

## **A DISCUSSÃO DE ASPECTOS CONSENSUAIS DE NATUREZA DA CIÊNCIA UTILIZANDO UMA ABORDAGEM CONTEXTUAL DO ESTUDO HISTÓRICO DA TERMODINÂMICA**

*DISCUSSING CONSENSUAL ASPECTS OF THE NATURE OF SCIENCE USING A CONTEXTUAL APPROACH TO THE HISTORICAL STUDY OF THERMODYNAMICS*

Geilson Rodrigues da, SILVA<sup>1</sup>  
Nádia Cristina Guimarães, ERROBIDART<sup>2</sup>

### **Resumo**

A presente pesquisa buscou articular uma abordagem contextual de Natureza da Ciência na perspectiva histórica para o Ensino de Termodinâmica. Esta abordagem ocorreu com a utilização de textos, explorando aspectos históricos em dois encontros, dos quais participaram 12 estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual. Como recurso metodológico utilizamos o método de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar, estruturado na síntese final da Ilha como um estudo de caso histórico. Este estudo apresenta uma narrativa explorando diferentes pontos de vista relacionados ao desenvolvimento de conceitos científicos da Termodinâmica. Os resultados foram coletados em dois questionários aplicados após o emprego de dois textos que buscam contribuir para a inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências, utilizando uma abordagem contextual de Natureza da Ciência. Os resultados apontaram para a compreensão de como a ciência é construída. Deste modo, a abordagem contextual desenvolvida na presente pesquisa, pautada no estudo de caso histórico, mostrou ser uma estratégia eficaz para a inserção da Natureza da Ciência no Ensino Médio, possibilitando também a elucidação de um caminho promissor para favorecer a discussão da Ciência, Tecnologia e Sociedade, contribuindo para o processo de alfabetização científica dos estudantes, um dos objetivos da Educação Científica na sociedade contemporânea.

**Palavras-chave:** História da Ciência; Representação Interdisciplinar; Contexto Histórico.

---

<sup>1</sup> Mestre em Ensino de Ciências e Doutorando Em Ensino de Ciências ambos pelo Programa de Pós-Graduação Em Ensino De Ciências-INFI-UFMS. E-mail: geilsonrodrigues367@gmail.com

<sup>2</sup> Doutora em Educação (UFMS/Campo Grande - MS). Docente do Instituto de Física da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (INFI/UFMS). E-mail: nadia.guimaraes@ufms.br.

## **Abstract**

The present research sought to articulate a contextual approach of Nature of Science in the historical perspective for the teaching of Thermodynamics. This approach occurred with the use of historical texts in two meetings in which 12 students from the 2nd year of high school of a state public school participated. As a methodological resource we used the method of Islands of Interdisciplinary Rationality structured in the final synthesis of the Island as a historical case study. This study presents a narrative exploring different points of view related to the development of scientific concepts of Thermodynamics. The results were collected in two questionnaires applied after the use of two texts that seek to contribute to the insertion of History Science in Science Teaching using a contextual Nature of Science approach. The results pointed to an understanding of how science is constructed. Thus, the contextual approach developed in this research based on the historical case study proved to be an effective strategy for the insertion of the Nature of Science in High School, making also possible the elucidation of a promising way to promote the discussion of Science, Technology and Society, contributing to the process of scientific literacy of students, one of the goals of science education in contemporary society.

**Key words:** History of Science; Interdisciplinary Representation; Historical Context.

## **Introdução**

No Ensino de Ciências as pesquisas que buscam estudar como ocorre a produção do conhecimento científico — defendendo que além de ensinar ciências devemos ensinar sobre ciências — vêm aumentando de forma gradativa. Para isto, a literatura aponta para a utilização de aspectos históricos, sociais, éticos, políticos e filosóficos relacionados ao contexto em que ocorre a produção do conhecimento científico (ALVIM; ZANOTELLO, 2014). Uma das possibilidades é a utilização da História da Ciência a partir de uma abordagem contextual<sup>3</sup>, pois, esta permite ensinar sobre ciência e promover a reflexão sobre os vários procedimentos utilizados para a produção do conhecimento científico, além de ressaltar os desafios e as limitações do conhecimento explorado. Esta abordagem possibilita demonstrar o caráter provisório da ciência, o qual não deve ser entendido no sentido de uma teoria poder ser mudada com facilidade, mas sim que ela passa por transformações no decorrer do tempo, podendo ser modificada ou refutada conforme avaliação de novas evidências.

