galvani e Volta para explicar o fenômeno de contração das patas de uma rã morta.

Nesta ocasião, Diana sugeriu que fosse apresentado para os estudantes o experimento de contração das patas da rã por um metal para que, a partir disso, eles fossem solicitados a propor explicações sobre as reações de óxido-redução que deveriam ter sido discutidas em aulas anteriores. Ainda em relação à ideia de reproduzir a situação problema vivenciada por Galvani e Volta, Diana sugeriu uma estratégia que poderia contribuir para que os dois pontos de vista fossem discutidos na aula:

*“Olha, a gente pode colocar um texto pequeno e algumas perguntas que vão conduzir o raciocínio das pessoas exatamente como o cientista raciocinou, entendeu? Uma com uma abordagem mais biológica e outra com uma abordagem mais física... e aí eles vão explicar por teorias diferentes.”*

Neste trecho, a licencianda se referiu às duas possíveis maneiras de interpretar o fenômeno em questão (uma sob a perspectiva biológica e outra sob a perspectiva física) e como isto poderia ser um elemento para nortear a dinâmica da aula. Embora reconhecemos que não é possível ter certeza sobre o que os cientistas do passado pensaram e como raciocinaram, consideramos relevante destacar o modo como, mais uma vez, Diana mobilizou um conhecimento de NdC para propor uma estratégia instrucional. Nesse sentido, o conhecimento de que o *background* teórico dos dois cientistas influenciou o modo como eles interpretaram e explicaram os fenômenos, poderia ser utilizado como uma estratégia para que os estudantes se deparassem com uma situação-problema similar àquela com a qual aqueles cientistas haviam se deparado. O movimento de mobilizar um conhecimento de NdC para elaborar uma estratégia instrucional com elementos investigativos também indica que reflexões de natureza epistemológica podem contribuir para a superação de dificuldades relacionadas à elaboração de abordagens históricas. Considerando as dificuldades que professores possuem em identificar como determinado caso histórico pode favorecer o desenvolvimento de habilidades investigativas (Henke & Höttecke, 2015), os dados apresentados indicam que o entendimento sobre NdC pode auxiliá-los a elaborar maneiras de favorecer o desenvolvimento de tais habilidades. Além disso, a reflexão de Diana indica, novamente, a manifestação de um conhecimento que possui estreita relação com os conhecimentos sobre estratégias instrucionais.

Ainda durante o planejamento da aula, foi possível identificar algumas reflexões por parte de Diana sobre como algumas das estratégias instrucionais adotadas poderiam auxiliar os estudantes a compreender sobre NdC. Em determinado momento ela destacou que:

*“Aí o que eu pensei... eu pensei nessa parte, de contribuir na motivação dos alunos, para desmistificar a visão do cientista como uma pessoa antissocial. Porque quando os alunos começarem a propor explicações para o fenômeno, eles vão estar criando ciência, eles vão estar pensando... a gente vai estar direcionando eles para isso. Pensei também nessa parte... contribuir para os alunos terem a noção que o conhecimento científico não é um processo linear nem acumulativo.”*

Aqui, Diana enfatizou que a estrutura da aula proposta por eles possibilitaria a discussão de aspectos como o fato de um cientista não trabalhar sozinho e, ainda, que o processo de produção da Ciência não é linear e acumulativo, o que aconteceria a partir das discussões acerca das teorias de Galvani e Volta. Posteriormente (mas ainda na preparação da aula), ela novamente destacou como a estratégia instrucional adotada poderia favorecer a reflexão sobre o *papel da revisão por pares* e das *formas de persuasão para a aceitação do conhecimento científico*.

*“Outro ponto também do trabalho em grupo é a questão de conseguir construir a ideia em conjunto. Querendo ou não, isso já é uma característica da Ciência. Igual a gente estava discutindo que a Ciência não se faz sozinha, que tem que ter uma certa aceitação... Quando eles começam a trabalhar essa parte de elaborar uma justificativa para o fenômeno em conjunto, eles já começam a querer a aceitação do grupo.”*

Tal fala indica sua percepção de que as discussões em grupos poderiam levar os estudantes a propor uma explicação para o fenômeno, a qual seria então avaliada e, talvez, aceita pelos demais integrantes de cada um dos grupos. Assim, ela não apenas reconheceu o convencimento dos pares e a validação por parte destes como práticas intrínsecas à Ciência, mas também refletiu sobre como aquela estratégia instrucional poderia favorecer tais práticas em um contexto de ensino. Este resultado se mostra relevante especialmente ao se considerar as dificuldades que professores possuem para elaborar práticas que contribuam para o aprendizado de NdC de seus estudantes (Höttecke & Silva, 2011) ou, ainda, para identificar quais discussões sobre este tópico podem ser feitas a partir de um caso histórico (Henke & Höttecke, 2015).

