

ENSINO & MULTIDISCIPLINARIDADE

Jan. | Jun. 2021 - Volume 7, Número 1, p. 22-41.

A história do fogo na formação dos professores de Química

The history of fire in the training of chemistry teachers

Leonardo Olivel Correia¹ - <https://orcid.org/0000-0003-1621-0937>

José Otavio Baldinato² - <https://orcid.org/0000-0001-7910-8097>

¹ Licenciado em química (IFSP), São Paulo, SP, Brasil. E-mail: correialeonardo843@gmail.com

² Doutor em Ensino de Ciências (USP). Professor da Educação Básica, Técnica e Tecnológica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), São Paulo, SP, Brasil. baldinato@ifsp.edu.br

Resumo

A literatura descreve uma crise no ensino de ciências evidenciada pelos altos índices de analfabetismo científico. Uma das razões apontadas é o fato de alunos e professores apresentarem noções distorcidas do que é ciência. Visando combater tais deficiências, neste trabalho testamos uma metodologia que utiliza a história da ciência para ensinar sobre aspectos da natureza da ciência (NdC). Elaboramos um estudo de caso a partir da obra *Ensaio sobre o fogo*, publicada em 1790 pelo filósofo suíço Marc-Auguste Pictet, e aplicamos essa atividade em duas turmas de licenciatura em química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). A metodologia empregada, chamada História Interrompida, constrói-se com base numa narrativa linear com questões que interrompem a história e fomentam a participação dos alunos em debates sobre aspectos da NdC ligados ao caso. As aulas foram gravadas em vídeo e as falas dos alunos analisadas segundo referencial de Análise de Conteúdo, tomando aspectos previstos da NdC como categorias a priori. Todas as categorias previstas registraram ocorrências e, além destas, identificamos outras que surgiram de maneira espontânea nas falas dos alunos. Esses resultados reforçam a potencialidade de discussões explícitas sobre NdC na formação de professores.

Palavras-chave: História da química. Natureza da ciência. História interrompida. Fogo. Pictet.

Abstract

Specialized literature describes a crisis in science education evidenced by high rates of scientific illiteracy. The problem would in part derive from students and teachers with naive perceptions of science. In this work we present the testing of a didactic strategy that uses history of science to approach features of nature of science (NoS) in classroom. We started by elaborating a case study based on the 1790 book *An Essay on fire*, by the Swiss

Como citar: CORREIA, L. O.; BALDINATO, J. O. A história do fogo na formação dos professores de Química. *Ensino & Multidisciplinaridade*, v. 7, n. 1, p. 22-41, 2021.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

philosopher Marc-Auguste Pictet. Then we applied the methodology in two pre-service chemistry teacher education classes at São Paulo Federal Institute of Education, Science and Technology (IFSP). Such methodology is known as Interrupted Story. It comprises a linear narrative which is interrupted at some points by questions that try to encourage students to participate in debates on NoS topics related to the case. We videotaped the classes and took some foreseen aspects of NoS as a priori categories to proceed the analysis of the students' speeches according to a Content Analysis framework. All the predicted categories registered occurrences. Furthermore, we identified other categories that arose spontaneously in the students' debates. Such results reinforce the potential of explicit discussions about NoS in teachers' education.

Keywords: History of chemistry. Nature of science. Interrupted story. Fire. Pictet.

Introdução

O presente relato é uma extensão da pesquisa de Correia e Baldinato (2021). Naquele projeto, apresentamos uma análise historiográfica do livro *Ensaio Sobre o fogo*, do filósofo suíço Marc-Auguste Pictet (1752-1825). Em seu livro, Pictet apresenta uma série de experimentos com a finalidade de estudar fenômenos ligados ao calor ou, mais propriamente, ao agente imponderável que o autor chama de fogo, dando suas contribuições a um tema em debate nos anos finais do século XVIII (BALDINATO, 2015). Ao longo daquela pesquisa, notamos que o estudo do caso de Pictet poderia propiciar discussões proveitosas sobre aspectos da Natureza da Ciência (NdC) e nos motivamos a tentar fomentá-las no contexto da formação inicial de professores de Química.

A expressão Natureza da Ciência (NdC) pode ser entendida como uma série de características internas e externas da ciência. As dinâmicas pelas quais a ciência se desenvolve, a forma como é transmitida, seus objetivos e ideias, os modos como influencia e é influenciada pelo contexto histórico-social de diferentes épocas, são todos exemplos de questões envolvidas no conceito de NdC (EL-HANI, 2006). Partindo desse entendimento, neste trabalho testamos o caso de Pictet como tema para uma atividade com turmas de licenciatura em química. Nossa intenção é propiciar discussões explícitas sobre NdC entre futuros professores, com a expectativa de que levem reflexos dessas discussões para suas salas de aula.

Nossa proposta se alinha a referenciais que encontram na história da ciência uma estratégia para ensinar conteúdos que vão além do currículo tradicional, fazendo a diferença entre o “ensinar ciência” e o “ensinar sobre ciência” (ALLCHIN, 2013; METZ, 2013; EL-HANI, 2006). “Ensinar ciência” é o usual, são as aulas sobre conceitos, teorias e práticas consagradas das ciências. Já o “ensinar sobre ciência” envolve um ideal mais amplo, em que os processos que culminaram nos conceitos científicos são devidamente estudados. É importante ressaltar que essas duas metas, ensinar ciência e sobre ciência, devem permear os objetivos pedagógicos de professores na Educação Básica (BRASIL, 2002, 2018).

A crise no ensino de ciências, segundo El-Hani (2006), é evidenciada por altos índices de analfabetismo científico dos alunos do ensino básico, e a causa desses índices muitas vezes remete aos próprios professores, que têm visões deturpadas a respeito da ciência. O autor alega que professores precisam de três qualidades para exercerem de maneira competente a função: conhecer e apreciar a ciência que ensinam; ter alguma compreensão da história e filosofia desta ciência; e conhecer alguma tendência de ensino, a fim de guiar sua prática docente. O desenvolvimento dessas qualidades deve ser uma meta constante, desde a formação inicial desses professores. O autor discursa sobre como, mesmo após 60 anos de transformações sociais, os currículos continuam os mesmos, enquadrando a ciência fora do seu contexto social e histórico (EL-HANI, 2006).

Porém, os professores ainda encontram dificuldades em integrar a História e Filosofia da Ciência (HFC) de maneira eficiente em suas aulas. Uma História da Ciência (HC) mal aplicada pode ter efeito contrário ao esperado, fortalecendo concepções distorcidas da ciência. Essa dificuldade se dá por muitas razões, incluindo a falta de material didático de qualidade e a formação de professores que não contempla de maneira adequada este tema (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. O desenvolvimento dessas práticas e a interação com as demais áreas do conhecimento favorecem discussões sobre as implicações éticas, socioculturais, políticas e econômicas de temas relacionados às Ciências da Natureza (BRASIL, 2018, p. 537).

