

# NATUREZA DA CIÊNCIA POR MEIO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA: Planejamento e Validação de uma Sequência Didática Sobre o Modelo Atômico de Rutherford

Jheniffer Micheline Cortez<sup>1</sup>  
Neide Maria Michellan Kiouranis<sup>2</sup>

## RESUMO

Neste artigo analisamos o processo de planejamento e validação de uma Sequência Didática (SD) sobre o modelo atômico de Rutherford, parte de uma investigação mais ampla em que se desenvolveu um Programa de Formação com nove licenciandos de uma universidade pública paranaense. Este estudo, caracterizado como uma pesquisa-ação e voltado para inserção de Natureza da Ciência (NdC) em sala de aula, a partir da História e Filosofia da Ciência, foi desenvolvido no contexto do Estágio Supervisionado. Para constituição dos dados foram utilizados diversos registros escritos, como questionários, além das versões dos planejamentos e a gravação das aulas. As etapas analisadas compreendem, principalmente, a seleção do conteúdo histórico e a construção e validação das atividades para a SD. Entre os desafios enfrentados, elencamos a dificuldade de romper com a noção de abordagem histórica como reconstrução linear do desenvolvimento da ciência. Após os estudos e a seleção do conteúdo histórico, no entanto, as atividades mostraram-se significativas para a inserção de discussões da NdC em sala de aula. Os resultados mostram a importância de ações formativas capazes de subsidiar a reflexão e experiência voltadas para os aspectos da NdC, com vistas à formação de professores capazes de compreender e ensinar sobre a ciência.

**Palavras-chave:** Formação de professores; estágio supervisionado; planejamento; modelo atômico.

## THE NATURE OF SCIENCE FROM THE HISTORY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE IN THE INITIAL TRAINING OF CHEMISTRY TEACHERS: DESIGN AND VALIDATION OF A TEACHING-LEARNING SEQUENCE ON THE RUTHERFORD MODEL

### ABSTRACT

In this paper we analyze the process of planning and validation of a Teaching-Learning Sequence (TLS) on the Rutherford atomic model, part of a larger investigation in which a Training Program was developed with nine graduates from a public university in Paraná. This study, characterized as an action research and aimed at inserting Nature of Science (NOS) in the classroom, from the History and Philosophy of Science, was developed in the context of Supervised Internship. For the constitution of the data several written records were used, as questionnaires, besides the versions of the plans and the recording of the classes. The analyzed stages mainly comprise the selection of historical content and the construction and validation of activities for TLS. Among the challenges faced, we list the difficulty of breaking with the notion of historical approach as a linear reconstruction of the development of science. However, after the studies and the selection of historical content, the activities were significant for the insertion of NOS discussions in the classroom. The results show the importance of training actions capable of subsidizing reflection and experience focused on the aspects of NOS, aiming at the formation of teachers capable of understanding and teaching about science.

**Keywords:** Teacher training; supervised internship; planning; atomic model.

Recebido em: 26/8/2019

Aceito em: 25/4/2020

<sup>1</sup> Autora correspondente: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília/DF, Brasil. CEP 70910-900. <http://lattes.cnpq.br/8249519483094350>. <https://orcid.org/0000-0002-3930-7742>. [jheniffcortez@gmail.com](mailto:jheniffcortez@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Maringá. Maringá/PR, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/7461153369428865>. <https://orcid.org/0000-0002-1279-9994>

## INTRODUÇÃO

É inegável a importância de ensinar ciência e sobre ciência na educação científica. A compreensão da Natureza da Ciência (NdC) tem sido um dos objetivos educacionais nos últimos cem anos e no âmbito da pesquisa, desde a década de 60 do século 20, apresentou um crescimento exponencial, culminando na sua inserção nos documentos norteadores de currículos (LEDERMAN, 2018). Essa preocupação com a inserção da NdC deu-se no Reino Unido, Canadá, Turquia, Grécia, além dos Estados Unidos a partir da década de 80 (MATTHEWS, 2012).

No Brasil, apesar de esforços direcionados para a melhoria do ensino de ciências, fundamentados em uma visão contextualizada de ciência, Nascimento, Fernandes e Mendonça (2010, p. 232) destacam que o ensino continua pautado em uma visão descontextualizada de ciência, de caráter neutro e objetivo. Desse modo, em consonância com Lederman e Lederman (2014), ao argumentar que apenas a inclusão de NdC nos documentos não é suficiente, é preciso promover o desenvolvimento profissional docente com vistas à inserção da NdC no ensino de ciência de forma explícita e reflexiva. Nesse contexto, embora Lederman (2007) reconheça a importância de o professor compreender sobre a ciência para poder ensiná-la, a instituição efetiva de NdC em sala de aula é complexa e envolve múltiplos fatores.

Conforme García-Carmona, Vázquez-Alonso e Manassero-Mas (2011, p. 409) "a compreensão insuficiente da NdC pelos professores só pode ser modificada com formação adequada sobre essas questões, tanto na formação inicial quanto continuada". Para tanto, os autores evidenciam a importância de programas formativos que abordem as características da atividade científica, episódios controversos da História e aspectos relativos à História e Filosofia da Ciência (HFC).

Uma das necessidades formativas elencadas por Carvalho e Gil-Pérez (2011) é a importância de o professor saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva. Dessa forma, argumentam que é preciso considerar "em todo o planejamento de atividades, o papel que pode desempenhar a História das Ciências, [...] para tornar possível uma compreensão profunda da matéria estudada e da própria natureza da ciência" (p. 48).

Nessa perspectiva, Martins (2007) salienta que a HFC se configura, entre as necessidades formativas do docente, como importante estratégia didática facilitadora na compreensão de conceitos científicos, bem como na visão que se tem da própria ciência. Após uma investigação com professores em formação e em exercício, o autor salienta que, muitas vezes, a HFC é vista mais como um conteúdo em si do que como uma estratégia facilitadora do processo de ensino e aprendizagem. Assim sendo, o autor ressalta que a maior preocupação da formação de professores é refletir sobre e como inserir discussões dessa natureza na Educação Básica.

Ao discutir sobre os tipos de abordagens de NdC no ensino de ciências, Abd-El-Khalick e Lederman (2000a) caracterizam dois tipos: implícita e explícita. Enquanto na primeira abordagem a aprendizagem em NdC se dá a partir da inserção em atividades investigativas que caracterizam a prática científica, na segunda essa aprendizagem ocorre por meio da discussão de aspectos históricos e filosóficos da construção da ciência no

ensino do conteúdo específico. Ao comparar os resultados das pesquisas que apresentaram tanto abordagens explícitas como implícitas, os autores destacam que “as abordagens que utilizam elementos da HFC e/ou instruções diretas sobre a NdC são mais eficazes” (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000a, p. 694, tradução nossa).

Considerando, então, a potencialidade de discussões histórico-filosóficas para a aprendizagem em NdC, as pesquisas e propostas voltadas para a sua inserção no ensino de ciências têm se configurado importantes contribuições para a área (IRWIN, 2000; ADB-EL-KHALICH; LEDERMAN, 2000b; EL-HANI; TAVARES; ROCHA, 2004; MARTINS, 2006; McCOMAS, 2008; OKI; MORADILLO, 2008; RUDGE; HOWE, 2009; PEDUZZI; TENFEN; CORDEIRO, 2012; SILVA; PRESTES, 2013).

Neste estudo, adotamos as recomendações de Forato, Martins e Pietrocola (2011), sobre a historiografia e a NdC em sala de aula. Segundo os autores, um dos problemas historiográficos mais comuns reside no fato de “interpretar o passado anacronicamente, com valores, ideias e crenças de outra época, ou mediante normas e padrões atuais” (p. 37). Isto posto, reconstruções lineares de episódios da História, anedotas e lendas com personagens históricos, interpretação equivocada de documentos históricos, entre outros, configuram-se como anacronismos comuns e que contribuem para uma visão equivocada da ciência.