Sendo assim, ensinar sobre ciência requer discussão do contexto sociocultural, se o objetivo é propiciar que os estudantes compreendam como atividade humana,

---

<sup>3</sup> A abordagem contextual utilizada no presente trabalho trata-se daquela em que o ensino leve em consideração como ocorre a produção do conhecimento científico sem dissociar as múltiplas influências das construções lógicas dos cientistas, ou seja, daquelas que ocorrem com o indivíduo conforme detalhado no tópico seguinte.

que avança por tentativas e erros. Um processo sujeito a influências do contexto do qual participam homens e mulheres com interesses pessoais e sociais. Esta compreensão é importante para desmistificar a ideia de que a ciência é construída por gênios isolados da sociedade, que trabalham exclusivamente em laboratórios e que fazem a ciência avançar mediante lampejos de genialidade (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; MARTINS, 2015; VITAL; GUERRA, 2017).

A desmistificação de ideias errôneas sobre o fazer científico, tais como a de gênios desconectados da sociedade, passa pela abordagem de Natureza da Ciência e esta envolve a construção de saberes a partir de múltiplas lentes, como a epistemológica, a filosófica, a histórica e cultural da ciência. Estas visões contribuem para uma formação integral dos alunos, no sentido de desenvolver neles habilidades críticas, reflexivas que possibilitem entender a importância da ciência na sociedade contemporânea (MOURA; SILVA, 2014). Isto resultaria no decréscimo das concepções errôneas sobre ciências no ensino da Educação Básica, possibilitando desmistificar concepções errôneas do fazer científico e da ciência como algo com forma estática, dogmática e desvinculada dos aspectos históricos da sua construção.

Neste sentido, a descrição de detalhes desta dinâmica de construção do conhecimento científico, demonstrando a não neutralidade do processo, é defendida em trabalhos recentes da área de ensino, como os de Azevedo e Scarpa (2017) e Leal, Alcântara e Forato (2017). Mas, assim como eles, consideramos que — apesar dos avanços na discussão sobre ensinar sobre ciências — ainda existem muitos desafios no campo pedagógico. São poucas as reflexões sobre caminhos que auxiliem os professores a não apresentar afirmativas preestabelecidas que levem a respostas prontas e acabadas de conteúdos científicos. E também temos poucos materiais didáticos que contribuem para a reflexão sobre o fazer científico, o questionamento e as dúvidas para avançar na aprendizagem sobre ciências (SCHIFFER; GUERRA, 2019).

Assim sendo, a literatura em Ensino de Ciências aponta para o consenso em relação à inserção da História da Ciência e da Natureza da Ciência na Educação Básica, ambas se complementando. Porém, ainda há divergências sobre o que inserir e como realizar esta inserção, visto que na Educação Básica não objetivamos formar cientistas, sujeitos que estão aptos a se debruçar sobre os grandes debates epistemológicos (ALLCHIN, 2013; LEDERMAN, 2006; SANTOS, 2018). Por sua vez, o ensino de Ciências almeja que os estudantes tenham criticidade e que possam

desenvolver habilidades para resolver situações complexas, que demandem a tomada de decisões coerentes e de forma racional, frente a questões que envolvam a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio ambiente (SIQUEIRA; GAERTNER, 2015). Com isto destacamos aspectos entendidos como consensuais sobre a Natureza da Ciência e que são importantes para o desenvolvimento da ciência e necessitam de discussão no contexto de sala de aula:

O conhecimento científico é provisório, o conhecimento científico tem caráter empírico, o conhecimento científico é norteado por teorias, o conhecimento científico é produto da criatividade e imaginação humana, o conhecimento científico é influenciado pelos contextos culturais e social, existem diferenças entre observação e inferências, existe diferença entre leis e teorias científicas (LEDERMAN, 2006, p. 317).

Em relação às estratégias de inserção dos aspectos consensuais de Natureza da Ciência, algumas pesquisas (ALLCHIN 2013; 2017) sugerem a utilização de estudos de casos históricos, com o intuito de abordar as teorias científicas aliando a História da Ciência, para (assim) contextualizar o conhecimento científico e possibilitar aos alunos a compreensão mais ampla da ciência. Destacamos propostas que buscam articular os estudos de casos históricos para favorecer a discussão explícita da Natureza da Ciência, com a abordagem contextual.

Sendo assim, considerando a pertinência das reflexões evidenciadas na literatura da área de ensino, sobre os limites e possibilidades do emprego da História da Ciência e da Natureza da Ciência de forma complementares, estruturamos e realizamos o estudo apresentado neste artigo. Nele apresentamos os resultados de uma pesquisa que teve por objetivo avaliar um caminho empregado para realizar uma discussão sobre a ciência, explorando uma abordagem contextual para o ensino da Termodinâmica que tem sido abordada predominantemente de forma matematizada e afastada do seu contexto histórico de produção.