Já nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) encontramos a diretriz de que, no ensino de ciências, a contextualização “abarca competências de inserção da ciência e de suas tecnologias em um processo histórico, social e cultural e o reconhecimento e discussão de aspectos práticos e éticos da ciência no mundo contemporâneo” (BRASIL, 2002, p. 31). Com essas duas visões, fica claro que um dos objetivos oficiais da Educação Básica é formar alunos capazes de participar conscientemente de discussões a respeito da ciência. Concordamos com Allchin (2013) quando afirma que os alunos só serão capazes de participar ativamente de discussões tecno-científicas se possuírem noções de como a ciência se desenvolve. Para isso, os professores devem propiciar discussões a respeito da NdC em suas aulas. Porém, para que os professores consigam atingir este objetivo, devem ter tido contato com discussões a este respeito durante a sua formação.

Propomos neste trabalho levar discussões sobre aspectos da NdC para turmas de licenciatura em Química, visando formar professoras e professores mais bem qualificados para o alcance dos objetivos educacionais da atualidade (PORTO, 2010). Para isso, testamos uma metodologia que se fundamenta nas ideias de História Interrompida (METZ, 2013) e de estudo de caso interrompido (ALLCHIN, 2011). Essa metodologia usa o estudo de caso histórico a fim de discutir aspectos da natureza da ciência.

Partindo desses pressupostos e referenciais, nosso objetivo com o presente artigo é relatar um teste da metodologia de História Interrompida como estratégia para promover discussões explícitas sobre aspectos da natureza da ciência entre estudantes de licenciatura em Química.

Natureza da ciência

Para entendermos sobre a ciência, temos que estudar a ciência. Ainda citando Allchin (2013), podemos aprender sobre ciência de três maneiras: pela investigação científica; pelo estudo de casos históricos; ou pela análise de episódios envolvendo controvérsias científicas contemporâneas. Concordamos com tal leitura e, neste trabalho, optamos por utilizar o estudo de caso histórico como pano de fundo para a reflexão sobre aspectos da NdC. Porém, o autor ressalta que nenhuma dessas estratégias é livre de falhas, todas têm suas limitações e devem ser usadas de forma complementar e de acordo com a realidade da sala de aula.

Ainda que alguns autores admitam aspectos consensuais da NdC, a literatura especializada mostra que essa questão permanece em debate (ROZENTALSKI, 2018; MARTINS, A., 2015; MATTHEWS, 2012). O Quadro 1 apresenta um compilado de concepções que levantamos a partir dos trabalhos de El-Hani (2006), Allchin (2013) e Acevedo-

Diaz (2017). Utilizamos essas concepções como guia para a elaboração da História Interrompida, cujos resultados discutiremos neste artigo.

Allchin (2013) optou por dividir os conceitos em três grandes domínios segmentados em outros subdomínios: domínio observacional, conceitual e sociocultural. Acevedo-Diaz (2017) propõe dividir as concepções entre epistêmicas e não epistêmicas. As epistêmicas se dividem em natureza dos procedimentos e natureza dos conhecimentos, enquanto as não epistêmicas em fatores internos e externos à comunidade científica. Estas classificações nos permitem visualizar uma diversidade de aspectos que se relacionam ao fazer científico.

Quadro 1 – Compilado de aspectos que se relacionam com a NdC

• Existência de vários métodos de se fazer ciência; • Papel da criatividade e da imaginação; • Isolamento de variáveis; • Resultado experimentais estão sujeitos a interpretação; • Caráter provisório das teorias científicas; • Instrumentos e suas validações; • Diferentes formas de se testar hipóteses; • Predisposições teóricas; • Apoio econômico.	• Papel da observação e das inferências; • Papel da comunidade científica; • Colaboração <i>versus</i> Competição; • Motivações pessoais no fazer científico; • Influências políticas; • Credibilidade; • Aspectos morais e éticos; • Ciência e religião;
---	--

Fonte: Elaborado pelos autores. Adaptado de El-Hani (2006), Allchin (2013) e Acevedo-Diaz (2017).

Professoras e professores precisam receber uma formação que contemple reflexões a respeito de aspectos da NdC. Nesse sentido, acreditamos que o estudo de caso histórico pode contribuir. Entretanto, concordamos com El-Hani (2006) quando afirma que apenas formar melhor os professores não é o suficiente, deve haver um esforço coletivo na proposição de atividades, materiais e livros didáticos que apresentem concepções da NdC que vão ao encontro daquelas descritas na literatura. Neste sentido, é preciso tornar operacional o conhecimento dos professores sobre HFC. Operacional no sentido de incentivar que os professores não apenas conheçam questões históricas e filosóficas ligadas à ciência, mas que saibam levá-las à sala de aula.

A HFC é um vasto ramo do conhecimento humano. Nos últimos anos as discussões acerca do seu uso no ensino de ciência apontam que, quando este é fundamentado em perspectivas historiográficas atualizadas (ALFONSO-GOLDFARB; BELTRAN, 2004), traz grandes benefícios ao processo de ensino-aprendizagem. As discussões atuais não se voltam mais para a dúvida entre usar ou não a HFC (VILAS BOAS et al., 2013). A questão que se coloca é como fazer.

Acreditamos que o estudo de caso histórico favorece as discussões a respeito de aspectos da NdC. Entender como a ciência se desenvolve é um dos objetivos do ensino de ciência e a HFC é uma ferramenta poderosa para tal (BRASIL, 2002, 2018; ALLCHIN, 2011; MARTINS, A., 2007).

História interrompida

O método de História Interrompida (HI) é descrito por Metz (2013) como uma estratégia de ensino de ciências que utiliza a História da Ciência (HC) para estimular o pensamento crítico dos alunos. Segundo Metz, a HI permite contextualizar os assuntos tratados nas aulas de

ciências de maneira a promover maior interesse dos alunos e ressaltar aspectos sociais da produção científica.

A HI se apresenta em sala de aula na forma de uma narrativa histórica linear que é conduzida pela professora ou professor. Em certos momentos, a narrativa é interrompida por uma situação de conflito técnico, teórico ou social e, em seguida, uma pergunta é feita aos alunos. Essas perguntas têm a intenção de motivar reflexões a respeito de aspectos da NdC. Após um tempo para debate e socialização das respostas dos alunos, a história continua permitindo comparar as proposições e o entendimento dos alunos com os dados historiográficos que registram o desenrolar do episódio histórico narrado.