Além disso, as duas últimas falas de Diana também refletem o modo como seus conhecimentos de NdC nortearam o processo de elaboração de uma estratégia instrucional, sua dinâmica e as possíveis consequências da mesma para a formação dos estudantes. Assim como identificado anteriormente, tais reflexões possuem estreita relação com conhecimentos sobre estratégias instrucionais, além de se mostrarem extremamente relevantes para a formação da licencianda, em termos de favorecer o desenvolvimento de conhecimentos como o ePCK.

## **Caso II: Maria**

Como no caso de Diana, identificamos quais conhecimentos de NdC foram mobilizados por Maria durante o planejamento da aula e, ainda, quando esses mesmos conhecimentos foram mobilizados em outros momentos da disciplina. Os aspectos de NdC identificados foram: *o papel de modelos na Ciência; o espectro de motivações para fazer Ciência; o papel das concepções prévias dos cientistas; colaboração e competição entre cientistas; e revisão por pares e resposta a críticas*. Além disso, identificamos que, com exceção dos aspectos *papel dos modelos na Ciência e espectro de motivações para fazer Ciência*, todos os outros aspectos de NdC foram identificados em falas de Maria que ocorreram em outros momentos da disciplina (atividades 6, 7 e 8). A partir disto, discutimos como estes conhecimentos podem ter influenciado o modo como a licencianda interpretou informações históricas e identificou elementos relevantes do caso histórico a serem inseridos na aula.

Para o planejamento da aula, Maria iniciou sua fala explicando às colegas do grupo sobre um artigo que havia lido que relatava que a Lei da Conservação das Massas não foi elaborada a partir da realização de um único experimento e não era uma ideia bem estabelecida como é atualmente. Ela também explicou que, antes de Lavoisier, outros cientistas tiveram ideias semelhantes, mas não conseguiram evidências experimentais que dessem respaldo a tais ideias, o que fez com que suas ideias não fossem aceitas por alguns grupos de cientistas. Assim, Maria sugeriu que a aula abordasse os aspectos históricos relacionados ao desenvolvimento das ideias envolvidas na Lei da Conservação das Massas. Nesse sentido, ela declarou que:

*“Eu gostei muito dele [do tema] porque... aquela parte de que não tem consenso e que essa ideia surgiu na verdade de um pensamento filosófico, dessa ideia de que as coisas têm que se conservar, que é uma transformação e que não é possível que aquilo sumiu... Por mais que pareça muito óbvio, quando você vai lendo o texto você vê como era difícil pensar nisso. Imagina naquela época com pouco recurso, como você vai pensar que em um processo a massa vai se conservar? Por que não poderia, por exemplo, ter uma multiplicação? Ter uma massa duas vezes maior, ou ter uma massa menor no final do processo? Essa ideia, pra quem não tem nada, não é uma coisa trivial como parece.”*

Tal fala reflete o modo como Maria interpretou a informação histórica de que houve um pensamento filosófico que norteou a proposição da Lei de Conservação das Massas. Esta reflexão está atrelada à ideia de que as concepções prévias dos cientistas influenciam o modo como eles interpretam os dados e propõem teorias e também evidencia como ela mobilizou um conhecimento de NdC ao analisar o caso histórico mencionado.

Após algumas discussões, o grupo decidiu que não seria viável abordar o tema sugerido por Maria tendo em vista o tempo estipulado para a duração da aula. Sendo assim, uma das colegas sugeriu que a aula contemplasse aspectos históricos relacionados à síntese da amônia pelo cientista Fritz Haber, como uma maneira de se discutir sobre o Princípio de Le Chatelier. Ao considerar sobre este tema, Maria declarou que:

*“Só que eu acho que antes disso, a gente tinha que falar por que era tão importante produzir essa amônia. Por que o cara (sic) [se referindo a Fritz Haber] vai gastar a vida dele pra fazer um experimento? Pra quê? Qual era o objetivo? Então acho que seria legal se a gente explorasse essa parte do objetivo, porque já pega uma coisa que a gente aprendeu na disciplina: as ideias não surgem do nada. Tinha uma motivação para as pessoas pesquisarem isso. (...) Próximo passo, o que seria? Acho que uma vez que a gente definiu porque eles estavam pesquisando isso, a gente pode começar a falar quem trabalhou com isso. Porque esses caras (sic) tiveram sucesso, mas outras pessoas devem ter pensado nisso. E aí a gente pode trabalhar também outra parte, que é a questão de que tem muita gente trabalhando. O cara (sic) ganhou o Nobel, mas tinha outras pessoas trabalhando.”*