### **Aporte Teórico: Caminhos para a inserção de História da Ciência utilizando uma abordagem contextual de Natureza da Ciência**

As narrativas históricas evidenciadas em alguns materiais didáticos de ciências são elaboradas a partir de interpretação de pesquisas sobre História da Ciência, pautadas no viés etnográfico e/ou etnológico do trabalho científico. Algumas priorizam a descrição de aspectos internos ao fazer científico, enquanto outras valorizam os externos. Entretanto, no contexto atual evidenciamos uma ampla discussão sobre a

necessidade de relacionar aspectos internalista e externalista do fazer científico para construir uma abordagem contextual da ciência. Salientamos que no início do século XX uma abordagem internalista, pautada na historiografia, apresentava apenas a construção lógica do conhecimento científico. As narrativas analisavam quais os problemas de pesquisa que os cientistas tentavam responder e a interpretação da comunidade científica acerca das descobertas científicas (KUHN, 2011). Com o passar dos tempos, principalmente após o término da II Guerra Mundial, esta definição foi ampliada, adotando um viés epistemológico, no qual as teorias podem ser comparadas entre si, evidenciando a sua ordem interna, elucidando o processo de descoberta realizado por grandes cientistas, durante os momentos de intensa revolução científica no qual estavam imersos (BAGDONAS, 2015).

Já a abordagem externalista tem influências do materialismo histórico. O físico Boris Hessen analisou as possíveis influências sociais e econômicas no trabalho de Isacc Newton. Assim, ele chamou atenção da comunidade científica, que estudava esta temática, sobre a importância dos fatores sociais para o desenvolvimento da ciência. Ele passou a conceber a possibilidade de apresentar a ciência em uma perspectiva cultural, combatendo as visões estereotipadas dos cientistas como indivíduos deslocados do meio social e livres das influências sociais e culturais. Desde então busca-se caminhos para a construção de narrativas históricas, selecionadas com base nas concepções que os pesquisadores têm em suas raízes filosóficas e epistemológicas (SILVA, 2019).

Alguns dos autores citados anteriormente sinalizam a existência de uma resistência da comunidade científica em abandonar a construção de uma narrativa estritamente positivista da ciência, na qual ela deveria ser apresentada de forma não-histórica, demonstrando o triunfo do conhecimento científico em relação às demais formas de conhecimentos. Outro ponto de resistência se alicerça na concepção de que os sociólogos, historiadores e filósofos da ciência realizam generalizações de forma incorreta e isto culmina na extrapolação dos limites de aplicação do conhecimento científico (BARBEROUSSE *et al.*, 2000). O fortalecimento deste ponto de resistência pode ter sido corroborado pelos cientistas que defendiam a abordagem externalista, que levaram a narrativa do fazer científico ao afastamento do racionalismo ao tentarem elucidar os complexos fatores que influenciam a ciência (BAGDONAS, 2015).

Vivenciamos atualmente uma tentativa de relacionar estas duas abordagens ou vertentes epistemológicas com a evolução das pesquisas no campo da historiografia da ciência. Surge como possibilidade de narrativa histórica a construção de um diálogo, explorando fatores externos e internos do fazer científico, considerando estas vertentes como complementares (BAGDONAS, 2015). Há mais de uma década, evidenciamos trabalhos que destacam a necessidade desta integração das vertentes internalista e externalista, os quais discorrem sobre a construção do que denominam por abordagem contextual histórica (EL-HANI, 2006; MARTINS, 2004; TEIXEIRA; EL-HANI; FREIRE-JÚNIOR, 2001). Eles sinalizam a importância de utilização destas vertentes como complementares para investigar a natureza da produção de conhecimento científico de uma determinada época.

Os aspectos listados na citação anterior, sobre a inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências, almejam uma abordagem contextual, são compatíveis com sugestões listadas por autores como Matthews (1995), McComas (1998), Gil Pérez et al. (2001), Martins (2004) e Allchin (2013).

Desta forma, consideramos a importância da construção de uma abordagem contextual que integre aspectos internalista e externalista para realizar a inserção de História da Ciência no Ensino de Ciências. Para isto, elencamos o trabalho de Stinner *et al.* (2003) por ser uma metodologia que é possível de ser adaptada ou modificada para a Educação Básica. Deste modo, adotamos os estudos de casos históricos, pois, estes possibilitam ao sujeito que vai realizá-lo a compressão das bases sobre as quais são construídas as narrativas pedagógicas, explorando História da Ciência, uma vez que deve-se ter cuidado com a construção do objeto pedagógico empregado para estudar a ciência e seu processo de construção. Considerando este entendimento, elegemos os apontamentos de Stinner et al. (2003). Contudo, modificamos algumas das diretrizes dos autores para ficarem mais próximas da realidade educacional brasileira de nível médio (conforme apontamos no Quadro 1) e que auxiliaram na construção histórica da Termodinâmica para o Ensino Médio. Os apontamentos de Stinner et al. (2003) foram incorporados de forma implícita na sequência de ensino.