Metz afirma que esse método é uma ferramenta poderosa no ensino de aspectos da NdC. Quando estudantes se percebem diante de conflitos semelhantes aos enfrentados por pesquisadores profissionais, tendem a valorizar mais a produção científica. Metz também declara que muitos professores não fazem uso da HC no ensino, pois lhes falta formação a respeito do tema. Desse modo, é urgente a necessidade de textos e materiais históricos acessíveis, para que sejam empregados em sala de aula.

Allchin (2011) propõe uma metodologia que chama de estudo de caso interrompido. Trata-se de uma narrativa intercalada por problemas científicos e meta-científicos que, na proposição do autor, têm como objetivo o ensino de NdC para alunos de ensino básico. Nessa metodologia, os alunos se põem no papel dos protagonistas da narrativa e se veem lidando com as mesmas dificuldades vividas pelos cientistas que estão estudando. Allchin valoriza a resolução de problemas por parte dos alunos. Questões sobre aspectos de NdC surgem quando os alunos vivenciam a ciência em construção. O estudo de caso interrompido permite essa contextualização, estimulando a reflexão durante a resolução de problemas sobre NdC.

Nossa proposta, em contraste com ambos os pesquisadores citados, foi elaborada tendo futuros professores de Química como público-alvo. Tínhamos o duplo objetivo de: 1) levar discussões sobre NdC a futuros professores; e 2) apresentá-los uma forma de se discutir esses temas em sala de aula. Em nossa narrativa histórica não tivemos a intenção de ensinar novos conceitos químicos, mas, sim, de apresentar um relato sobre um modelo científico já superado e, a partir dele, refletir sobre aspectos da NdC. Dessa forma, visamos propiciar a reflexão sobre dois pontos importantes, os aspectos da natureza da ciência e de que forma levar essas discussões para sala de aula.

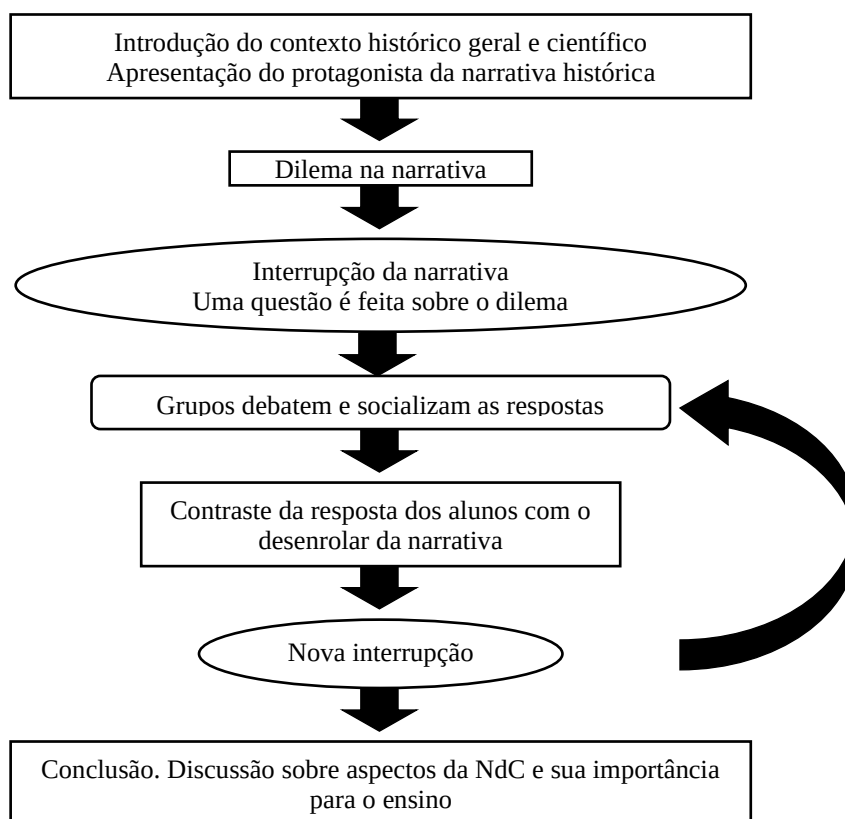
Metodologia

A narrativa histórica que elaboramos gira em torno do filósofo natural Marc-Auguste Pictet (1752-1825) e seu livro *Ensaio Sobre o Fogo*, publicado originalmente em 1790. Porém, ressaltamos que o objetivo principal dessa aplicação não era tratar da história de Marc Pictet como um conteúdo de ensino, mas utilizá-la para fomentar discussões sobre aspectos da natureza da ciência entre os futuros professores. Uma breve compilação da história de Pictet e seu *Ensaio sobre o fogo* pode ser acessada no roteiro da narrativa histórica que disponibilizamos como produto educacional no site do grupo de pesquisa.¹ Uma versão historiográfica mais completa está disponível em Correia e Baldinato (2021).

A estrutura geral da atividade de história interrompida é apresentada na Figura 1. Os momentos e objetivos próprios de cada interrupção estão apresentados no Quadro 2.

¹ O roteiro da narrativa é o material impresso que foi distribuído aos estudantes de licenciatura que participaram desta pesquisa. Disponível em: <<https://faradayhc.wixsite.com/website>>. Acesso em 03 dez. 2021.

Figura 1 – Estrutura geral da narrativa histórica



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 2 - Interrupções da narrativa e seus objetivos

Narrativa	Interrupção	O que é proposto aos alunos	Aspectos da NdC abordados
Inicia-se a narrativa com uma contextualização histórico-social da Europa nos anos finais do século XVIII. Apresenta-se o protagonista, Marc Pictet. Para ele, fogo é um agente invisível e provavelmente sem massa. É responsável pelos fenômenos calóricos e pode ser entendido sob quatro pontos de vista diferentes. O primeiro, fogo liberado, tem a tendência de se mover de zonas com maior concentração para as de menor. Pictet se dedica ao estudo desta movimentação e julga que, aparentemente, o fogo se move mais facilmente para cima do que para baixo.	A hipótese de Pictet parece plausível? O que você faria para sustentar ou descartar essa hipótese?	Buscar maneiras de dar reforço a uma hipótese.	Diferentes formas de se testar hipóteses; Existência de vários métodos de se fazer ciência.
Pictet descreve uma montagem experimental e colhe resultados que parecem conflitantes. Ora o termômetro posicionado acima do centro de propagação do calor registra aumento de temperatura mais rápido, ora isso ocorre com o termômetro posicionado	Como você interpreta os resultados de Pictet? Comparando a proposta de verificação da hipótese que você fez, consegue apontar alguma vantagem ou	Interpretar resultados experimentais e comparar os métodos de teste de hipótese.	Isolamento de variáveis; Resultados experimentais estão sujeitos a interpretação;