A partir dessas reflexões, esses autores destacam sete desafios na construção de propostas para utilizar HFC com vistas à aprendizagem em NdC: seleção do conteúdo histórico, tempo didático, simplificação e omissão, relativismo, inadequação dos trabalhos históricos especializados, supostos benefícios das reconstruções históricas lineares e a falta de formação específica do professor.

O primeiro desafio reside na *seleção do conteúdo histórico* que vai ao encontro dos objetivos educacionais e aspectos epistemológicos estabelecidos. É preciso considerar também o *tempo didático* disponível em relação ao conteúdo conceitual, histórico e epistemológico que serão estudados, bem como o tipo de atividade didática que se configura como uma opção metodológica apropriada aos conteúdos selecionados. Outro aspecto refere-se à *simplificação e omissão*, desafio relacionado ao nível de aprofundamento dos conteúdos históricos, de modo a selecionar quais aspectos, tanto de natureza conceitual quanto contextual, deverão ser omitidos sem comprometer a qualidade da narrativa histórica. Além disso, ao discutir sobre os aspectos da NdC é importante que não haja uma tendência ao *relativismo*, no sentido de fomentar visões polarizadas da ciência, como a inexistência de método científico ou a desvalorização da observação na construção do conhecimento científico (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Os autores ainda chamam a atenção para a *inadequação dos trabalhos históricos especializados*, uma vez que os textos desenvolvidos por historiadores da ciência contêm características como a textualização, os pré-requisitos conceituais e o aprofundamento dos objetos históricos que os tornam inadequados para o Ensino Médio, tanto em termos da didatização do saber quanto aos aspectos motivacionais relacionados ao engajamento dos alunos no processo de ensino e aprendizagem (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Faz-se necessário, também, atentar para os *supostos benefícios das reconstruções históricas lineares*. Tradicionalmente, os livros didáticos apresentam a construção histórica dos conhecimentos, em uma sequência logicamente ordenada, caracterizada como pseudo-história, prejudicial tanto para a compreensão da História quanto da NdC. Por fim, a *falta de formação específica do professor* e a carência de ações voltadas para a formação, tanto inicial quanto continuada, de professores, de modo a fornecer elementos para que estes sejam capazes de lidar com os desafios dos usos da HFC no ambiente escolar, constituem-se em mais um desafio a ser enfrentado (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA; 2011).

Assim sendo, embora a HFC se configure como uma estratégia importante e eficaz, tanto para a compreensão quanto para o ensino na perspectiva da NdC, é importante considerar os desafios e pressupostos da historiografia atual, de modo que as ações sejam fundamentadas e possam proporcionar a reflexão sobre a construção do conhecimento científico. Por conseguinte, rompe-se com a noção ingênua da história da ciência tradicionalmente apresentada nos livros didáticos.

É importante salientar que em qualquer narrativa histórica, as concepções de ciência, os valores e crenças, bem como as orientações metodológicas são explícita ou implicitamente apresentadas pelo autor (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2011; KRAUGH, 2001). Conforme Oliveira (2016) as reflexões de Thomas Kuhn marcaram a diferença entre a historiografia antiga e a nova historiografia, uma vez que o autor considera a história como “um empreendimento explicativo, que leva à compreensão e deve, portanto, não apenas expor os fatos, mas também as conexões entre eles” (KUHN, 1977, p. 15).

Nessa perspectiva, quando se propõe ensinar na perspectiva histórica, materiais didáticos produzidos por historiadores e por educadores possuem diferenças expressivas, haja vista que enquanto o historiador investiga os acontecimentos do passado para resgatá-los e difundi-los, o professor busca mobilizar diferentes saberes voltados à disciplina que leciona (VITAL; GUERRA, 2016). Kragh (2001), nesse sentido, chama a atenção para produtos historiográficos que expressem interpretações pessoais que podem criar ou reforçar mitos sobre a história da ciência, bem como para a importância de revisões a partir de fontes confiáveis, preferencialmente fontes primárias.

Considerando tais pressupostos, este estudo retrata uma pesquisa-ação realizada na Formação Inicial de Professores de Química, na qual desenvolveu-se um Programa de Formação voltado à compreensão e ensino da NdC a partir da HFC. Nosso recorte para este artigo tem como objetivo analisar o processo de elaboração e a validação das estratégias didáticas propostas no contexto do planejamento de uma Sequência Didática (SD) para o Ensino Médio.

## PERCURSO METODOLÓGICO

Este estudo, pautado nos pressupostos qualitativos, caracteriza-se como pesquisa-ação, uma investigação de base empírica voltada para a resolução de um problema coletivo, “[...] no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo” (THIOLLENT, 2011, p. 20).

O contexto do componente curricular de Estágio Supervisionado mostrou-se favorável ao desenvolvimento do estudo na perspectiva da pesquisa-ação. Dessa forma, no curso de Licenciatura em Química, no qual ocorreu a pesquisa, o Estágio Supervisionado é dividido em três componentes curriculares anuais, da 3ª à 5ª série do curso, que proporcionam a inserção gradativa do licenciando nas atividades pertinentes à profissão docente. Nesse sentido, o Estágio Supervisionado II foi escolhido para a realização da pesquisa, visto que nesse momento o licenciando, além de vivenciar as diferentes atividades na escola, assume a regência por um período previamente determinado entre o professor regente de classe, o professor do Estágio na universidade e o estagiário.

Mediante esta conjuntura, foi desenvolvido um Programa de Formação constituído por quatro etapas, com carga horária equivalente à do componente curricular, 136 h/a, das quais 96 h/a foram realizadas na universidade e 40 h/a ocorreram na escola de Educação Básica, campo de Estágio. Cada aula na universidade possui a carga horária de 4 h/a, totalizando 24 dias letivos. Os sujeitos participantes da pesquisa foram os estudantes matriculados neste componente curricular, totalizando nove licenciandos, identificados pela letra A seguida de um código numérico de 1 a 9.

Na primeira etapa, que compreende as primeiras nove aulas, foram realizados os estudos pertinentes à ação de planejar e aos aspectos da NdC e da HFC. Na etapa subsequente, durante o período de sete aulas, realizou-se o planejamento da Sequência Didática (SD) para introdução na Educação Básica. Na terceira etapa, realizada na escola campo de estágio, deu-se a aplicação da SD no período de regência, além das outras atividades de observação e participação. Por fim, na quarta etapa, que compreende as últimas oito aulas, foram destinadas exclusivamente às reflexões acerca de todo o processo vivenciado.

Nesse recorte, nosso olhar volta-se para as etapas nas quais ocorreram o planejamento e a aplicação da proposta. Para tanto, a pesquisa contou com a colaboração de dois professores da rede estadual de ensino, aqui denominados professores 1 e 2. Os licenciandos, organizados em duplas, inseriram-se em cinco turmas do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pertencente à rede pública de Ensino Básico do Estado do Paraná.

Assumimos nesse estudo os pressupostos de Meheut e Psillos (2004) e Artigue (1996) no planejamento e validação da SD. Desde a década de 80, no ensino de ciências, uma das linhas de pesquisa volta-se para o planejamento e introdução de sequências, geralmente com duração de algumas semanas, orientadas a conceitos científicos específicos e não a todo o currículo do ensino de ciências (MEHEUT; PSILLOS, 2004). Conforme os autores supracitados, a *Teaching-learning sequence* (TLS), no Brasil denominada Sequência Didática (SD), baseia-se "na tradição da pesquisa-ação, sendo usada tanto como ferramentas de pesquisa quanto como inovações para lidar com problemas específicos de aprendizagem relacionados a tópicos" (MEHEUT; PSILLOS, 2004, p. 515, tradução nossa).