**Quadro 1** – Diretrizes para a elaboração de um estudo de caso histórico

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1) Escolher um contexto histórico em que uma teoria científica emergiu e em que se deu o processo de construção;</li><li>2) Desenvolver experiências que relacionem os conhecimentos dos estudantes com o seu mundo, alinhando para isso o conhecimento científico com o cotidiano, em nível pedagógico adequado para discentes do Ensino Médio;</li></ol> |
|--|

- (3) Construir uma narrativa histórica que destaque como foi construída uma teoria científica, identificando para isso os cientistas que estavam diretamente ou indiretamente envolvidos no processo de construção da teoria científica. Nele deve-se ressaltar os conflitos entre as ideias diferentes, a disputa por financiamento das pesquisas, assim como a aceitação das ideias pelos pares na academia;
- (4) Assegurar que as ideias, os conceitos, os problemas relacionados à teoria sejam gerados de forma natural pelo contexto histórico, abrangendo os aportes teóricos que os estudantes podem apreender no contexto escolar diário, com a utilização do livro didático;
- (5) Propiciar a precisão e a generalização do contexto, entretanto, é importante apresentar situações-problemas que estão fora deste meio, mas que estão de alguma forma relacionadas às circunstâncias iniciais, bem como ressaltar os conceitos que são concorrentes com os aportes teóricos que subsidiam o contexto inicial, de forma a abranger também a compreensão que os cientistas mudam de concepções no decorrer de suas pesquisas. E que estas novas concepções vão contribuir para a formulação/reformulação de generalização, ideias, problemas e conclusões;
- (6) Organizar e planejar o contexto de forma a estabelecer a cooperação entre os estudantes, onde o docente não é o detentor dos conhecimentos, mas sim o mediador que motiva os estudantes a investigar como ocorreu o processo de construção de uma teoria científica;
- (7) Resolver o conflito que o contexto gerou e buscar elos entre as ideias e os conceitos, estabelecendo um paralelo com os aceitos atualmente pela ciência, defrontando-os.

Fonte: Adaptado com modificações de Stinner *et al.* (2003, p. 621).

Estas diretrizes foram empregadas para materialização dos textos históricos, denominados TI<sup>4</sup> e TII<sup>5</sup>, em torno do desenvolvimento da Termodinâmica e suas relações com a Revolução Industrial. Neles, Silva (2019) apresenta aspectos internalistas, representados pelas práticas experimentais empíricas, integrados com os aspectos externalistas, que são os fatores sociais e culturais presentes no contexto em que ocorreu este processo de construção da ciência. Destacamos que os textos com abordagem histórica foram planejados e construídos por um dos autores deste trabalho, com base numa adequação da metodologia de construção de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar (SILVA; ERROBIDART, 2019) e nas diretrizes com modificações de Stinner *et al.* (2003) para o estudo de caso histórico. Almejamos suprir a falta de materiais didáticos apropriados, que levem em consideração o conhecimento científico e as influências do contexto social e cultural e que não retratem os momentos históricos com distorções, indicando a ciência de forma simplista e acabada (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; MARTINS, 2004; QUEIRÓS, 2012; SILVA; ERROBIDART, 2019; SILVA; ERROBIDART, 2020; VITAL; GUERRA, 2017).

### **Encaminhamento metodológico**

<sup>4</sup> <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/6975>

<sup>5</sup> <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/6974>

A presente pesquisa ocorreu com a utilização de textos históricos que são o produto didático desenvolvido no âmbito de um mestrado profissional. Eles foram utilizados em dois encontros, totalizando quatro aulas de 50 minutos cada, das quais participaram 17 estudantes do 2º ano do Ensino Médio Brasileiro. Eles assinaram um termo de consentimento para participar do processo investigativo. Apresentamos os resultados dos 12 estudantes que participaram de todas as atividades, identificados de E1 até E12, para preservar suas identidades. Para obter as informações associadas ao mapeamento do contexto e situações-problema, realizamos o uso da metodologia de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar - IRI (MAINGAIN; DUFOUR; FOUREZ, 2008).

### ***O método de Ilha de Racionalidade Interdisciplinar como percurso para construção de um conhecimento interdisciplinar***

A metodologia é composta de oito etapas, não necessariamente sequenciais, e foi empregada para orientar a construção do estudo de caso histórico sobre a termodinâmica, materializado em dois textos que foram utilizados nesta pesquisa. Na etapa preliminar do método realizamos o enquadramento do problema ou situação-problema: nela especifica-se o contexto da implementação da representação interdisciplinar, bem como o intuito de utilizar determinada proposta e o tipo de produto que será desenvolvido ao final do processo. Na sequência (etapa 1) produz-se um clichê da situação-problema: pode ser realizada por uma equipe de construtores, ou apenas um especialista, que no caso seria o professor da disciplina. Neste momento promove-se uma “tempestade de ideias”, listando aquelas possíveis de explorar na construção da representação interdisciplinar. Nesta etapa realiza-se o levantamento de ideias entendidas como pertinentes acerca de uma situação-problema, baseadas nas concepções do(s) construtor(es) (professor e estudantes) sem estabelecer um pré-julgamento, se elas são pertinentes ou não, corretas ou erradas. Maingain, Dufour e Fourez (2008) sugerem o registro destas ideias, partindo dos aspectos mais gerais para os mais específicos.