abaixo da mesma fonte. O filósofo apresenta tabelas detalhando as medidas de tempo e temperatura dos dois termômetros em repetidos testes.	desvantagem que a sua ideia teria em relação à abordagem escolhida por Pictet?		Instrumentos e suas validações.
Pictet reconhece que seu conceito de fogo liberado é muito semelhante ao calórico descrito por Lavoisier. Seu livro já estava escrito antes, mas foi publicado um ano depois da obra de Lavoisier.	Como você reagiria ao descobrir que outro pesquisador está pesquisando e concluindo coisas muito semelhantes as suas ideias não publicadas?	Refletir sobre aspectos humanos na produção científica.	Colaboração <i>versus</i> Competição; Papel da comunidade científica; Aspectos morais e éticos.
O experimento mais icônico da obra de Pictet trata da reflexão do fogo. A montagem envolve dois espelhos côncavos postos frente a frente, a uma distância de cerca de 3 metros. No foco de um dos espelhos é posto o bulbo do termômetro e, no outro, ora um corpo quente, ora um corpo frio.	Quais os resultados esperados para ambos os experimentos? Você consegue apresentar uma explicação para esses resultados?	Interpretar resultados experimentais.	Papel das observações e das inferências; Predisposições teóricas; Resultados experimentais estão sujeitos a interpretação;
Outros filósofos da época realizaram este mesmo experimento. Em especial o Conde Rumford, que mesmo alcançando resultados iguais, apresentou conclusões opostas às de Pictet.	Como é possível que o mesmo conjunto de resultados experimentais possa levar a conclusões diferentes?	Refletir sobre o aspecto subjetivo da produção científica e sobre o papel da experimentação.	Predisposições teóricas; Resultados experimentais estão sujeitos a interpretação.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a última interrupção e como fechamento da atividade, foram explicitados os aspectos da NdC previamente planejados e outros que foram percebidos nas falas dos estudantes ao longo da atividade. Essa parte é muito importante, pois é necessário que os alunos percebam que o mote da atividade é entender mais sobre como a ciência se desenvolve.

Os resultados que discutiremos neste artigo advêm da aplicação dessa metodologia em duas turmas de licenciatura em Química do IFSP, *campus* São Paulo. Cada aplicação ocupou um encontro de 3 horas, no componente curricular de História e Filosofia da Ciência, ofertado no terceiro semestre do curso. Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição Proponente (CAAE: 87330518.3.0000.5473, parecer n. 2.876.149).

Os alunos foram divididos em grupos com três a cinco membros e receberam as primeiras páginas da narrativa; esse trecho se encerra na questão da primeira interrupção.² A fim de dinamizar a narrativa, utilizamos uma apresentação de *slides* com imagens de Genebra, onde se passa a história, e esquemas dos instrumentos utilizados por Pictet em seus experimentos. A primeira aplicação contou com 24 alunos divididos em cinco grupos (grupos A, B, C, D e E), e a segunda com 13 alunos divididos em quatro grupos (grupos F, G H e I).

Na condução dessa metodologia é importante que os alunos não conheçam previamente o desfecho da história, para que possam propor suas próprias ideias. Muitas vezes as respostas dos alunos são postas em contraponto às do autor estudado. Esse choque de ideias é interessante, pois revela que a ciência não possui um único método. Encerrado um ciclo de discussões após uma interrupção, os grupos recebiam mais um trecho da narrativa dando continuidade à história até a próxima interrupção.

A cada interrupção, os grupos tiveram cerca de 10 minutos para elaborar uma resposta, que seria socializada em seguida com a turma. As falas dos alunos foram gravadas e, junto com

² Disponível em: <<https://faradayhc.wixsite.com/website>>. Acesso em 03 dez. 2021.

as anotações feitas pelos professores durante a atividade, compõem a fonte dos dados analisados neste trabalho. Essas falas foram submetidas à análise de conteúdo a fim de se avaliar qualitativamente as noções evocadas sobre aspectos da NdC. Havia dois professores em sala durante as aplicações. O primeiro era um estudante do último ano da licenciatura que desenvolvia sua Iniciação Científica na área de História da Ciência; foi ele quem conduziu as aulas e mediou os momentos de debate com os grupos de estudantes. O segundo professor era o responsável pela disciplina de História e Filosofia da Ciência naquele curso de licenciatura, tendo formação nessa área em nível de doutorado.

Análise de conteúdo

Após a aplicação da atividade nas turmas de licenciatura, passamos à etapa da análise dos resultados obtidos. Prestamo-nos a analisar as falas dos grupos utilizando o referencial de análise de conteúdo descrito por Moraes (1999).

A análise de conteúdo é uma avaliação qualitativa de discursos. Não faz diferenciação entre discurso oral ou escrito e tem como objetivo revelar a essência e os significados implícitos nas falas analisadas. Uma série de fatores são levados em consideração durante a análise, entre eles: o meio pelo qual a mensagem é transmitida, a situação em que é transmitida, quem transmite e quem recebe.

O método é subdividido em 5 etapas que enunciaremos da forma como foram realizadas nesta pesquisa.

1) Preparação das informações: A partir da gravação em vídeo procedemos a transcrição das falas de todos os alunos que participaram da atividade. Em seguida fizemos uma leitura inicial de todos os dados a fim de termos ciência sobre o tipo de material que estávamos tratando. Classificamos os nove grupos com letras do alfabeto e dividimos os dados a serem analisados entre os momentos de interrupções da narrativa. Para cada interrupção havia, portanto, nove respostas diferentes a serem analisadas.

2) Unitarização: Nesta etapa procedemos a releitura minuciosa de cada resposta dada pelos grupos e identificamos as unidades de registro. As unidades consistem em frases ou trechos de frases que serão avaliados em seus significados.

3) Categorização: Após a identificação das unidades de registro nas falas de cada grupo para cada interrupção, classificamos cada unidade de registro de acordo com categorias previstas. A narrativa trazia cinco interrupções e cada uma delas tomava certos aspectos da natureza da ciência como categorias definidas a priori, pois esperávamos que seriam discutidas pelos alunos. Outros aspectos da NdC surgiram espontaneamente nas falas dos alunos e foram classificados como categorias a posteriori. As categorias foram divididas em subcategorias que refletem diretamente as falas dos alunos, e as transcrições das unidades de registro foram marcadas com cores remetendo às ocorrências de cada subcategoria de análise. Esse sistema de marcação por cores facilitaria nossa percepção da convergência de ideias entre os grupos, favorecendo também a localização dos trechos que apresentamos como exemplos dos resultados na próxima seção.

4) Descrição: Na etapa de descrição os dados obtidos na análise são apresentados de forma que visa facilitar, não mais para os pesquisadores, mas para o leitor, a percepção de convergências e peculiaridades nas respostas dos grupos. Optamos por apresentar tais resultados em quadros, nos quais indicamos quais categorias eram previstas e imprevistas, bem como as subdivisões das categorias. Apontamos em quais grupos estas categorias registraram ocorrências e apresentamos exemplos das falas.