Um olhar para o conceito de átomo evidencia a importância de sua problematização no ensino de Química, de modo a possibilitar a sua compreensão histórico-filosófica (REIS; KIOURANIS; SILVEIRA, 2017). Embora o átomo seja um conceito fundamental na Química, sua característica abstrata o torna de difícil apreensão, tanto por alunos quanto professores (MELO; LIMA NETO, 2013). Há uma crítica quanto à utilização de

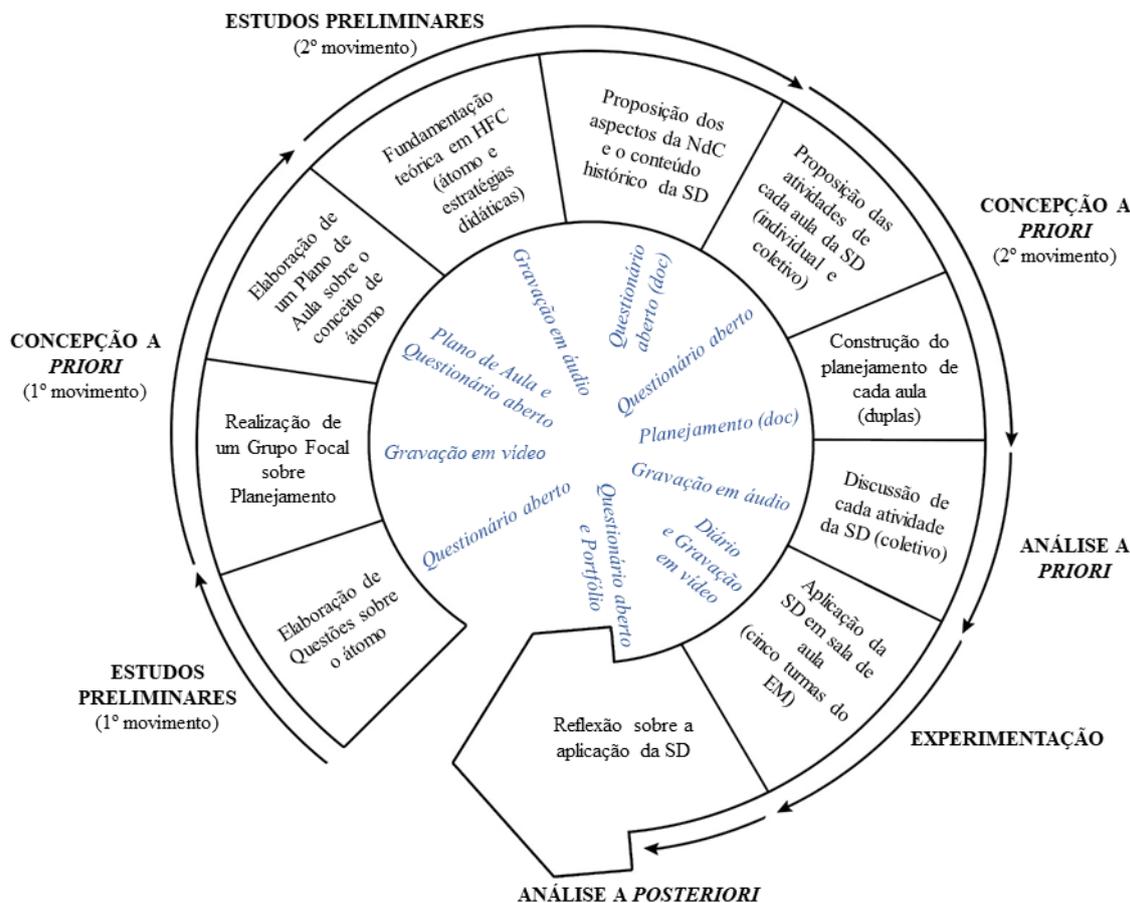
analogias para tratar dos modelos comumente discutidos no Ensino Médio, visto que os alunos podem tomar a analogia como verdade ou mesmo não compreenderem a analogia em si (SOUZA; JUSTI; FERREIRA, 2006; LOPES; MARTINS, 2009). No que se refere aos materiais didáticos, embora haja a perspectiva de abordar esse conceito a partir de sua construção histórica, as discussões são pontuais e lineares, características da pseudo-história (MOURA; GUERRA, 2013; SILVA; BRAIBANTE; MAZINATO, 2013; CHAVES; SANTOS; CARNEIRO, 2014). Diante desse contexto, a SD foi direcionada para os aspectos históricos e filosóficos do conceito de átomo.

Para nortear o processo de planejamento e validação da SD fizemos uso dos pressupostos da Engenharia Didática, que pressupõe quatro passos subsequentes: estudos preliminares; concepção e análise *a priori*; experimentação e análise *a posteriori* e validação (ARTIGUE, 1996). Para esse recorte, a análise dos dados deu-se a partir dos seguintes instrumentos e estratégias: cinco questionários abertos, analisados buscando compreender as unidades de significado das respostas (CHIZZOTTI, 2006), grupo focal gravado em vídeo e transcrito para análise (GONDIM, 2003), planejamentos em suas diferentes versões e a gravação das aulas da Universidade em áudio e transcrição de episódios de ensino. A partir desse *corpus*, analisamos o processo de planejamento e validação da SD.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O planejamento e a validação da SD foram desenvolvidos em dez ações, a partir dos passos elencados por Artigue (1996). Na Figura 1, a seguir, apresentamos as dez ações desenvolvidas no interior da seta, as etapas do lado externo da seta e os instrumentos utilizados em cada momento interno à seta. Assim como discutido por Meheut e Psillos (2004), as investigações nessa linha são consideradas "pesquisa de desenvolvimento", que envolvem o projeto, desenvolvimento e aplicação de uma SD, em um processo evolutivo cíclico. Concordamos com os autores e entendemos que o planejamento é uma ação constante, uma vez que a cada aplicação é possível visitar as etapas anteriores buscando reformular ou reestruturar determinados encaminhamentos. Dessa forma, em nossa figura adotamos a seta em formato circular, indicando o caráter cíclico inerente ao ato de planejar.

Figura 1 – Síntese do processo de planejamento e validação da SD



Fonte: As autoras.

A etapa de *estudos preliminares* deu-se em dois momentos diferentes, os quais denominamos primeiro e segundo movimento. No primeiro movimento, solicitou-se aos licenciandos que escrevessem as possíveis dúvidas nas quais eles imaginavam que alunos do Ensino Médio poderiam apresentar sobre o átomo. Como resultado dessa etapa, 30 questões foram elaboradas, as quais tratavam sobre o conceito de átomo, a sua estrutura, bem como questões voltadas à construção do conceito e à realidade do átomo.

Dessas questões, elencamos aquelas que estão relacionadas à natureza filosófica e histórica do conceito, de modo a proporcionar a reflexão sobre o tema, tais como: "Como se chegou no modelo atômico atual?" (A1); "Por que temos que estudar os modelos antigos?" (A1); "Por que o átomo é um modelo?" (A2); "É possível ver um átomo?" (A3); "Como descobriram que toda a matéria é composta de átomos?" (A3); "Qual é o aspecto visual do átomo?" (A3); "Como os cientistas conseguiram chegar na teoria atômica, já que o átomo não é algo visível?" (A4); "O mesmo átomo que formou água há vários anos é o mesmo dos dias atuais?" (A4); "Por que foram surgindo teorias atômicas e algumas foram sendo 'descartadas'?" (A5) e "Como provar a existência do átomo?" (A6).

A partir das questões foi possível fazer uma primeira discussão sobre o conceito de átomo com os licenciandos e identificar seus conhecimentos sobre o tema. Ademais, as questões formuladas indicam que eles possuem uma preocupação quanto à aprendizagem desse conceito por parte dos alunos do Ensino Médio, no que se refere à natureza abstrata, à complexidade do conceito de modelos, bem como o desenvolvimento histórico dos modelos.