Tal fala indica que Maria considerou o fato de que existe um espectro de motivações para se fazer Ciência e que, naquele caso, seria importante considerar o que levou Fritz Haber a pesquisar sobre a síntese da amônia. Além disso, a licencianda considerou a colaboração entre cientistas ao mencionar que poderiam existir outros cientistas, além de Fritz Haber, que pesquisaram sobre a síntese da amônia. A reflexão da licencianda também indica sua preocupação em abordar estes aspectos de NdC na aula. Tal preocupação ficou igualmente evidente em outro momento daquela discussão:

*“Ah, você sabe o que eu acho que a gente pode fazer antes disso? Colocar assim... ele [Fritz Haber] estava trabalhando e quais foram as principais ideias que apareceram em relação a isso? Não é? Porque a partir daí a gente pode começar a explorar aquela questão de que a Ciência não é consensual. Porque certamente quando eles propuseram isso, pode ser que outras pessoas não concordavam com eles.”*

Neste trecho, a licencianda considerou a possibilidade de se discutir sobre o papel das críticas na Ciência, ao considerar a possibilidade de haver outros cientistas que possuíam ideias diferentes daquelas que eram defendidas por Fritz Haber. Aqui, e nos trechos apresentados anteriormente, Maria mobilizou conhecimentos de NdC para estabelecer quais elementos do caso histórico deveriam ser melhor compreendidos e abordados na aula. As duas últimas falas de Maria também refletem a concatenação de ideias da licencianda por meio da qual ela propõe a apresentação de uma sequência lógica de acontecimentos e aspectos históricos, os quais deveriam nortear a dinâmica da aula. Assim como no caso de Diana, identificamos a mobilização de conhecimentos de NdC para elaborar estratégias instrucionais, processo que está relacionado ao ePCK. Além disso, o conteúdo da reflexão explicitada por ela possui estreita relação com os conhecimentos sobre estratégias instrucionais.

Em um momento posterior, o grupo percebeu que o Princípio de Le Chatelier não é totalmente adequado para explicar a reação de síntese da amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio. Isso porque, de acordo com tal princípio, era esperado que, por ser exotérmica, esta reação ocorresse sob condições de altas pressões e baixas temperaturas. Contudo, após as leituras dos textos históricos relacionados ao trabalho de Fritz Haber, as licenciandas constataram que o cientista propôs que a síntese da amônia deveria ocorrer em temperaturas relativamente altas e pressão moderada. Isto se justifica pelo fato de que esta reação exige que sejam consideradas não apenas as condições termodinâmicas, mas também as condições cinéticas que favorecem o deslocamento do equilíbrio químico no sentido da produção de amônia. Tal fator é importante pois a ligação covalente tripla presente nas moléculas de gás nitrogênio é extremamente forte, o que faz com que a energia de ativação da reação seja muito alta. Sendo assim, temperaturas baixas não favorecem a produção de amônia com um rendimento satisfatório.

Entretanto, a importância de se considerar sobre os fatores cinéticos e termodinâmicos não foi algo que ficou claro para as licenciandas em um primeiro momento. Por este motivo, elas recorreram a um professor da universidade, especialista em Físico-Química, com o objetivo de esclarecer suas dúvidas em relação ao conteúdo químico que permeava o caso histórico em questão e, com ele, tiveram alguns encontros para discutir sobre o tema. Isto evidencia o engajamento de Maria e das outras licenciandas do grupo em considerar não apenas os aspectos históricos relacionados à síntese da amônia, mas também os aspectos químicos envolvidos na temática. A partir destas discussões, Maria declarou que:

*“Eu acho que apesar de a gente ter dificuldade de ver essa questão aí, da amônia, ela é muito legal para desconstruir... porque as pessoas têm uma ideia muito ingênua de equilíbrio químico. Aham que equilíbrio químico é Le Chatelier e que eu posso usar isso pra tudo! Então eu acho que isso quebra um pouco essa ideia, traz uma coisa mais crítica em relação à Ciência, que eu acho que é o objetivo de se colocar esses aspectos históricos.”*

Tal fala de Maria indica sua percepção sobre o papel e as limitações de modelos na Ciência, ao salientar que o Princípio de Le Chatelier não se aplica a qualquer situação. Além disso, ela destacou este aspecto de NdC como um elemento do caso histórico que poderia contribuir para uma visão mais crítica sobre a Ciência. Aqui destacamos o modo como tais conhecimentos foram mobilizados por Maria ao interpretar alguns dos elementos presentes no caso histórico. Tais interpretações, por sua vez, auxiliaram a licencianda na identificação de quais elementos do caso histórico poderiam ser inseridos na aula planejada para desmistificar concepções equivocadas sobre Ciência. O fato de Maria ter considerado sobre possíveis concepções ingênuas sobre Ciência é algo que possui relação com os conhecimentos sobre estudantes, importante constituinte do PCK de NdC. Dessa forma, o conteúdo da reflexão explicitada pela licencianda

também indica a relevância do conhecimento manifestado por ela em termos de sua formação enquanto professora.