5) Interpretação: Por fim, realizamos a interpretação de todos os dados obtidos. Procuramos compreender quais as visões que os alunos expressam sobre ciência e, principalmente, se a atividade propiciou que refletissem explicitamente sobre isso.

Resultados e discussão

A seguir, apresentaremos a análise de três das cinco interrupções apresentadas durante a narrativa e os aspectos de NdC que surgiram nas falas dos alunos. O Quadro 3 sumariza os resultados da primeira interrupção.

Quadro 3 - Análise de conteúdo: 1ª interrupção - “A hipótese de Pictet te parece plausível? O que você faria para sustentar ou descartar essa hipótese?”.

Categorias formuladas	Categorias (Aspectos da NdC)	Subcategoria	Ocorrência nas falas nos grupos	Exemplos
A priori	Formas de testar hipóteses	Utilizam um experimento	A; B; E; F; G; H; I	A gente pensou em um experimento em que a gente pegaria os candelabros que ficam nas paredes e colocaria uma vela. (Grupo A) ... a gente sugestionou um experimento que seria o seguinte: pegar um recipiente relativamente grande, cheio de água, e começar a aquecer. Colocar um termômetro na superfície e outro em baixo” (Grupo G)
		Resgatam percepções sensoriais	C; D; F; G; H	A gente pensou, que por exemplo, quando você pega uma vela de ponta cabeça o fogo não vira junto com ela, o fogo faz um movimento para cima. (Grupo C) Que dá para visualizar... que dá para gente ver, porque quando a gente liga uma vela, ou alguma coisa por exemplo, a chama vai para cima (Grupo F) Mas é muito confuso, porque, por exemplo se você colocar uma vela queimando o fogo vai para cima. Realmente, em cima vai estar mais quente que embaixo, na vela (Grupo H)
		Utilizam argumento de autoridade	D	A gente também propôs a explicação da teoria de Aristóteles. (Grupo D)
	A teoria prevê resultados experimentais	Fazem previsão dos resultados	G	E a gente esperaria que conforme fosse aquecendo a temperatura o de cima estaria mais quente que o de baixo. (Grupo G)
		Propõem explicações	A; C; E; H; I	O ar que está em volta já é mais frio do que o ar que tá queimando, então a tendência dele é subir e o ar frio descer. (Grupo E) Se está mais quente provavelmente está liberando uma coisa que está fluindo para a atmosfera, então essa é a ideia. (Grupo I)
A posteriori	Interdependência entre teorias e experimentos	Impõem uma preconcepção teórica para julgar a hipótese	E; H; I	No começo a gente tava negando a hipótese. A gente pensou em densidade, e não em antigravidade. (Grupo E) Mas se você pegar uma coisa quente, para mim eu tenho essa ideia de que esse fogo, vai estar em volta dele todo. (...) O metal para mim gera essa sensação de ser equidistante, mas quando eu vejo uma chama eu relaciono com o oxigênio e questão de gás... (Grupo H)

A primeira interrupção aludia à hipótese colocada por Pictet de que o fogo apresentaria um comportamento “antigravitacional” (PICTET, 1791, p. 54), movendo-se mais facilmente para cima do que para baixo.

Essa interrupção foi planejada para que os alunos percebessem que não existe uma única maneira de se testar uma hipótese. A ideia de um único método científico infalível é ingênua (GIL-PÉREZ et al., 2001). Como mostra a história, uma hipótese pode ser reforçada das mais diversas formas, incluindo a experimentação, o apelo à percepção comum de regularidades na natureza ou mesmo a argumentação lógica, seja ela baseada em indução, dedução ou redução ao absurdo. Comentários que revelassem tais características se enquadram nesta categoria prevista. Outro aspecto da NdC que permeia esta questão é que a teoria leva a previsões dos resultados experimentais. Os experimentos, realizados com qualquer finalidade, são elaborados dentro de um quadro teórico. Este quadro guia a pesquisa experimental e apresenta seus resultados esperados, bem como as metodologias de análise aceitáveis. Quando resultados fogem deste quadro, temos uma situação inesperada (HACKING, 2012).

Nessa primeira interrupção, possuíamos, portanto, duas categorias previstas: “Formas de se testar hipóteses” e “a teoria prevê resultados experimentais”. Cada trecho das falas foi analisado com base nessas duas características. Durante a análise dos dados, surgiu uma terceira classificação que não foi prevista e que corresponde a outro aspecto da NdC: a interdependência entre teoria e experimento. Esta categoria surge quando grupos negam a hipótese de Pictet sugerindo que o que ocorre é um fenômeno ligado a diferença de densidade entre o ar quente e o ar frio, ou pelo próprio formato da chama da vela. Os alunos destes grupos impuseram preconceções teóricas que tornam inverificável a hipótese do filósofo suíço, pois dirigem a atenção para outros detalhes do fenômeno em estudo. Para os estudantes do grupo E o que ocorre é uma estratificação do ar. O grupo admite que “pensou em densidade, e não em antigravidade”, concentrando-se na convicção de que o ar mais quente sobe por tornar-se menos denso. Apesar de correta dentro do panorama da ciência dos nossos dias, a interpretação deste grupo retira o foco da análise do fogo, que preocupava o filósofo, e o transfere para o ar. Como mostraremos na sequência, Pictet levou em conta essa propriedade do ar ao elaborar seu experimento, e por considerá-la uma possível fonte de interferência, optou por realizar seus testes sob vácuo. Durante a socialização, o grupo demonstrou dar-se conta de que a sua explicação inicial simplesmente descartava a hipótese colocada por Pictet sem, de fato, testá-la.

Sete dos nove grupos sugeriram o uso de experimentos para testar a hipótese. Além disso cinco grupos usaram a própria observação de fenômenos cotidianos para julgar a hipótese, tendo o formato da chama de uma vela como prova de que o fogo tende a se mover para cima. Neste ponto da aplicação, a imagem da chama da combustão ainda está fortemente associada ao termo “fogo”, porém, o que Pictet chama de fogo vai muito além deste fenômeno, tratando-se de um agente invisível que permeia os corpos (CORREIA; BALDINATO, 2021). Além disso, o grupo D utilizou um argumento de autoridade a fim de provar seu ponto ao testar a hipótese, evocando ideias apresentadas por Aristóteles sobre o lugar natural do fogo elementar (STIUBIENER; ZATERKA, 2018).