No movimento seguinte, para o estudo do contexto de desenvolvimento e ensino do conceito de átomo, cada estudante selecionou e apresentou para a turma um artigo publicado em periódicos ou eventos científicos da área que discutisse sobre o átomo. Os artigos selecionados por A3, A4, A7 e A8 enquadraram-se em abordagens históricas do conceito de átomo; os artigos de A1, A5 e A9 abordavam dificuldades na compreensão do conceito de átomo e os artigos de A2 e A6 tratavam do uso de tecnologias no ensino de modelos atômicos. Esse estudo foi importante para a fundamentação dos licenciandos no sentido de conhecerem e debaterem sobre as pesquisas e estratégias apontadas na literatura e que poderiam servir de base para o planejamento das atividades a serem desenvolvidas posteriormente.

Ainda nesse movimento de fundamentação teórica, foi realizada a discussão do texto "Atomismo: um resgate histórico e filosófico para o Ensino de Química" (FERREIRA, 2013). Entre os aspectos abordados no texto estão o princípio da teoria atômica na Antiguidade, o contexto medieval e a influência da igreja nas teorias de estrutura da matéria, a queda dos elementos aristotélicos e a era do atomismo científico, em termos de proposições, confrontos e teorias alternativas (FERREIRA, 2013).

O conteúdo do texto foi discutido com a turma por intermédio de questões problematizadoras, que possibilitaram a compreensão do desenvolvimento histórico do conceito até então desconhecida pelos licenciandos. "Atomismo: um resgate histórico e filosófico para o Ensino de Química" foi produzido no contexto de uma pesquisa acadêmica e "constitui-se como uma fonte consistente para edificar uma concepção menos simplista da história do atomismo, trazendo a essa compreensão aspectos socio-culturais e científicos que influenciaram no desenvolvimento do atomismo" (FERREIRA, 2013, p. 160). O episódio de ensino transcrito no Quadro 1 foi realizado na parte final da discussão feita em sala.

Quadro 1 – Transcrição do episódio de ensino sobre a discussão do texto

A5: Eu estava olhando as coisas, eu falo assim, eu não sei nada, é muito legal, porque assim, você começa a entender o que é a época, o que que faz? O que que faz os caras pensar, a gente começa a discutir aqui, a gente tem uma visão muito diferente, muito diferente. [...] Na hora que eu comecei a ler a dissertação eu falei, nossa que maçante isso aqui, muito diferente do daquele pequeno fragmento, mas é legal, porque aquilo<sup>3</sup> não dá a visão do todo, dá uma visão pontual, tipo, isso aqui deu isso, mas não falava dos conflitos.

A8: É, igual, no que eu li,<sup>4</sup> ele fala o tempo inteiro da relação que Bohr teve com Thomson, com Rutherford, fala que ele tinha um irmão que também era físico, matemático, e que ele ficava trocando cartas sobre o que estava acontecendo, aqui fala também do hidrogênio e que ele desenvolveu os espectros, ele se preocupou com as moléculas e com as ligações entre os átomos, não foi só átomo.

P: Ele publicou três artigos.

A8: Sim, eu não fazia ideia que existia isso, ele publicou três artigos, a parte um, dois e três.

A5: E é engraçado, que nem, no Rutherford, que você consegue ter uma noção de como que era machista a época, porquê? [...] Por que na universidade era totalmente machista, as cientistas não eram aceitas, então nesse artigo ele coloca isso, ela trabalhava com baldes de vinte quilos enquanto o marido dela trabalhava com tubos de ensaio, porque ela era mulher.

A8: Aqui fala ó, o segundo e o terceiro artigo da trilogia de Bohr detalham um pouco mais a estrutura do átomo isolado e a formação de moléculas com mais de um átomo. E ninguém sabe que ele faz isso, né? Ninguém fala que existe esses artigos.

Fonte: As autoras.

As discussões feitas pelos licenciandos a respeito do contexto da época, das relações externas à ciência que permeiam diversas esferas sociais, evidenciam a importância desse estudo para problematizar a visão dos licenciandos quanto ao desenvolvimento histórico do conceito de átomo, que até então era bastante ingênua e restrita às narrativas normalmente contidas dos livros didáticos.

No momento subsequente, os licenciandos responderam, por meio do documento *on-line*, à seguinte questão: “A partir dos estudos realizados até o momento, apresente sua proposta de conteúdo histórico e alguma(s) estratégia(s) que você considera pertinente utilizar em sala de aula, justificando a sua resposta”. O Quadro 2 apresenta as propostas feitas pelos licenciandos.

<sup>3</sup> Refere-se ao desenvolvimento histórico apresentado no plano de aula feito antes dos estudos históricos.

<sup>4</sup> refere-se ao artigo selecionado e apresentado na atividade anterior à discussão do texto.

Quadro 2 – Proposta de seleção de conteúdo histórico feitas pelos licenciandos

Sujeito	Resposta
A1	[...] os alunos devem se familiarizar com o <b>conceito de modelos</b> . [...] Acho que o <b>modelo mais aceito</b> deve ser trabalhado com uma ênfase maior, mas seria importante abordar essa <b>evolução em cada período</b> respectivo, até para que se rompam ideias "erradas" de contextos.
A2	Eu acredito que a abordagem deve ser realizada <b>desde o início com os gregos até o modelo de Rutherford-Bohr</b> . Contudo, dando <b>ênfase no período de Dalton a Rutherford</b> . [...] Juntamente com a proposta que os alunos, através das discussões e do uso de simuladores, possam <b>propor seu próprio modelo atômico</b> .
A3	Acredito que é importante que os alunos entendam o contexto vivido na época em que <b>cada modelo atômico foi proposto</b> . [...] O objetivo de tentar inserir o aluno no contexto em que viviam os cientistas de cada época, é fazer com que eles percebam as dificuldades que eles enfrentaram para realizar seus estudos.
A4	Acredito ser essencial para o entendimento dos estudantes abordar primeiramente o <b>conceito de modelos e representações</b> . [...] Com isso, pode-se trabalhar os <b>principais modelos, desde a teoria de Demócrito até Rutherford-Bohr</b> .
A5	[...] acredito que seja importante que se destaque a <b>importância dos modelos e representações, no que tange à construção científica</b> . [...] Acho mais interessante que sejam trabalhados <b>textos, situações e atividades voltadas para as construções dos primeiros modelos atômicos, bem como os modelos propostos pelos gregos a Thomson</b> .
A6	[...] é importante salientar a <b>noção do que são modelos e representações</b> e a sua importância no âmbito das ciências. Em seguida, fala-se sobre a evolução dos conceitos referentes à estrutura da matéria <b>desde os filósofos gregos até o modelo de Bohr</b> .
A7	Penso que os alunos já têm um certo "contato" com as teorias de Dalton para frente. [...] [é] importante enfatizar a <b>história inicial, desde os gregos, filósofos</b> , pois é um assunto que não é falado nas escolas.
A8	Não respondeu.
A9	Acho que seja importante tratar sobre os <b>primeiros registros do atomismo</b> (na Grécia). Enfatizar que mesmo havendo este modelo, muito dos filósofos da época não aceitavam esta teoria, mostrando que <b>nem sempre uma teoria é aceita logo que proposta</b> .

Fonte: As autoras.

Nota-se que os licenciandos A1, A4, A5 e A6 destacaram a importância da discussão sobre a natureza dos modelos e seu valor para a ciência. Esse aspecto, de natureza filosófica, é imprescindível para as discussões voltadas à NdC e se configura uma importante contribuição para a construção do planejamento. Outra contribuição significativa foi evidenciada por A2, ao propor a utilização de simuladores para lidar com a natureza abstrata do conceito, pensando em atividades nas quais os alunos são colocados na posição do cientistas.