Na etapa 2, denominada por panorama espontâneo, vivencia-se o momento em que o(s) construtor(es) reavalia(m) o conjunto de ideias do clichê, selecionando (a começar de um conjunto de critérios) as informações relevantes contidas em fontes confiáveis, denominadas pelos autores como caixas-pretas. Estas fontes apresentam conhecimentos disciplinares e não disciplinares associados à situação problema e que mostram diferentes pontos de vista sobre ela. No caso de uma situação no contexto



escolar, é neste momento que os construtores e destinatários (professores e estudantes) avaliam a adequação ao programa escolar e demais critérios condicionantes.

Destacamos nesta etapa uma possibilidade de retorno à anterior, porque reavaliamos as ideias apresentadas no clichê levando em conta a escolha do público-alvo ou destinatários da representação interdisciplinar; o levantamento de normas impostas pelo contexto. Além disto, é preciso listar, discutir e refletir sobre a adequação às condições, aos interesses, às tensões e controvérsias relacionadas às ideias e que podem ou devem ser exploradas. Realiza-se um levantamento do rol de aspectos sociais, ambientais e culturais relacionados com a situação-problema analisada, delimitando a amplitude e profundidade com a qual os conhecimentos serão apresentados em razão do cenário possível de implementação da representação interdisciplinar que vai ser construída.

Após este momento, inicia-se a etapa 3, momento no qual efetiva-se a seleção e consulta preliminar das fontes nas quais serão coletados os conhecimentos, que serão mobilizados na representação interdisciplinar. Maingain, Dufour e Fourez (2008) pontuam a necessidade de que estas fontes sejam cuidadosamente selecionadas, sejam elas livros, artigos, especialistas (possui reconhecido domínio sobre o conhecimento: professor e pesquisador) ou especialidades (domínio técnico relacionado). Ressaltamos a importância deste cuidado, para que a IRI não forneça conhecimentos do senso comum, relacionados a vivência dos destinatários, uma vez que a pretensão é de realizar a construção de uma representação interdisciplinar e não uma representação adisciplinar.

Na etapa 4, os construtores vivenciam um processo de ida e volta ao campo de pesquisa e às fontes consultadas para adequação das informações coletadas, quanto a amplitude e profundidade com a qual serão exploradas na IRI. Realiza-se, assim, a avaliação dos conhecimentos que se pretende mobilizar na representação interdisciplinar que será construída, para que ela atenda aos critérios condicionantes estabelecidos no panorama espontâneo. A reflexão realizada nesta etapa engloba todo o processo desenvolvido até então, indo muito além do reconhecimento da necessidade e pertinência das informações que serão rascunhadas na síntese parcial. Nela avalia-se a capacidade do(s) construtor(es) utilizar(em) os instrumentos necessários para a construção da representação e o domínio de competências para abertura das caixas-pretas selecionadas anteriormente. A ida a campo implica no

desenvolvimento de um espírito crítico por parte do (s) construtor (es), com avaliação do nível de suas competências e habilidades para dar prosseguimento no processo.

A etapa 5 é descrita por Maingain, Dufour e Fourez (2008) como momento de abertura das caixas-pretas com e sem ajuda de especialistas. Neste novo passo no processo de investigação, os construtores realizam um estudo aprofundado dos conhecimentos disciplinares e não disciplinares, consultando diferentes pontos de vista ou fontes. Isto é realizado com a perspectiva de relacionar informações oriundas de diferentes áreas do conhecimento, específicas ou não. Esta etapa antecede o momento de adequação dos conhecimentos em relação aos critérios condicionantes e o início da mobilização destes no estudo da situação-problema. Nela realiza-se o rascunho das ideias e questões que efetivamente serão exploradas na construção do que Maingain, Dufour e Fourez (2008) denominam por síntese parcial da representação interdisciplinar: um protótipo da IRI que materializará a síntese final.