Além disso, tal fala de Maria indica (i) a relevância dos conhecimentos de NdC para auxiliar na superação de dificuldades que professores possuem para identificar os aspectos históricos a serem destacados e omitidos em uma abordagem histórica (Forato et al., 2012); e (ii) que a licencianda manifestou compreender como os elementos do caso histórico poderiam auxiliar na compreensão do conteúdo químico (naquele caso, o entendimento sobre as abrangências e limitações do Princípio de Le Chatelier). Isto evidencia que conhecimentos de NdC podem ser relevantes para que professores identifiquem como casos históricos podem auxiliar o aprendizado de seus estudantes. Este resultado se mostra relevante ao se considerar a concepção de professores de que aspectos históricos não contribuem para o aprendizado de conteúdos científico-curriculares o que, por sua vez, se constitui em um obstáculo para a inserção dos mesmos no ensino (Garik et al. 2015).

Após sua fala, uma das colegas questionou sobre como elas fariam para que os estudantes percebessem que não é possível explicar o equilíbrio químico envolvido na reação de síntese da amônia por meio do Princípio de Le Chatelier. Outra colega afirmou que, para isso, seria necessário saber o que Le Chatelier teria pensado para elaborar tal princípio. A partir da fala das colegas, Maria argumentou:

*“Mas aqui, a gente realmente precisa saber isso? O que ele [Le Chatelier] pensou? Porque a nossa ideia não é usar o princípio como uma ferramenta para entender o contexto da síntese? Porque a gente já sabe que não vai dar certo. Mas por trás dos aspectos históricos tem a questão da amônia, do porquê era importante produzir amônia e quais foram os entraves para isso. Então, de certa forma, essa ideia prévia [Princípio de Le Chatelier] foi um entrave para a produção de amônia.”*

Tal fala evidencia o modo como Maria não apenas refletiu sobre o papel das concepções prévias dos cientistas na explicação dos fenômenos, mas também interpretou um elemento do caso histórico à luz deste aspecto. Isso fica claro quando ela destacou que o Princípio de Le Chatelier, enquanto um conhecimento prévio que os cientistas possuíam naquele contexto histórico, pode ter sido um obstáculo para o entendimento das condições adequadas para sintetizar a amônia. Assim como em falas anteriores, identificamos nesta o papel dos conhecimentos de NdC para nortear o modo como informações históricas foram interpretadas pelas licenciandas.

## **CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES**

Como mencionado anteriormente, ao conduzirmos este estudo esperávamos compreender como licenciandos em Química mobilizam conhecimentos de NdC para elaborar uma aula relacionada à HC. A iniciativa de conduzir tal investigação emergiu da hipótese de que conhecimentos de NdC podem auxiliar na superação de algumas dificuldades que professores possuem para inserir casos históricos em aulas de Ciências. Nesse sentido, a análise dos dados à luz do inventário de DCC possibilitou a compreensão de que as reflexões sobre aspectos históricos que caracterizam a construção das afirmativas científicas podem ser relevantes para a formação de professores, na medida em que elas norteariam: (i) a escolha de quais elementos dos casos históricos seriam abordados na aula; (ii) a interpretação de como esses elementos poderiam ser pertinentes para favorecer reflexões sobre NdC; (iii) a interpretação acerca do modo como a HC é apresentada em livros didáticos; (iv) a identificação de estratégias instrucionais específicas para uma dada aula; e (v) a avaliação dessas estratégias em termos de seu potencial para favorecer reflexões sobre NdC. Sob esta perspectiva, foi possível ainda obter algumas respostas para nossas questões de pesquisa.

Em relação à primeira questão (como conhecimentos de Natureza da Ciência relacionados às etapas de construção do conhecimento científico podem influenciar a interpretação e a apropriação de informações históricas por parte de licenciandos?), os dados indicam que refletir sobre NdC em termos de aspectos históricos que caracterizam a elaboração de afirmações científicas influenciou a maneira como Diana e Maria analisaram os casos históricos. Isso ficou claro, por exemplo, quando Diana salientou os aspectos políticos e sociais envolvidos na controvérsia entre Galvani e Volta como elementos que deveriam ser abordados na aula. De maneira similar, Maria destacou que as limitações do Princípio de Le Chatelier poderiam ser importantes para explicar o porquê das dificuldades encontradas pelos cientistas do passado para sintetizar a amônia. Desta forma, as escolhas dos elementos de cada caso histórico a serem inseridos nas aulas não se deram de maneira aleatória, mas foram influenciadas pelo significado atribuído a eles pelas licenciandas. Além disso, o fato de elas terem relacionado diversos elementos dos casos históricos a aspectos