Com relação ao conteúdo histórico, as respostas demonstraram os desafios previstos por Forato, Martins e Pietrocola (2011), uma vez que os licenciandos defendem as reconstruções históricas lineares ou a discussão de um longo período histórico. Dos nove licenciandos, seis destacaram o estudo de modelos que compreendem mais de 20

séculos para serem desenvolvidos. Considerando o tempo didático disponibilizado pelos professores da rede estadual de ensino de 10 h/a, além de inviável, essa proposta vai de encontro às recomendações historiográficas atuais. Conforme Kragh (2001), é importante estabelecer um recorte para estudos de episódios históricos em detrimento de relatos anacrônicos muito superficiais. Apenas dois licenciandos, A7 e A9, destacaram um período que poderia ser abordado no tempo didático disponibilizado, que compreende a gênese da teoria atômica na Grécia.

Mesmo com todas as etapas e discussões feitas até o momento, romper com as reconstruções lineares e selecionar um contexto específico não foi tarefa simples. Após a reflexão dos pressupostos historiográficos elencados por Forato, Martins e Pietrocola (2011), a seleção do conteúdo histórico foi afinada para duas propostas: o átomo no contexto da Grécia e a proposição do modelo atômico por Rutherford. Nesse momento, além das opiniões dos licenciandos, a participação do professor 1 foi fundamental, em virtude de considerar o modelo atômico de Rutherford importante na compreensão atual da estrutura atômica e por estar inserido no contexto histórico do desenvolvimento do conhecimento científico da radioatividade, pouco explorado no contexto do Ensino Médio. Desse modo, após os estudos preliminares, o modelo atômico de Rutherford foi selecionado como conteúdo histórico da SD.

A etapa de *Concepção a Priori* também se realizou em dois movimentos. Primeiramente, a partir da realização de um grupo focal sobre planejamento, identificou-se algumas concepções importantes apresentadas pelos licenciandos, tais como: o planejamento e a organização dos conteúdos, objetivos, estratégias, recursos didáticos e avaliação a serem utilizadas em um determinado tempo; planejar não é sinônimo de seguir o livro didático; o planejamento não é algo pronto e acabado, a cada aplicação ele pode ser reestruturado; embora exista um planejamento teórico, este pode adaptar-se para a realidade que está sendo estudada; e o planejamento reflete as características e metodologias adotadas pelo professor.

Em seguida, os licenciandos organizaram, em duplas, um plano de aula, antes de qualquer estudo teórico. No Quadro 3, sintetizamos as principais características desse planejamento.

Quadro 3 – Síntese dos Planos de Aula

Sujeitos	Conteúdos	Atividades propostas
A1 e A4	Papel do modelo na ciência; Modelo atômico de Dalton.	Representação de uma imagem; Texto teórico e atividades modelo Dalton;
A5 e A6	Representações no ensino de Química; Processo de construção dos modelos.	Problematização sobre uso de modelo; Texto sobre os modelos atômicos; Discussões sobre limitações dos modelos.
A3, A7 e A9	Papel do modelo na ciência;	O que há na caixa? Contextos históricos; Do que é feita a matéria?
A2 e A8	Modelo atômico quântico	<i>Software</i> Monte um átomo Proposição do modelo

Fonte: As autoras.

Nos planejamentos desenvolvidos por A1 e A4 e por A5 e A6 são apresentados textos com informações de cunho histórico, no entanto ainda fundamentados em informações superficiais que praticamente se resumem a nomes e datas, não muito distante do que já é encontrado nos livros didáticos. Ademais, em todos os planejamentos há a discussão sobre os modelos. Enquanto que nos planejamentos de A5 e A6 há uma discussão, a partir de questionamentos orais que não garantem a participação de todos os alunos, voltada ao uso dos modelos, nos planejamentos de A1 e A4 e de A3, A7 e A9, foram pensadas atividades para problematizar o uso dos modelos na ciência. Já no planejamento de A2 e A8, os licenciandos propuseram que os alunos criassem um modelo a partir de uma atividade no simulador: Monte um átomo, desenvolvido pelo *PhET Interactive Simulations*.<sup>5</sup>

Em termos de estratégias, desde o planejamento inicial os licenciandos buscaram atividades que focavam na problematização dos aspectos a serem abordados, não se restringindo em metodologias voltadas à transmissão de conteúdo, que conforme indicam Carvalho e Gil-Pérez (2011), são tradicionalmente empregadas no ensino de ciências.

O segundo movimento de concepção *a priori* deu-se após as discussões direcionadas para a seleção do conteúdo histórico. Algumas ideias trazidas pelos licenciandos no plano de aula foram inseridas na SD, outras atividades basearam-se em outros estudos. Para a definição da estrutura das 10 h/a, individualmente os alunos fizeram uma proposta inicial para a SD, que foi debatida coletivamente até que se chegasse a uma estrutura única.

A partir dessa estrutura básica de cada aula da SD, em duplas, os licenciandos elaboraram cada uma das atividades que compuseram o planejamento. É importante salientar que, no decorrer do planejamento, além dos artigos selecionados pelos estudantes, disponibilizou-se aproximadamente 30 arquivos, contemplando artigos, dissertações e teses, para subsidiar a fundamentação teórica e a construção de atividades para o planejamento.

Após esse momento, ocorreu a *análise a priori*, na qual cada atividade da SD foi debatida em sala, discutindo seus objetivos, encaminhamentos, possíveis atitudes dos alunos diante das atividades, etc. Isto posto, deu-se a etapa da *experimentação*, caracterizada pela aplicação da SD na Educação Básica pelos licenciandos. A estrutura básica da SD, com as aulas, atividades e objetivos, é apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 – Apresentação da estrutura básica da SD elaborada pelos licenciandos e aplicada na Educação Básica

	Atividade	Objetivo	Descrição
1	Aplicação do pré-teste	Investigar as concepções prévias acerca dos modelos atômicos e da ciência	Foi aplicado um questionário com seis perguntas abertas elaboradas ou reestruturadas a partir de outras investigações (CAPUANO <i>et al.</i> , 2007; PRATES JUNIOR; SIMÕES NETO, 2015; etc.), apresentadas no Quadro 5.

<sup>5</sup> Grupo da Universidade do Colorado. Software disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/build-an-atom](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/build-an-atom)