A etapa 6 é indicada pelo autor como momento em que ocorre a esquematização da resposta para a situação-problema, finalizando-se a construção da síntese parcial. Ela consiste em uma representação teórica provisória, a partir das informações coletadas com a consulta das fontes. Esta síntese parcial precisa inicialmente ser validada pelo(s) construtor(es) para verificar se ela é passível de aperfeiçoamento; se está adequada aos destinatários para a qual foi construída, apresentando as informações em profundidade e linguagem compatível ao nível de entendimento destes (MAINGAIN; DUFOUR; FOUREZ, 2008). Concordamos com o autor que esta esquematização inicial da representação tem um caráter dinâmico e evolutivo, porque pode possibilitar diferentes reorganizações, com uma nova hierarquização das informações, partindo da validação dos critérios observados ou priorizados. Em outras palavras, as informações nela apresentadas podem ser empregadas em outra IRI na elaboração de um texto, uma história em quadrinhos, um vídeo ou outro recurso pedagógico, em outro momento. A validação da síntese parcial leva em consideração os critérios condicionantes elencados anteriormente e com base neles avalia-se a pertinência de se utilizar todas as informações coletadas nas fontes, com a abertura das caixas-pretas, naquele momento específico.

A etapa 7 caracteriza a construção da síntese final da Ilha de Racionalidade Interdisciplinar, com a materialização de uma das possíveis formas de apresentar as informações coletadas nas etapas anteriores. Ela sintetiza o trabalho desenvolvido pelo (s) construtor(es) num produto final, definido na etapa preliminar e modificado

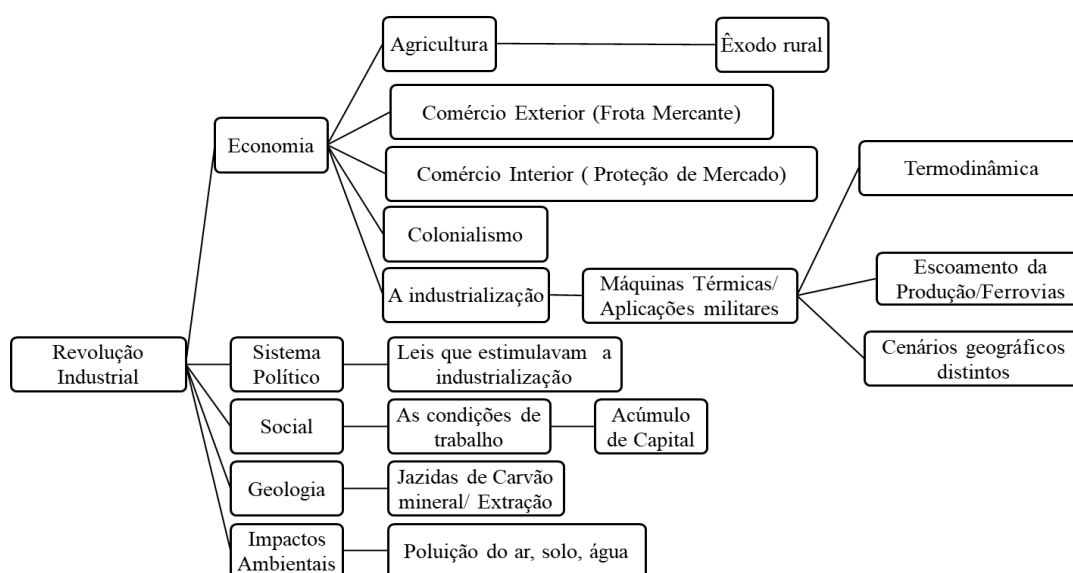
conforme a validação da síntese parcial. Nela apresenta-se uma relação das informações coletadas e consideradas pertinentes para responder à situação-problema, para determinados destinatários, inseridos em certo contexto, expressa em vídeos, página da internet, folder, jornal, revistas didáticas, dentre outros.

### **A síntese final construída com o estudo de caso histórico**

Após o percurso para construção da síntese parcial e o processo de validação realizado por dois professores especialistas em História da Ciência, estruturamos a síntese final da IRI como um estudo de caso histórico. Ele apresenta uma narrativa explorando diferentes pontos de vista relacionados ao desenvolvimento de conceitos científicos da Termodinâmica: um conhecimento interdisciplinar que integra conhecimento de diferentes fontes, explicitando suas relações com diferentes contextos da Revolução Industrial.

O percurso realizado pelos autores deste artigo tomou por base as ideias indicadas na Figura 1, que indicam a fase clichê da IRI. As ideias apresentadas neste diagrama foram consideradas pelos construtores como pertinentes para a abordagem contextual da situação-problema, considerando como destinatários primários, professores de Química e de Física e alunos da Educação Básica.

**Figura 1 – Resultado da etapa clichê**



Fonte: Os autores.

Algumas das ideias indicadas no diagrama sinalizam uma relação com conhecimentos disciplinares de Física, Química, História, Geografia e Sociologia.

Verificamos no referencial curricular, adotado pelas escolas da rede estadual de ensino, discussões sobre a Revolução Industrial, êxodo rural, industrialização, Termodinâmica e máquinas térmicas.