de NdC (por exemplo, *a colaboração entre cientistas, o papel dos modelos na Ciência, o espectro de motivações para fazer Ciência, a revisão por pares e a resposta a críticas, entre outros*) indica que conhecimentos de natureza epistemológica podem influenciar o modo como informações históricas são interpretadas. Isto, por sua vez, corrobora a relevância destes mesmos conhecimentos em auxiliar na superação de dificuldades relacionadas à elaboração de abordagens históricas, tais como: (i) a seleção de quais aspectos de um caso histórico devem ser abordados e/ou omitidos (Forato et al., 2012); (ii) a identificação de quais elementos dos contextos social e cultural devem ser inseridos em uma abordagem histórica; e (iii) a identificação de quais discussões podem ser feitas a partir de casos históricos (Martins, 2007; Henke & Höttecke, 2015).

Outro aspecto que corrobora tais conclusões é o fato de que a maioria dos aspectos de NdC mobilizados por Diana e Maria durante o planejamento das aulas foi identificada também em suas falas em outros eventos (atividades 6, 7 e 8). Isto indica que tais conhecimentos não foram mobilizados de maneira aleatória ou por acaso e que eles podem, em certa medida, ser o resultado de uma experiência formativa que priorizava a articulação entre HC e NdC de forma explícita. Desta forma, os conhecimentos de NdC podem contribuir não apenas para se avaliar a confiabilidade de afirmações científicas, conforme argumenta Allchin (2011), mas também para que professores possuam uma visão crítica acerca dos aspectos históricos que caracterizam a disciplina que irão ensinar e para auxiliar no processo de elaboração de estratégias instrucionais para o ensino de aspectos de HC.

No que diz respeito à segunda questão de pesquisa (como tais conhecimentos podem influenciar decisões relacionadas ao planejamento de uma aula que envolva aspectos de História da Ciência?), os elementos dos dois estudos de casos apresentados se mostraram coerentes com a afirmativa de que decisões relacionadas às estratégias instrucionais adotadas em contextos de ensino são tangenciadas pelas concepções dos professores sobre Ciência (Höttecke & Silva, 2011). Embora Diana e Maria estivessem em um contexto de formação inicial (e não atuando de fato como professoras da Educação Básica) foi possível identificar a influência de conhecimentos de NdC no modo como elas se apropriaram das informações históricas contidas neles para elaborar as aulas. Isto ficou claro especialmente no caso de Diana, que considerou sobre o papel das concepções prévias dos cientistas na interpretação de fenômenos para propor uma atividade de natureza investigativa, por meio da qual os estudantes teriam que explicar um mesmo fenômeno a partir de duas perspectivas diferentes. Além disso, ela avaliou o potencial desta estratégia para favorecer reflexões sobre formas de persuasão e colaboração entre cientistas, visto que os estudantes realizariam a atividade em grupos. Assim, estes resultados indicam que a licencianda foi capaz de identificar como o caso histórico em questão poderia favorecer a manifestação de habilidades relacionadas à investigação, algo que pode ser considerado por professores como uma dificuldade para inserir a HC no ensino (Henke & Höttecke, 2015).

Além de subsidiar a discussão das questões de pesquisa, os resultados obtidos neste estudo também possibilitam algumas reflexões sobre os conhecimentos de professores em termos do PCK de Natureza da Ciência. Embora não seja possível afirmar que houve desenvolvimento do PCK de Natureza da Ciência das licenciandas, identificamos que alguns dos conhecimentos manifestados por elas possuem relações com conhecimentos de estratégias instrucionais e conhecimentos sobre estudantes – elementos constituintes do PCK. Por exemplo, o fato de as licenciandas mobilizarem conhecimentos de NdC para decidir quais elementos dos casos históricos seriam abordados, como seria a dinâmica da aula e, ainda, para refletir sobre como esta dinâmica poderia favorecer reflexões de natureza epistemológica, são aspectos constituintes dos conhecimentos de estratégias instrucionais. Além disso, a consideração sobre possíveis concepções alternativas e/ou ingênuas de estudantes sobre Ciências – por exemplo, que cientistas trabalham sozinhos ou que modelos podem ser aplicados a qualquer situação – são aspectos relacionados aos conhecimentos sobre estudantes. Assim, esses resultados podem se constituir em indícios de que existem relações entre reflexões sobre NdC e a manifestação de conhecimentos importantes para sustentar futuras práticas docentes relacionadas ao ensino deste tópico.