2	Os modelos na ciência: O que tem nessa caixa?	Problematizar o conceito de modelo e seu processo de construção na ciência	Os alunos receberam uma caixa fechada com um objeto dentro que deveria ser caracterizado sem observá-lo diretamente. Essa atividade foi uma ideia do plano de aula aprimorada com base na atividade desenvolvida por Brockington (2005).
3	Viagem pelo tempo: o átomo por mais de 20 séculos	Debater sobre o desenvolvimento histórico da constituição da matéria, desde os gregos até Thomson	Foram construídos 27 cartões de personagens e contextos históricos que continham uma imagem e uma breve descrição para ser colocada pelos alunos do Ensino Médio em ordem cronológica, construindo uma linha do tempo assim como proposto por Forato (2009).
4	<b>Eu, cientista?</b> Investigando evidências experimentais	Problematizar o papel do experimento na construção do conhecimento científico por meio de um <i>software</i>	Essa atividade, realizada no laboratório de informática, utilizou o <i>Software</i> Espalhamento de Rutherford. <sup>6</sup> Os alunos deveriam cumprir um roteiro de atividades para analisar e interpretar as evidências do experimento de bombardeamento de partículas alfa.
5	O que as evidências me dizem? Propondo um modelo científico	Discutir os aspectos históricos envolvidos na descoberta da radioatividade e propor uma solução para o problema apresentado no Estudo de Caso	Foi trabalhado um estudo de caso (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007), uma narrativa do contexto histórico do experimento de bombardeamento de partículas alfa, elaborado pelos licenciandos com base em Marques e Caluzzi (2003), Cordeiro e Peduzzi (2011), Melzer (2012) e Derossi e Freitas-Reis (2015). Ao final do caso solicitava-se aos estudantes a proposição de um modelo a partir das evidências experimentais obtidas.
6	Defendendo nosso modelo com unhas e dentes	Problematizar o processo de construção de um modelo	Após a proposição dos modelos, foi realizado um debate para apresentar e argumentar sobre o modelo proposto por cada grupo, de modo a confrontar as diferenças e semelhanças entre as propostas.
7	E os modelos da ciência? Como são?	Retomar os aspectos voltados à estrutura atômica e NdC e discutir o conceito de radioatividade	As atividades realizadas até então foram discutidas e os conceitos científicos foram sistematizados a partir das ideias desenvolvidas nas aulas anteriores, utilizando a metodologia de aula expositiva dialogada.
8 <sup>a</sup>	Aplicação do pós-teste	Avaliar a compreensão dos estudantes a partir da SD	O questionário do pré-teste foi novamente aplicado.
8 <sup>b</sup>	<b>Eu, artista?</b> O desenvolvimento do modelo atômico de Rutherford	Avaliar a compreensão da história do modelo atômico de Rutherford	Essa atividade foi desenvolvida na forma de trabalho para casa e envolvia a realização de uma história em quadrinhos, utilizando desenhos ou um site disponibilizado, retratando a história do modelo atômico de Rutherford.
9	Aula de revisão	Realizar um <i>feedback</i> das atividades	Os licenciandos devolveram as atividades corrigidas e discutiram as dúvidas sobre os assuntos abordados.
10	<b>Eu, jornalista?</b> O desenvolvimento do modelo atômico de Rutherford	Avaliar o conhecimento construído a partir das atividades desenvolvidas na SD por meio de um jornal	Essa atividade, desenvolvida como avaliação de recuperação, tinha o <i>layout</i> previamente definido e continha espaços para textos e desenhos elaborados a partir dos conhecimentos desenvolvidos na SD, tais como a vida de um cientista, o experimento e a interpretação do experimento e a proposta do modelo atômico de Rutherford.

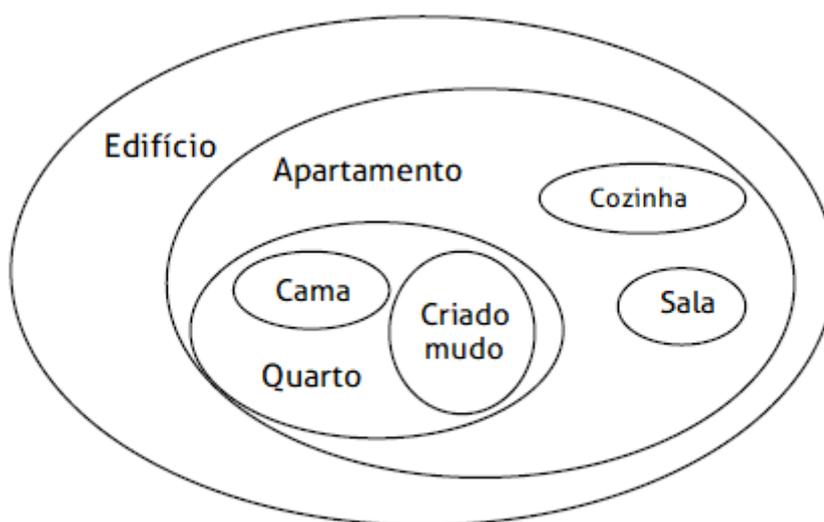
Fonte: As autoras.

<sup>6</sup> Desenvolvido pelo *PhET Interactive Simulations*, Grupo da Universidade do Colorado. Software disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/rutherford-scattering](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering)

Após a aplicação da SD, ocorreu a etapa de análise *a posteriori*, na qual os licenciandos refletiram sobre as contribuições e lacunas de cada atividade com vistas ao seu aprimoramento, por meio de um questionário aberto autoavaliativo. Entre as contribuições do pré e pós-teste, os licenciandos elencaram a análise da construção de conhecimentos a partir da SD, a importância da identificação dos conhecimentos prévios e a possibilidade de levar os alunos a refletirem sobre a ciência. As questões feitas no pré/pós teste são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Questionário aplicado no pré/pós teste

1. O que é um cientista? Você acredita que um cientista trabalha sozinho? Comente.
2. O que você entende por modelos científicos? Os modelos atualmente aceitos pela comunidade científica são definitivos? Por quê?
3. Quando e onde surgiu a primeira ideia sobre o átomo? Por que, ao longo do tempo, os cientistas propuseram diferentes modelos para representar o átomo?
4. O que é o átomo? Tente representá-lo por meio de um desenho e explique seu desenho.
5. O que Rutherford buscava em seu trabalho? O que ele fez? Que ajuda ou dificuldade encontrou?
6. Com as seguintes palavras:  
apartamento / cama / sala / quarto / edifício / cozinha / criado mudo, observe o diagrama que mostra que o apartamento está dentro do edifício, que o quarto, a sala e a cozinha estão dentro do apartamento, etc.



- a) Tendo como base o diagrama exposto, proponha uma estrutura semelhante para o caso de um cachorro, com as seguintes palavras:  
átomo / nêutron / célula / núcleo / próton / molécula / coração / elétron / cachorro
- b) Seguindo a proposta do diagrama anterior, faça o mesmo para o caso de uma gota de água com as seguintes palavras:  
átomo / nêutron / núcleo / próton / molécula / elétron / gota de água

Fonte: Questionário elaborado coletivamente durante o planejamento a partir das referências indicadas no Quadro 4.

Entre as lacunas do questionário os licenciandos destacaram que havia perguntas com respostas de ordem pessoal; isto, por sua vez, dificultava na correção desse tipo de atividade, relataram dificuldades na aplicação pelo fato de o pré e pós-teste possuírem questões iguais, além de considerarem que as questões ficaram muito complexas para o pré-teste e que seria importante ter questões mais abrangentes.

As contribuições arroladas pelos licenciandos na aplicação da atividade "Os modelos na ciência: O que tem nessa caixa?", tornou evidente a importância de os alunos vivenciarem o processo científico por meio de uma atividade lúdica e que os motivassem e envolvessem na aprendizagem, por meio do trabalho em grupo. Acerca das lacunas, em alguns casos houve dificuldade com a indisciplina dos alunos do Ensino Médio na aplicação e o tempo da aula não foi suficiente para finalizar a atividade. Além disso, um licenciando chamou a atenção para a escolha inadequada dos objetos colocados dentro da caixa e outro destacou a dificuldade de possibilitar a compreensão em relação à natureza abstrata dos modelos.

Consoante os licenciandos, a aplicação da atividade "Viagem pelo tempo: o átomo por mais de 20 séculos" foi importante para auxiliar no conhecimento do processo de desenvolvimento da ciência, além de possibilitar a compreensão sobre o contexto histórico e do trabalho dos cientistas. Ademais, um licenciando elencou a possibilidade de conhecer modelos menos familiares e outro sobre a desmistificação da linearidade da ciência. Em boa parte das aplicações, no entanto, faltou tempo para conclusão da atividade, dessa forma, levando em consideração o tempo disponível, as discussões podem ter ficado superficiais, mas atingiram o objetivo previsto, visto que essa atividade não foi planejada com o intuito de discutir todo o desenvolvimento histórico do átomo em uma aula, mas possibilitar ao aluno uma noção do todo. Apenas um licenciando considerou a dinâmica da construção da linha do tempo cansativa e desinteressante para os alunos.