Na etapa do panorama espontâneo, na escolha da lista de interesses, tensões e controvérsias, verificou-se a possibilidade de explorar um estudo de caso histórico: relacionar os conhecimentos com as vantagens e desvantagens do motor a vapor de Newcomen e a necessidade de otimizar as máquinas térmicas, no contexto da Revolução Industrial. Como possíveis bifurcações, definimos as consequências associadas ao desenvolvimento econômico resultante do emprego de máquinas térmicas: a poluição do ar e das águas; a modificação nos meios de produção de manual para mecanizado; a divisão de classes sociais em burguesia e proletariado.

A lista de interesses orientou a escolha inicial das fontes consultadas: artigos científicos e livros explorando diferentes pontos de vista da situação. Também orientou a escolha o entendimento de que o método pode ser empregado para promover uma abordagem contextual da História da Ciência, estruturada no estudo de caso histórico (STINNER *et al.*, 2003). Com base neste entendimento realizamos uma modificação das orientações destes autores apresentados no quadro 1 para aproximar com o método proposto por Fourez (2008) e realizamos o planejamento indicado no Quadro 2.

**Quadro 2 – Orientações para a construção de um estudo de caso histórico**

ESTUDO DE CASO HISTÓRICO		REPRESENTAÇÃO INTERDISCIPLINAR ESTRUTURADA NUMA ABORDAGEM CONTEXTUAL
Momento marcante no desenvolvimento da ciência.		Desenvolvimento da Termodinâmica e suas relações com a Revolução Industrial.
Relacionar conhecimento científico e cotidiano.		Identificação de conhecimentos prévios relativos à Natureza da Ciência e à Termodinâmica.
Estabelecer o ponto de partida da narrativa, identificando pessoas, detalhando fatos ou eventos conflitantes e marcantes.		Antecedentes da primeira revolução industrial, revolução gloriosa, Lei dos Cercamentos de Terra, êxodo rural, exploração da mão de obra, busca por fontes de energia, disputa pelo aperfeiçoamento de máquinas térmicas, guerras napoleônicas, surgimento das locomotivas a vapor e de navios, a mecanização na indústria de cervejas na Inglaterra, a luta por direitos trabalhistas: Ludismo e Cartismo.
Evidenciar relações do estudo de caso histórico com o cotidiano escolar.		A exploração da mão de obra das mulheres e das crianças, urbanização e a poluição, as máquinas térmicas e a sociedade.
Mapeando o contexto e situações-problema	Principais ideias	Teoria do calórico, equivalente mecânico do calor, Conservação de energia e entropia.
	Questões científicas	Como aperfeiçoar as máquinas térmicas? Por que o trabalho mecânico apresentava um ponto inesgotável de calórico? Qual a eficiência máxima de uma máquina térmica?
	Controvérsias relevantes	A teoria do calórico X a teoria mecânica do calor. Impactos sociais da utilização das máquinas térmicas. A originalidade do equivalente mecânico do calor.

	Principais personagens	Denis Palpin, Thomas Savery, Thomas Newcomen, James Watt, Antonie Lavoisier, Conde Rumford, Léornard Carnot, Julius Mayer, James Joule, Willian Thomsom, Hermann Helmholtz, Rudolf Clausius.
	Contexto social	A divisão de classes sociais, exploração da mão de obra, mudança de sociedade rural para urbana, ascensão da burguesia como classe dominante, expansão de impérios.
	Contexto econômico	Mercantilismo, Liberalismo Econômico, Acúmulo de capital.
	Contexto cultural	Tecelagem, Transporte Marítimo.
	Fontes de influência	O parlamento, os estados absolutistas.
Evidenciar o processo de construção do conhecimento científico.		A História da Termodinâmica a partir da Revolução Industrial e as transformações sociais advindas das máquinas térmicas.
Evidenciar elos entre as ideias e estabelecer um paralelo com os conceitos aceitos atualmente.		O aperfeiçoamento das máquinas térmicas e sua importância econômica, social e militar. As consequências da mecanização dos meios de produção para a sociedade. As contribuições de Sadi Carnot para a compreensão do calor; James Prescott Joule e as suas contribuições para a determinação do equivalente mecânico do calor; o desenvolvimento da Termodinâmica a partir das contribuições de Helmholtz, Clausius, Thomson para a formulação da Termodinâmica.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base no planejamento do Quadro 2 realizou-se uma pesquisa bibliográfica para consultas em artigos e livros sobre os conhecimentos relacionados à economia (industrialização, comércio, máquinas a vapor e agricultura); ao sistema político (leis que estimulavam a industrialização e monocultura); ao contexto sociocultural (exploração do trabalho, luta pelos direitos trabalhistas e revoltas sociais); e à Química Ambiental (poluição do ar, água e mudanças climáticas).