Os resultados deste estudo também corroboram a perspectiva defendida por Carlson et al. (2019) e Mavhunga (2019), segundo a qual determinados conhecimentos que constituem o PCK podem ter seu desenvolvimento iniciado a partir de atividades realizadas em cursos de formação de professores. Nesse sentido, a mobilização de conhecimentos de NdC por parte de Diana e Maria para elaborar uma aula envolvendo HC é uma forma de conhecimento relacionada ao ePCK. O ePCK, por sua vez, é um conhecimento que contribui também para o desenvolvimento do pPCK, o qual é extremamente relevante para informar futuras práticas docentes (Carlson et al., 2019). Sendo assim, os dados obtidos também indicam a relevância das reflexões explicitadas pelas licenciandas em termo de suas formações enquanto futuras professoras de Química.

O fato de os dados de nosso estudo serem insuficientes para fazer afirmações quanto ao desenvolvimento do PCK de Natureza da Ciência de Diana e Maria – visto que elas não implementaram a aula em um contexto real de sala de aula e/ou não foram acompanhadas por certo período de tempo atuando em contextos reais de ensino – é algo que evidencia a necessidade de que mais estudos sejam conduzidos neste sentido. Considerando estas limitações, julgamos pertinente investigar como e em que extensão a mobilização de conhecimentos de NdC pode influenciar o desenvolvimento de elementos do PCK de Natureza da Ciência. No entanto, é necessário compreender não apenas a influência das reflexões sobre NdC para o desenvolvimento do conhecimento sobre estratégias instrucionais e sobre os estudantes, mas também para o desenvolvimento dos demais elementos que constituem o PCK.

Outra implicação deste estudo é a necessidade de que mais pesquisas sejam conduzidas visando investigar como reflexões sobre NdC, em termos dos aspectos históricos que caracterizam a construção das afirmativas científicas, podem auxiliar professores a superar outras dificuldades relacionadas ao ensino de HC. Como já destacado, tais dificuldades não ocorrem apenas no momento o planejamento de aulas, mas também no momento de conduzi-las e no momento de avaliar conhecimentos de natureza epistemológica que podem ser manifestados pelos estudantes neste tipo de aula (Henke & Höttecke, 2015; Rutt & Mumba, 2019). Considerando os resultados obtidos em nosso estudo, é plausível considerar que conhecimentos de NdC possam ser mobilizados no momento de conduzir aulas envolvendo abordagens históricas e, ainda, ser usados como parâmetros para que professores decidam como avaliar conhecimentos de natureza epistemológica. Tendo em vista o potencial de narrativas históricas para favorecer uma visão crítica acerca do empreendimento científico (Kolstø, 2008; Allchin, 2013; Vergara, 2014; Moura & Guerra, 2016), a realização de pesquisas desta natureza se mostra relevante não apenas para a formação dos professores, mas também para que a HC seja algo acessível aos estudantes da Educação Básica.

## **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (processo n° 306638/2016-9). As autoras agradecem os apoios recebidos de ambas as instituições.

## **REFERÊNCIAS**

- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542. <https://doi.org/10.1002/sce.20432>
- Allchin, D. (2013). *Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources*. Saint Paul: SHiPS Educational Press.
- Allchin, D. (2014). From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the classroom. *Science & Education*, 23(9), 1911-1932. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9672-8>
- Allchin, D. (2017). Beyond the Consensus View: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18-26. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271921>
- Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, 98(3), 461-486. <https://doi.org/10.1002/sce.21111>
- Almeida, B. C. (2019). *Análise de Casos Históricos da Ciência Estudados sob a Perspectiva da Ciência em Construção para Favorecer Reflexões por parte de Licenciandos sobre Natureza da Ciência*. (Dissertação de mestrado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/1843/30699>
- Almeida, B. C., & Justi, R. (2019). O Caso Histórico Marie Curie: Investigando o potencial da História da Ciência para favorecer reflexões de professores em formação sobre Natureza da Ciência. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 12(1), 351-373. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v12n1p351>