É importante destacar que o objetivo da construção da linha do tempo não é reforçar a noção de construção linear do conhecimento, mas possibilitar a localização temporal do desenvolvimento científico em diferentes contextos. Esse recurso é um encaminhamento para lidar com o conflito entre extensão e profundidade das abordagens históricas, de modo que "a linha do tempo permitiria visualizar o momento histórico em que ocorreu e apontar para o contexto cultural subjacente" (FORATO, 2009, p. 119). Assim sendo, mesmo considerando a possível superficialidade de reconstruções históricas longas, essa atividade mostrou-se significativa para localizar na linha temporal o recorte histórico que seria estudado nas aulas seguintes.

Após a aplicação da atividade "Eu, cientista? Investigando evidências experimentais", os licenciandos destacaram que essa atividade possibilitou a compreensão da natureza abstrata mediante a visualização das evidências por meio do *software*, auxiliando na compreensão do conceito. Além disso, a partir da utilização de tecnologia, os licenciandos destacaram a boa aceitação dos alunos do Ensino Médio com relação a essa atividade. Uma das dificuldades abordadas pelos licenciandos foi a de problematizar que se tratava de uma representação, de modo que os alunos não tomassem o modelo apresentado no *software* como real. Acerca do roteiro de atividades, dois licenciandos relataram problemas com questões confusas ou que deixaram de ser respondidas pelos

alunos, por exemplo a questão "O que causa a trajetória retilínea e a trajetória curva das partículas alfa?", uma vez que muitos alunos questionaram a respeito do significado das expressões "trajetória retilínea" e "trajetória curva". Com relação à dinâmica da aula, dois licenciandos sinalizaram problemas com a gestão do tempo para a realização da atividade, um inclusive teve problema com indisciplina e um licenciando relatou que havia número excessivo de alunos para o espaço do Laboratório de Informática.

Entre as contribuições da atividade "O que as evidências me dizem? Propondo um modelo científico", os licenciandos destacaram a importância da discussão do contexto histórico e a construção de um modelo a partir das evidências, além de ser uma metodologia que envolve a resolução de um problema e aborda sobre evidências experimentais. A partir dessas atividades buscou-se problematizar o papel do experimento na construção do conhecimento científico, visto que é comum estudantes e mesmo professores apresentarem uma noção puramente empírico-indutivista da ciência. Nessa perspectiva, Forato, Martins, e Pietrocola (2011, p. 33) recomendam propostas que possibilitem "refletir sobre as relações e diferenças entre observação e hipóteses, leis e explicações e, principalmente, resultados experimentais e explicação teórica", aspectos enfatizados nessa atividade. Entre as dificuldades, dois licenciandos consideraram a linguagem do texto complexa para os alunos do Ensino Médio, um deles inclusive relatou problemas para que os alunos construíssem um modelo próprio, sem consultar outras fontes; outro relatou que os alunos tiveram dificuldade na proposição dos modelos e um licenciando destacou que o texto foi desinteressante para os alunos.

Na atividade "Defendendo nosso modelo com unhas e dentes", os licenciandos destacaram a contribuição do debate para que os alunos compreendessem sobre a coerência dos modelos propostos, destacaram o papel ativo dos alunos e a importância da pergunta nessa atividade, uma vez que esta favorece a construção de argumentos e possibilita aos alunos do Ensino Médio a compreensão do papel do cientista e a subjetividade das observações na construção da ciência. Entre as dificuldades, os licenciandos destacaram que foi preciso estimular o debate e argumentação dos alunos, por se tratar de uma atividade com a qual não são habituados, além de alguns problemas com indisciplina. Acerca do encaminhamento da aula, um licenciando considerou que seria necessário estabelecer critérios mais claros para o debate e outro elencou que o tempo foi insuficiente.

Na atividade de fechamento "E os modelos da ciência? Como são?", os licenciandos destacaram a importância da discussão dos conceitos científicos como um momento para dar um *feedback* ou esclarecer as dúvidas dos alunos, bem como debater sobre as limitações dos modelos científicos. Acerca das lacunas, três licenciandos atentaram para problemas relacionados à seleção dos conceitos abordados, no sentido de não abordar com maior ênfase os conteúdos que consideravam importantes, dois relataram problemas na gestão do tempo, e, por fim, dois licenciandos destacaram que a metodologia voltada para a transmissão de conteúdo causou a falta de atenção dos alunos à aula, aspecto ainda não relatado, visto que, com algumas exceções, em todas as turmas os alunos do Ensino Médio estavam envolvidos nas atividades propostas até então.

Entre as contribuições da atividade "Eu, artista? O desenvolvimento do modelo atômico de Rutherford retratado em uma história em quadrinhos!", os licenciandos destacaram a utilização da criatividade e expressão artística dos alunos para avaliar os conhecimentos da história de Rutherford. Muitos alunos, no entanto, deixaram de fazer a atividade, provavelmente por ser um trabalho para ser feito em casa. Com isso, um licenciando relatou que havia atividades iguais e um licenciando salientou que seria importante a realização dessa atividade em sala. Além disso, um deles considerou difícil avaliar a história em quadrinhos produzida pelos alunos.

Por fim, após a aplicação da atividade "Eu, jornalista? O desenvolvimento do modelo atômico de Rutherford retratado em um jornal!", os licenciandos a consideraram uma avaliação diferenciada, que propiciou a utilização da criatividade, válida para avaliar a construção de conhecimentos da história da ciência. Entre as lacunas, dois alunos destacam que a atividade ficou muito aberta e dois licenciandos relataram a dificuldade em relação aos critérios para correção.

A aplicação da SD no Ensino Médio foi bem avaliada pelos licenciandos, apesar das dificuldades. Entre os desafios enfrentados, os licenciandos abordaram aspectos como a gestão do tempo para a realização das atividades e a indisciplina dos alunos durante as aulas, aspectos que podem ser contornados e também caracterizam perfis diferentes entre as turmas. No que se refere à inserção de NdC em sala de aula a partir da HFC, as atividades apresentaram-se significativas na compreensão dos conceitos científicos e o contexto de sua construção, simultaneamente. A partir deste estudo, consideramos que para a inserção de discussões sobre a NdC em sala de aula, além de um planejamento voltado explicitamente para tal objetivo, é importante que o professor tenha uma visão coerente sobre a ciência e reconheça a importância de ensinar ciência e sobre ciência, de modo a possibilitar a construção, em suas aulas, de uma visão crítica acerca do empreendimento científico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi possível analisar as ações realizadas no contexto do Programa de Formação, envolvendo o planejamento e validação de uma SD sobre o modelo atômico de Rutherford. Apesar dos desafios já considerados na literatura a respeito da utilização de narrativas históricas na Educação Básica, as pesquisas em formação de professores têm evidenciado a importante contribuição de abordagens explícitas de NdC por meio da HFC tanto na compreensão sobre a ciência quanto na inserção desses aspectos em sala de aula por parte dos docentes.

Partindo desse contexto, as ações do Programa de Formação envolvendo o planejamento e validação da SD configuram-se como fundamentais no contexto de formação dos professores no sentido de mobilizar saberes e possibilitar a compreensão e o ensino da ciência a partir de uma visão mais contextualizada do empreendimento científico. A seleção do conteúdo histórico para o planejamento, apesar de complexa, foi importante para oportunizar a reflexão acerca do desenvolvimento da ciência e romper com a visão ingênua e simplista, normalmente apresentada nos livros didáticos sobre os modelos atômicos. A partir dos estudos realizados, noções como a natureza abstrata dos modelos na ciência, a influência do contexto externo à ciência em seu processo de constru-

ção, o papel do experimento na construção do conhecimento científico e a subjetividade na observação e interpretação de evidências experimentais, bem como o papel do cientista na construção do conhecimento científico foram discutidas de modo a possibilitar a compreensão mais adequada em relação à NdC por parte dos licenciandos.