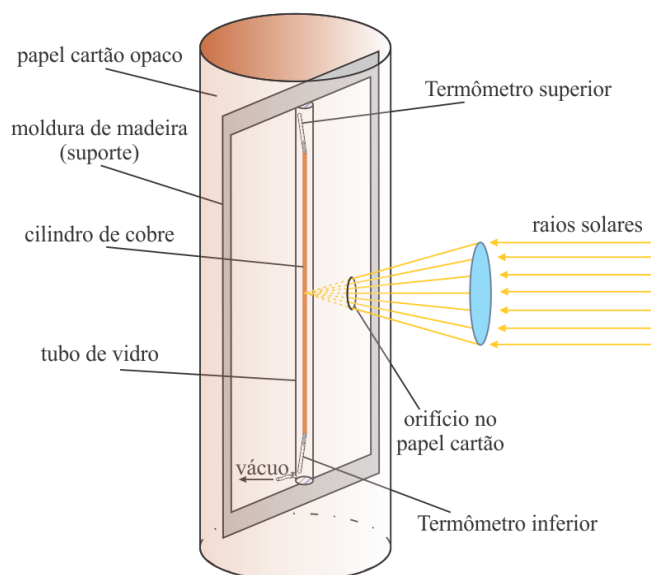
Quadro 4 - Análise de conteúdo: 2ª interrupção – “Como você interpreta os resultados de Pictet? Comparando a proposta de verificação da hipótese que você fez, consegue apontar alguma vantagem ou desvantagem que a sua ideia teria em relação à abordagem escolhida por Pictet?”

Categorias formuladas	Categorias (Aspectos da NdC)	Subcategoria	Ocorrência nas falas	Exemplos
A priori	Controles de variáveis na experimentação	Questionam a variação na forma de aquecimento	E; G; H	Uma fonte de aquecimento mais constante... (Grupo E) A vantagem no nosso experimento é que a gente tem uma fonte de calor que a gente consegue medir, mensurável, e é controlável, a gente consegue pôr a temperatura que a gente quiser. (Grupo G)
		Questionam a importância do isolamento de variáveis	A; B; E; F; G; I	A nossa tem a desvantagem do ar. (Grupo A) O experimento dele tem vantagem por causa da interferência do ar (Grupo B) Uma desvantagem é que o dele é no vácuo, tira algumas possibilidades de se perder calor nos meios (grupo G)
		Questionam os meios de transmissão do fogo	G	...e também que ele usou um metal, que é mais de transferir calor, na água acho que é mais difícil. (Grupo G)
		Identificam quais variáveis são essenciais	H	Só que tem uma parte que a gente não soube, não entendeu como explicar isso, é que no segundo dia começou mais rápido, só que... foi mais devagar, já o primeiro começou com uma diferença maior de tempo pra chegar na temperatura, só que aí quando chegou, a partir dos 25, não tenho certeza... ele começou a ficar mais rápido que o segundo, mesmo tendo começado mais devagar. (Grupo H)
	Resultados experimentais são questionáveis	Enxergam vantagem no uso de mais termômetros	H; I	Bom, a gente acha que o nosso tem uma vantagem em relação que no caso a gente usaria quatro termômetros, então a gente tem uma maior quantidade de termômetro pra analisar, que ele teria duas (Grupo H)
		Questionam a calibração do termômetro	A; B; C; F; G; H; I	A gente acha que era o termômetro que <i>tava</i> descalibrado, que tinha algum erro com o termômetro (Grupo A) Mas pra comprovar a gente falaria que os termômetros tão errados. (Grupo C) Já que ele é mais sensível que o termômetro B então, isso seria uma explicação pra diferença do primeiro teste ser maior que no segundo. Porque olhando do ponto de vista apenas das médias é uma diferença muito significativa no tempo de variação de temperatura dos termômetros do que no segundo experimento. (Grupo F)
		Utilizam da criatividade ao analisar os dados	F; I	Então, se o A é mais sensível, quando ele estava mais em cima, ele sendo mais sensível recebeu melhor o calor do que quando B estava em cima, comprovando a teoria dele de que o calor é antigravitacional. (Grupo F)

		Questionam os resultados inesperados	D	Então ele refuta a ele mesmo. (Grupo D)
		Questionam a pouca repetição	A	Porque ele fez só uma vez essas medidas, ele não fez de novo para ver se dava outra coisa. (Grupo A)
A posteriori	Experimentos diferentes levam a conclusões diferentes	Afirmam que seu experimento é incompatível com o de Pictet	D	O fogo ele, tipo, se move tanto pra cima quando pra baixo, no nosso a gente só provou que o fogo só vai pra cima, porque pra baixo a gente não sente. (Grupo D)

As questões da segunda interrupção (Quadro 4) foram propostas a fim de se levantar discussões sobre dois aspectos da NdC. O primeiro aspecto previsto era que resultados experimentais são questionáveis, e o segundo sobre o controle das variáveis na experimentação. O primeiro aspecto surgiria durante a interpretação dos alunos sobre os resultados experimentais tabelados por Pictet. A Figura 2 esquematiza a montagem experimental proposta pelo filósofo e a Tabela 1 traz um resumo desses resultados.

Figura 2 – Montagem de Pictet para testar a tendência antigravitacional do fogo.



Fonte: Os autores, elaborado a partir da descrição textual de Pictet (1791, p. 55).

A montagem de Pictet envolvia um cilindro de cobre com extremidades ocas, nas quais foram acoplados os termômetros. Utilizando arames para fixação, esse cilindro fica suspenso dentro de um tubo de vidro sob vácuo e todo o conjunto é envolvido por um papelão opaco, a fim de evitar o contato com a luz. Coincidindo com o meio do cilindro de cobre, no papelão existe um orifício através do qual a luz do sol é focalizada por uma lente, aquecendo o metal. Dessa forma, a hipótese da tendência antigravitacional do fogo poderia ser fortalecida por registros mais rápidos ou mais intensos de elevação da temperatura no termômetro superior. Pictet contou com a ajuda de dois colegas para conduzir o experimento. Cada um deles monitorava continuamente um dos termômetros, enquanto Pictet registrava o tempo decorrido e anotava os resultados, em minutos e segundos. Em tabelas, ele registrou o intervalo de tempo gasto para se alcançar um novo grau de aquecimento em cada termômetro. Ao final, calculou a diferença entre esses tempos, subtraindo a medida associada ao termômetro inferior daquela vinculada ao superior para uma mesma temperatura. Dessa forma, diferenças negativas de tempo indicam que o termômetro superior registrou aquecimento mais rápido, e diferenças com sinal positivo indicam o contrário. A equipe de Pictet realizou esse teste duas vezes. Na segunda medição, realizada no dia seguinte, o sistema era exatamente o mesmo, mas com uma rotação de 180° em seu suporte, de modo que o termômetro que estava na parte superior da barra de cobre passou a ser o de baixo, e vice-versa. Os resultados desses dois testes estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo dos resultados do experimento

1º medição de Pictet, com o termômetro A na parte de cima.