- Azevedo, N. H., & Scarpa, D. L. (2017). Revisão Sistemática de Trabalhos sobre Concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(2), 579-619. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172579>
- Bernardi, W. (2000). The Controversy on Animal Electricity in Eighteenth-Century Italy: Galvani, Volta and Others. *Revue d'Histoire des Sciences*, 54(1), 53-70. Recuperado de [https://www.persee.fr/doc/AsPDF/rhs\\_0151-4105\\_2001\\_num\\_54\\_1\\_2108.pdf](https://www.persee.fr/doc/AsPDF/rhs_0151-4105_2001_num_54_1_2108.pdf)
- Braga, M., Guerra, A., & Reis, J. C. (2012). The Role of Historical-Philosophical Controversies in Teaching Sciences: The Debate Between Biot. *Science & Education*, 21(6), 921-934. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9312-5>
- Carlson, J., Cooper, R., Daehler, K. R., Friedrichsen, P. J., Heller, J. I., Kirschner, S., Elliott, N. L., Marangio, K., & Wong, N. (2019). Vignettes Illustrating Practitioners' and Researchers' Applications of the Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge. In A. Humme, A. Borowski, & R. Cooper (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers Knowledge for Teaching Science* (93-116), Singapore: Springer. <https://doi.org/10.1007%2F978-981-13-5898-2>
- Echeverría, A. R., Mello, I. C., & Gauche, R. (2010). Livro didático: análise e utilização no ensino de química. In W. L. P. Santos, & O. A. Maldaner (Orgs.), *Ensino de Química em Foco* (pp. 263-286). Ijuí, RS: Unijuí.
- Forato, T. C. M., Martins, R. D. A., & Pietrocola, M. (2012). History and Nature of Science in High School : Building up parameters to guide educational materials and strategies. *Science & Education*, 21(5), 657-682. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9419-3>
- García-Carmona, A., & Acevedo-Díaz, J. A. (2017). Understanding the Nature of Science Through a Critical and Reflective Analysis of the Controversy Between Pasteur and Liebig on Fermentation. *Science & Education*, 26(1-2), 65-91. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9876-4>
- Garik, P., Garbayo, L., Benetreau-Dupin, Y., Winrich, C., Duffy, A., Gross, N., & Jariwala, M. (2015). Teaching the conceptual history of physics to physics teachers. *Science & Education*, 24(4), 387-408. <https://doi.org/10.1007/s11191-014-9731-9>
- Güney, B. G., & Seker, H. (2012). The Use of History of Science as a Cultural Tool to Promote Students' Empathy with the Culture of Science. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(1), 533-539. Recuperado de <http://oldsite.estp.com.tr/pdf/en/e0ad1125a9c2ec3175bd9838990e7ffd28b.pdf>
- Hanuscin, D. K. (2013). Critical Incidents in the Development of Pedagogical Content Knowledge for Teaching the Nature of Science: A Prospective Elementary Teacher's Journey. *Journal of Science Teacher Education*, 24(6), 933-956. <https://doi.org/10.1007/s10972-013-9341-4>
- Hanuscin, D., Lee, M.H., & Akerson, V.L. (2010). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science Education*, 95(1), 145-167. <https://doi.org/10.1002/sce.20404>
- Henke, A., & Höttecke, D. (2015). Physics Teachers' Challenge in Using History and Philosophy of Science in Teaching. *Science & Education*, 24(4), 349-385. <https://doi.org/10.1007/s11191-014-9737-3>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9285-4>
- Höttecke, D., Henke, A., & Riess, F. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HISPT Project. *Science & Education*, 21(9), 1233-1261. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9330-3>
- Jaccoud, M., & Mayer, R. (2010). A observação direta e a pesquisa qualitativa. *A Pesquisa Qualitativa: Enfoques epistemológicos e metodológicos* (pp. 254-295). Petrópolis, RJ: Vozes.