As atividades desenvolvidas no contexto do planejamento foram importantes para problematizar esses aspectos na Educação Básica e se mostraram significativas em termos da construção de conhecimentos científicos e na compreensão do empreendimento científico, conforme a avaliação *a posteriori* feita pelos licenciandos. Durante a aplicação, as principais dificuldades encontradas pelos licenciandos foram a gestão do tempo e a organização em sala de aula, mas vale ressaltar que isso pode ser decorrente da falta de experiência em lidar com a sala de aula. Para analisar se o tempo didático foi adequado às discussões propostas, faz-se necessário a aplicação da SD em outros contextos, ação a ser realizada futuramente. Salientamos, também, que para uma futura aplicação, o planejamento deve ser revisto no sentido de trazer maior clareza acerca dos encaminhamentos das atividades, de modo que qualquer professor que tenha acesso a esse planejamento possa desenvolver em suas aulas.

## REFERÊNCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000a.
- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. The influence of History of Science courses on student's views of nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 10, p. 1.057-1.095, 2000b.
- ARTIGUE, M. Engenharia didática. In: BRUN, J. Didáctica das matemáticas. Lisboa: Instituto Piaget; Horizontes Pedagógicos, 1996. p. 193-217.
- BROCKINGTON, G. A realidade escondida: a dualidade onda – partícula para estudantes do Ensino Médio. 2005. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – IF – FEUSP, São Paulo, 2005.
- CAPUANO, V.; DIMA, G.; BOTTA, I. L.; FOLLARI, B.; DE LA FUENTE, A.; GUTIÉRREZ, E.; PERROTTA, M. T. Una experiencia de aula para la enseñanza del concepto de modelo atómico en 8º. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 44, v. 2, p. 1-12, 2007.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W. L. P.; CARNEIRO, M. H. S. História da ciência no estudo de modelos atômicos em livros didáticos de química e concepções de ciência. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 4, p. 269-279, 2014. Disponível em: [qnesc.sbq.org.br/online/qnesc36\\_4/05-HQ-176-12.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc36_4/05-HQ-176-12.pdf). Acesso em: 19 ago. 2019.
- CHIZZOTTI, A. *Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais*. Petrópolis: Vozes, 2006.
- CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 3, 2011. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/rbef/v33n3/19.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbef/v33n3/19.pdf). Acesso em: 19 ago. 2019.
- DEROSSI, I. N.; FREITAS-REIS, I. A consolidação de uma teoria e os percalços de uma vida: Marie Curie e a radioatividade. In: FREITAS-REIS, I. (org.). *Estratégias para a inserção da história da ciência no ensino: um compromisso com os conhecimentos básicos de Química*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.
- EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre História e Filosofia das Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004. Disponível em: [www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/529/325](http://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/529/325). Acesso em: 19 ago. 2019.
- FERREIRA, L. M. *Atomismo: um resgate histórico para o ensino de química*. 2013. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

- FORATO, T. C. M. *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo, 2009.
- FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011. Disponível em: [periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/2175-7941.2011v28n1p27/18162](http://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/2175-7941.2011v28n1p27/18162). Acesso em: 19 ago. 2019.
- GARCÍA-CARMONA, A.; VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, M. A. Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 29, n. 3, p. 403-412, 2011.
- GONDIM, S. M. G.; Grupos focais como técnica de investigação qualitativa: desafios metodológicos. *Paidéia*, v. 12, n. 24, p. 149-161, 2003.
- IRWIN, A. R. Historical case studies: Teaching the nature of Science in context. *Science Education*, v. 84, n. 1, p. 5-26, 2000.
- KRAGH, H. *Introdução à historiografia da ciência*. Porto: Porto Editora, 2001.
- KUHN, T. S. *The Essential Tension*. Chicago: UCP, 1977.
- LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, present, and future. In: ABELL, S. K.; N. G. LEDERMAN (ed.). *Handbook of research on science education*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.
- LEDERMAN, N. G. La siempre cambiante contextualización de la naturaleza de la ciencia: documentos recientes sobre la reforma de la educación científica en los Estados Unidos y su impacto en el logro de la alfabetización científica. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 36, n. 2, p. 5-22, 2018.
- LEDERMAN, N. G.; LEDERMAN, J. S. Is Nature of Science Going, Going, Going, Gone? *Journal of Science Teacher Education*, 25, p. 235-238, 2014.
- LOPES, C. V. M.; MARTINS, R. A. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o “pudim de passas” nos livros texto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., Florianópolis, 2009. *Anais [...]*. Florianópolis: Enpec, 2009.
- McCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of Science. *Science & Education*, v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008.
- MARQUES, D. M.; CALUZI, J. J. Ensino de química e história da ciência: o modelo atômico de Rutherford. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003. [S.l.]: Abrapec, 2003.
- MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007. Disponível em: [periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056](http://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056). Acesso em: 19 ago. 2019.
- MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.
- MATTHEWS, M. R. Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In: KHINE, M. S. (ed.). *Advances in nature of science research: concepts and methodologies*. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2012.
- MEHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, n. 16, p. 515-535, 2004.
- MELO, M. R.; LIMA NETO, E. G. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35\\_2/08-PE-81-10.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf). Acesso em: 19 ago. 2019.
- MELZER, E. E. M. *Do saber sábio ao saber ensinar: a transposição didática dos modelos atômicos nos livros de Química (1931-2012)*. 2012. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- MOURA, C. B.; GUERRA, A. Modelos atômicos em livros didáticos de química do PNLEM 2012: uma análise qualitativa à luz da história e filosofia da ciência. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013. Águas de Lindóia. *Anais [...]*. Águas de Lindóia: Enpec, 2013.
- NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O ensino de Ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. *Revista HISTEDBR On-line*, n. 39, p. 225-249, 2010.
- OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. *Ciência e Educação*, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132008000100005&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132008000100005&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19 ago. 2019.

OLIVEIRA, A. J. História e filosofia da ciência na obra de George Sarton. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 9, n. 1, p. 126-138, 2016. Disponível em: [https://www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID\\_ARQUIVO=2787](https://www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=2787). Acesso em: 25 abr. 2020.

PEDUZZI, L. O. Q.; TENFEN, D. N.; CORDEIRO, M. D. Aspectos da natureza da Ciência em animações potencialmente significativas sobre a história da Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. especial 2, p. 758-786, 2012. Disponível em: [periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v-29nesp2p758](http://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v-29nesp2p758). Acesso em: 19 ago. 2019.

PRATES JR., M. S. L.; SIMÕES NETO, J. E. Situações-problema como estratégia didática para o ensino de modelos atômicos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência & Tecnologia*, v. 8, n. 2, 2015. Disponível em: [periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2725](http://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2725). Acesso em: 19 ago. 2019.

REIS, J. M. C.; KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P. Um olhar para o conceito de átomo: contribuições da epistemologia de Bachelard. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 3-26, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2017v10n1p3>. Acesso em: 25 abr. 2020.

RUDGE, D. W.; HOWE, E. M. An explicit and reflective approach to the use of History to promote understanding of the nature of Science. *Science & Education*, v. 18, n. 5, p. 561-580, 2009.

SÁ, L. P.; FRANSCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. *Química Nova*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000300039](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000300039). Acesso em: 19 ago. 2019.

SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. B. *Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas*. São Carlos: Tipographia Editora Expressa, 2013.

SILVA, G. S.; BRAIBANTE, M. E. F.; MAZINATO, M. S. Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 2, p. 159-182, 2013. Disponível em: [periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4266](http://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4266). Acesso em: 19 ago. 2019.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 1, p. 7-28, 2006. Disponível em: [www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID142/v11\\_n1\\_a2006.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID142/v11_n1_a2006.pdf). Acesso em: 19 ago. 2019.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

VITAL, A.; GUERRA, A. Textos para ensinar física: princípios historiográficos observados na inserção da história da ciência no ensino. *Ciência & Educação*, v. 22, n. 2, p. 351-370, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v22n2/1516-7313-ciedu-22-02-0351.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.