Tempo decorrido em A (Superior)	Temperatura (°Re)	Tempo decorrido em B (Inferior)	Diferença (Sup - Inf)
0 min	8	0 min	-
6 min	11	6 min 30 seg	-30 seg
7 min 10 seg	12	7 min 20 seg	-10 seg
7 min 55 seg	13	8 min	-5 seg
...	...	...	...
32 min 10 seg	36	38 min 45 seg	-305 seg
Média das diferenças			-101 seg

2ª medição, girando o aparelho, ficando o termômetro B na parte de cima.

Tempo decorrido em B (Superior)	Temperatura (°Re)	Tempo decorrido em A (Inferior)	Diferença (Sup - Inf)
0 min	8	0 min	-
2 min 37 seg	10	2 min 35 seg	+2 seg
3min 40 seg	11	3 min 25 seg	+15 seg
4min 23 seg	12	4 min 20 seg	+3 seg
...	...	...	...
26 min 25 seg	29	25 min 20 seg	+65 seg
Média das diferenças			+47 seg

Fonte: Adaptado de Pictet (1791, p. 60, 66).

A discussão esperada nesse momento da aula envolve a percepção de que os resultados de um experimento dificilmente são auto evidentes e isso faz com que estejam sempre sujeitos a interpretações diversas. Os resultados podem ser questionados levando em conta o método aplicado, o tratamento da amostragem, a validação dos instrumentos utilizados, além de questões a respeito do próprio observador. Resultados de um único experimento dificilmente conseguem provar ou refutar uma teoria ou uma hipótese, tendo em vista este grau de subjetividade.

O segundo aspecto da NdC dessa interrupção foi previsto para o momento em que os grupos comparariam suas propostas de verificação da hipótese com a montagem realizada por Pictet. O filósofo natural opta por trabalhar com rígido controle de variáveis, interferindo sobre o sistema em estudo a fim de ver qual o papel de cada uma. No contexto do racionalismo científico do século XVIII, um experimento capaz de isolar as variáveis é visto como mais refinado do que um experimento que opera com muitas fontes de interferência possíveis sobre os resultados.

À primeira vista, os resultados de Pictet para esse experimento parecem contraditórios. O primeiro teste parece apoiar sua hipótese de tendência antigravitacional do fogo, porém, a segunda execução apresentou resultados contrários. Com exceção dos grupos D e E, todos os demais questionaram a calibração dos termômetros usados no experimento, apontando o que entenderam ser um erro sistemático na metodologia do filósofo suíço. Além disso, o grupo A questionou a pouca repetição do experimento. Todos esses pontos levantados pelos grupos servem para demonstrar que resultados experimentais são questionáveis e estão sujeitos a interpretação. Como é apresentado na continuação da narrativa, Pictet faz uma interpretação

matemática dos dados, levando em conta a diferença de sensibilidade entre seus termômetros, e consegue usar estes resultados inesperados como evidência que corrobora sua hipótese inicial.

Outro aspecto da NdC presente na fala dos alunos é a importância do isolamento de variáveis na experimentação. Os grupos fizeram inferências sobre como as diferentes formas de aquecimento ou como o isolamento do ar podem refinar os resultados destes experimentos. Mas o processo de reconhecer as variáveis de importância não é natural ou espontâneo. Um exemplo disso está presente na fala do grupo H que se concentrou na diferença entre as medidas do tempo necessário para registrar a primeira variação de temperatura em cada experimento realizado por Pictet. Essa diferença não pareceu ser relevante para o autor suíço.

O grupo D apresentou uma resposta que não se enquadra em nenhuma das categorias inicialmente previstas. Enquanto contrastavam sua proposta com a de Pictet, perceberam que não havia forma de comparar as duas, já que ambas testavam coisas diferentes. A proposta do grupo D era observar a influência do fogo no ar livre, Pictet optou por experimentar esta influência sobre o meio material composto por uma barra de metal. O grupo vê uma incompatibilidade entre as duas propostas, impedindo assim uma comparação direta. Caracterizamos esta fala como “experimentos diferentes levam a conclusões diferentes”, mas a discussão gerada em classe nos pareceu produtiva por evidenciar que o desenho de uma proposta experimental impõe algum tipo de limite sobre as conclusões que dela poderão ser derivadas.

A terceira interrupção teve a intenção de evocar um lado social e humano do fazer científico (Quadro 5). Pictet reconhece que certas passagens de sua obra têm construções muito semelhantes às publicadas por Lavoisier em seu Tratado Elementar da Química. Lavoisier publicou seu livro dois anos antes de Pictet, porém o autor suíço afirmou que esses trechos já estavam escritos anos antes de entrar em contato com a obra do francês. Questionamos às alunas e alunos: Como você reagiria ao descobrir que outro pesquisador está pesquisando e concluindo coisas muito semelhantes às suas ideias não publicadas? No caso de Pictet, ele alegou ter experimentado grande satisfação por ter chegado a conclusões tão similares às de Lavoisier, porém ele afirma que suas conclusões já estavam prontas antes da publicação do químico francês, usando como prova correspondências que enviou a outros colegas de pesquisa (CORREIA; BALDINATO, 2021).

Esperávamos, com essa questão, que os alunos refletissem sobre a motivação pessoal do cientista em contraste com a natureza coletiva da ciência. Previmos três classificações para essa interrupção: a primeira dizia respeito às “motivações pessoais no fazer científico”. Aqui, são classificadas todas as falas que exprimem objetivos pessoais dos alunos em relação à sua carreira profissional como pesquisador. A segunda classificação, “colaboração versus competição”, engloba as falas que poderiam surgir do embate pela prioridade da publicação. O “papel da comunidade científica” é a última classificação e reúne as falas que fazem referência à academia como uma espécie de juiz ou mediador de debates que atua na validação e no reconhecimento de contribuições científicas. Esta categoria foi prevista porque algumas semanas antes da aplicação os alunos tiveram aulas sobre casos históricos que envolvendo controvérsias e embates por prioridade e, nesses casos, a Academia teria atuado como um mediador entre as partes (MARTINS, L.; MARTINS, R., 1989; PERRIN, 1988).

Quadro 5 - Análise de conteúdo: 3ª interrupção – “Como você reagiria ao descobrir que outro pesquisador está pesquisando e concluindo coisas muito semelhantes as suas ideias não publicadas?”.