- Justi, R., & Gilbert, J. (1999). A Cause of Ahistorical Science Teaching: The use of hybrid models. *Science Education*, 83(2), 163-177. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199903\)83:2%3C163::AID-SCE5%3E3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199903)83:2%3C163::AID-SCE5%3E3.0.CO;2-I)
- Justi, R., & Mendonça, P. C. C. (2016). Discussion of the Controversy Concerning a Historical Event Among Pre-service Teachers: Contributions to Their Knowledge About Science, Their Argumentative Skills, and Reflections About Their Future Teaching Practices. *Science & Education*, 25(7-8), 795-822. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9846-2>
- Justi, R., Almeida, B. C., & Santos, M. A. R. (2019). Scientific Literacy: Going Beyond Decision-Making. Paper presented at 13<sup>th</sup> European Science Education Research Association. Bologna: University of Bologna.
- Kolstø, S. D. (2008). Science education for democratic citizenship through the use of the history of science. *Science & Education*, 17(8-9), 977-997. <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9084-8>
- Latour, B. (1987). *Science in Action*. Cambridge: Harvard University Press.
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of Nature of Science Within Inquiry and Science Instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 301-317). Dordrecht: Springer.
- LeRoy, M. (1943). *Madame Curie*. United States: Metro-Goldwyn-Mayer.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Boston, MA: Kluwer.
- Martins, A. F. P. (2007). História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(10), 112-131. <https://doi.org/10.5007/%25x>
- Matthews, M. R. (2014). Discipline-based Philosophy of Education and Classroom Teaching. *Theory and Research in Education*, 12(1), 98-108. <https://doi.org/10.1177/1477878513517341>
- Mavhunga, E. (2019). Exposing Pathways for Developing Teacher Pedagogical Content Knowledge at the Topic Level in Science. In Humme, A., Borowski, A., & Cooper, R. (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers Knowledge for Teaching Science* (129-148), Singapore: Springer. <https://doi.org/10.1007%2F978-981-13-5898-2>
- Moura, B. A., & Silva, C. C. (2014). Abordagem multicontextual da história da ciência: uma proposta para o ensino de conteúdos históricos na formação de professores. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(2), 336-348. Recuperado de [https://www.sbh.org.br/revistahistoria/view?ID\\_REVISTA\\_HISTORIA=52](https://www.sbh.org.br/revistahistoria/view?ID_REVISTA_HISTORIA=52)
- Moura, C. B., & Guerra, A. (2016). História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências?. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(3), 725-748. Recuperado de: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4497>
- Pavez, J. M., Vergara, C., Santibañez, C., & Cofré, H. (2016). Using a professional development program for enhancing Chilean Biology Teachers' Understanding of Nature of Science (NOS) and Their Perceptions About Using History of Science to Teach NOS. *Science & Education*, 25(3-4), 383-405. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9817-7>
- Pellegrino, A., Peters-Burton, E., & Gallagher, M. (2018). Considering the Nature and History of Science in Secondary Science Textbooks. *High School Journal*, 102(1), 18-45. <https://doi.org/10.1353/hsj.2018.0018>
- Pitanga, Â. F., Santos, H. B., Guedes, J. T., Ferreira, W. M., & Santos, L. D. (2014). História da Ciência nos Livros Didáticos de Química: Eletroquímica como objeto de investigação. *Química Nova na Escola*, 36(1), 11-17. Recuperado de: [http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc36\\_1/04-HQ-168-12.pdf](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc36_1/04-HQ-168-12.pdf)

- Powell, A. B., Francisco, J. M., & Maher, C. A. (2004). Uma Abordagem à Análise de Dados de Vídeo para Investigar o Desenvolvimento das Idéias Matemáticas e do Raciocínio de Estudantes. *Bolema*, 17(21), 81-140. Recuperado de <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/bolema/article/view/10538>
- Pugliese, G. (2007). Um Sobrevôo no “Caso Marie Curie”: Um experimento de antropologia, gênero e ciência. *Revista de Antropologia*, 50(1), 348-385. <https://doi.org/10.1590/S0034-77012007000100009>
- Romanelli, L., & Justi, R. (1998). *Aprendendo Química*. Ijuí, RS: Unijuí.
- Rutt, A., & Mumba, F. (2019). Developing Preservice Teachers’ Understanding of Pedagogical Content Knowledge for History of Science-Integrated Science Instruction. *Science & Education*, 28(9-10), 1153-1178. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00089-3>
- Santos, M. (2018). Uso da História da Ciência para Favorecer a Compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(2), 641-668. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018182641>
- Schiffer, H., & Guerra, A. (2015). Electricity and Vital Force: Discussing the Nature of Science Through a Historical Narrative. *Science & Education*, 24(4), 409-434. <https://doi.org/10.1007/s11191-014-9718-6>
- Schwartz, R., & Lederman, N. (2002). “It’s the nature of the beast”: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236. <https://doi.org/10.1002/tea.10021>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. Recuperado de [https://www.hepg.org/her-home/issues/harvard-educational-review-volume-57,-issue-1/herarticle/foundations-of-the-new-reform\\_461](https://www.hepg.org/her-home/issues/harvard-educational-review-volume-57,-issue-1/herarticle/foundations-of-the-new-reform_461)
- Smith, M. U., & Scharmann, L. C. (1999). Defining versus Describing the Nature of Science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, 83(4), 493-509. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199907\)83:4<493::AID-SCE6>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199907)83:4<493::AID-SCE6>3.0.CO;2-U)
- Vergara, P. O. C. (2014). Superación de las visiones deformadas de las ciencias a partir de la incorporación de la historia de la física a su enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza e Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 34-53. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2861>
- Vidal, P. H. O., & Porto, P. A. (2012). A História da Ciência nos Livros Didáticos do PNLEM 2007. *Ciência & Educação*, 12(2), 291-308. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000200004>
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de Caso: Planejamento e métodos I*. Porto Alegre, RS: Bookman.

**Recebido em:** 05.06.2020

**Aceito em:** 08.12.2020