Categorias formuladas:	Categorias (aspectos da NdC)	Subcategoria	Ocorrência nas falas nos grupos:	Exemplos
A priori	Motivações pessoais no fazer científico	Têm interesse em ser reconhecidos	B; D; E; F; G	Ficaria muito triste de viver essa situação. (B) Se eu julgasse que o resultado de um experimento fosse único, foi valioso ou muito diferente, guardaríamos para a gente. (D)
		Têm interesse no avanço da ciência	A; I	Eu aceitaria, porque eu gostaria de aprender com o outro, porque são pontos de vista diferentes. (A)
	Colaboração <i>versus</i> competição	Optam pela competição	B; C; D; H; I	Caso nenhum dos trabalhos ainda estivessem publicados você acelera a publicação, faz o possível <i>pra</i> publicar antes. (B) <i>Pra</i> ter a prioridade pra gente. (D)
		Optam pela colaboração	A; G; H; I	Eu tentaria procurar o outro pesquisador e entraria em contato e falaria que estou pesquisando o mesmo tema e perguntaria se ele gostaria de trabalhar comigo junto. (A)
		Pretendem melhorar o trabalho já publicado	B; E; F; G	Melhorando os resultados e elaborando novos experimentos, mais difíceis, melhoraria todos os experimentos que ele já publicou. (E) Tentar melhorar as duas teorias. (G)
	Papel da comunidade científica	Apresentam o exemplo da carta selada	C; D; H	Quando você tinha uma ideia você podia mandar uma carta <i>pra</i> academia. Usar isso, ou buscar uma prova, uma carta se você escreveu uma coisa com alguma data. (C) Então, <i>pra</i> isso a gente ia ter um resguardo ali e a gente teria que ter um recurso pra mostrar que a gente tinha essas ideias antes. Se fosse numa época mais antiga a gente usaria aquela carta de... a carta selada... e se fosse hoje em dia a gente usaria outros meios (H)
		Usam a HC para citar exemplos	H	Tem casos que a gente viu na História da ciência que teve essa cooperação e tem outro caso que... Aluna 9: exatamente igual na nossa outra aula, a gente tem exemplo dos dois casos (H)

Essa foi a questão que mais dividiu os alunos. A maioria admitiu que valoriza e almeja ter seus trabalhos reconhecidos pela comunidade científica, revelando uma face humana da ciência que envolve sonhos e objetivos de vida do pesquisador. Isso também se reflete quando parte dos grupos opta por competir pela prioridade, publicando um artigo independente ou tentando melhorar o publicado anteriormente, por exemplo. Já outros têm o mesmo interesse em praticar ciência e pesquisa, porém com objetivos diferentes. O discurso destes alunos coloca o avanço da ciência como um bem maior que o orgulho de ser reconhecido como inovador em algum ramo. Esses alunos e alunas optaram por colaborar com o outro pesquisador, e cada grupo surgiu com opções diferentes de como realizar esta cooperação.

Os grupos C, D e H trouxeram exemplos históricos, como o caso da carta selada de Lavoisier (PERRIN, 1988), para tentar provar que, caso se encontrassem nessa situação, eles teriam evidências de que a sua pesquisa já estava encaminhada antes da publicação por outra pessoa.

Ao final da narrativa histórica e como conclusão da atividade, conduzimos uma discussão com os alunos e alunas participantes visando nos assegurar de que eles estavam conscientes dos objetivos e potencialidades dessa estratégia didática. Nesse momento, explicitamos os conceitos de natureza da ciência, apresentando definições e categorizando aqueles que foram previstos na elaboração da narrativa. Dessa forma, propomos a esses futuros professores uma ferramenta didática que é efetiva na abordagem desses temas dentro da sala de aula. É importante que esses aspectos da ciência não sejam tratados de maneira implícita, mas, abertamente, em conjunto com as questões científicas.

Conclusões

Neste trabalho, testamos uma metodologia didática que se utiliza da História e Filosofia da Ciência para abordar aspectos da Natureza da Ciência no contexto da formação de professores. Analisando as falas das turmas de licenciatura em Química que participaram da pesquisa, registramos ocorrências de todos os aspectos da NdC previstos para cada momento de interrupção e, além destes, outros aspectos surgiram.

Concluimos que História Interrompida representa uma estratégia prática e adequada quando buscamos o duplo objetivo de abordar aspectos da Natureza da Ciência na formação de professores e permitir que estes vivenciem uma estratégia didática que explora a História e Filosofia da Ciência de modo que poderá ser adaptado em suas futuras salas de aula.

Referências

- ACEVEDO-DÍAZ, J. A., et al. História de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. **Educación Química**. v.28, n. 3, p. 140–146. 2017.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. E BELTRAN, M. H. R. (Org.) **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Livraria da Física, EDUC, Fapesp. 2004.
- ALLCHIN, D. The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies for Nature of Science Education. **Science & Education**. v.1, n. 9, p. 1263–1281, 2011.
- ALLCHIN, D. **Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources**. Saint Paul: SHiPS Education Press, 2013.

BALDINATO, J. O. Conhecendo a Química: um estudo sobre obras de divulgação do início do século XIX. 169 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BRASIL, Ministério da Educação. **Orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+ Ensino Médio)**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CORREIA, L.; BALDINATO, J. O. As teorias e experimentos em *Ensaio sobre o fogo*. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 38 n. 1, p. 628-657, 2021.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia das ciências na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (Org.). **História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências: Da Teoria à Sala de Aula**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 3–21.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27–59, 2011.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALIS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

HACKING, I. **Representar e intervir: Tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural**. P. 235-254. Rio de Janeiro: Editora UERJ. 2012.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 32, n. 3. 2015.

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.

MARTINS, L. A. P.; MARTINS, R. A. Geração espontânea: dois pontos de vista. **Perspicillum**, v. 3, n. 1, p. 5-32, 1989.

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**. Bahrain: Springer, 2012.

METZ, D. Story Interrupted: Using History and Philosophy of Science in Everyday Instruction. In: SILVA, C.C.; PRESTES, E. B. (Ed.). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipographia Editora Expressa, p. 389–396, 2013.

MORAES, R. Análise de Conteúdo. **Revista Educação**, v. 22, n. 37, p. 7–32, 1999.

PERRIN, C. E. Research Traditions, Lavoisier, and the Chemical Revolution. **Osiris**, 2nd series, v. 4, p. 53-81, 1988.

PORTO, P. A. História e filosofia da ciência no ensino de química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. p. 159-180.

PICTET, M. A. **An Essay on Fire**. London: Jeffery, E., 1791.

ROZENTALSKI, E. F. Indo além da Natureza da Ciência: o filosofar sobre a Química por meio da ética química. 432 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

STIUBIENER, I.; ZATERKA, L. (Org.). **Nascimento e desenvolvimento da ciência moderna e seus desdobramentos para a contemporaneidade**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

VILAS BOAS, A.; SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. História da Ciência e Natureza da Ciência: Debates e Consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.