A ida a campo materializou-se pela coleta de informações relevantes nos documentos selecionados na etapa anterior e construção de um texto protótipo da síntese parcial. Tomando por base este texto, realizamos a construção dos meios e recursos didáticos apresentados como síntese final da representação interdisciplinar: o estudo de caso histórico expresso nos dois textos. As informações coletadas nortearam a construção da síntese final apresentada na forma de textos e almejam suprir uma carência evidenciada na literatura da área de ensino, na existência de poucos materiais didáticos históricos em uma abordagem contextual, possibilitando auxiliar professores de ciências.

Os professores podem utilizar estes textos com conhecimentos interdisciplinares como recurso ou meio organizacional em suas aulas, promovendo com eles uma discussão dos conhecimentos mobilizados, como foi realizado por um dos autores e cujos resultados são analisados neste artigo. Outra forma de emprego

seria como meio organizacional: neste caso, um professor pode empregar o texto para orientar seus alunos a realizar um novo percurso interdisciplinar para promover uma reconstrução da IRI, ampliando ou aprofundando as informações. Salientamos, entretanto, que para realizar esta ação é importante que ele tenha domínio do método para orientar os construtores no decorrer do percurso.

### ***O emprego da síntese final no contexto de sala de aula***

Inicialmente, para facilitar o processo de mediação realizado pelo pesquisador, os estudantes foram organizados em um grande círculo (GATTI, 2005). Esta estratégia favorece a manutenção do foco dos estudantes na leitura e a discussão dos textos; contribui para estabelecer o diálogo e a interação do professor com os estudantes, estabelecendo um clima de confiança e que pode propiciar a participação ativa de todos.

O pesquisador iniciou a leitura do Texto I e (seguindo o sentido horário do círculo) foi solicitando que sequencialmente cada estudante fizesse o próximo parágrafo. Em alguns momentos realizava intervenções, solicitando que eles destacassem aspectos que julgavam como importantes na parte do texto que foi lida. Em seguida, o docente mediou uma espécie de debate coletivo, levantando discussões de pontos-chave para o entendimento do estudo de caso histórico. Assim sendo, buscou evidenciar a importância que os aspectos externalistas tiveram para o desenvolvimento das máquinas térmicas e como isso culminou no desenvolvimento científico da Termodinâmica.

Já os aspectos internalistas foram contemplados durante a discussão do funcionamento das máquinas térmicas. Fechando a intervenção, o pesquisador solicitou aos estudantes que respondessem quatro questões (listadas no tópico seguinte) individualmente. Porém, eles iniciaram uma discussão a partir de um ponto de dúvida na primeira questão. Esta discussão coletiva não foi inibida pelo professor, pois, foi considerada como uma possibilidade de aprendizagem.

No segundo dia de intervenção, novamente o grupo foi disposto em círculo e utilizando a mesma estratégia realizaram a leitura e discussão do Texto II. Quanto ao momento destinado às discussões, ele teve início com a informação sobre a utilização militar das máquinas térmicas, com o exemplo do navio a vapor. O pesquisador destacou que nesta época o império francês, desejando aumentar suas colônias, entrou em guerra com a Inglaterra e com as demais potências europeias, não obtendo

resultado satisfatório, porque foi derrotado pela aliança da Inglaterra com as potências europeias.

Avançando com a discussão, o pesquisador inseriu a discussão sobre Joule e o desenvolvimento de estudos pautados na experimentação em relação aos fenômenos magnéticos e elétricos, que antecederam aos da natureza do calor, impulsionados por interesses financeiros, técnicos e científicos. O docente solicitou aos estudantes que atentassem para as informações contidas no texto sobre como Joule desenvolveu seus experimentos e a posterior contribuição deles para a elucidação do equivalente mecânico do calor. Em seguida, o pesquisador orientou a discussão sobre os conflitos militares advindos da utilização das máquinas térmicas e o quanto eles foram importantes para consolidar a unificação da Alemanha e da Itália. Destacou ainda como consequência o surgimento dos centros politécnicos que formavam mão de obra qualificada para o exército. Fechando a discussão, destacou as contribuições de Helmholtz, Clausius e Thomson para o desenvolvimento das leis da Termodinâmica e em seguida orientou os estudantes para responderem outras sete questões (listadas no tópico seguinte).

## **Resultados e Discussão**

Os resultados apresentados neste tópico foram coletados em dois questionários<sup>6</sup> aplicados após o emprego de dois textos, que buscavam contribuir para a inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências, a partir de uma abordagem contextual de Natureza da Ciência.

Classificamos como contextual/integrada as respostas que evidenciaram indícios de compreensão de que, no processo de construção da ciência, os cientistas se deparam com muitos fatores. Estes fatores possibilitam ou não a aceitação de uma teoria pela e na academia, assim como fora dela.

Foram classificadas como externalistas as respostas que destacavam a ciência apenas como um constructo humano, um empreendimento sujeito às influências sociais e culturais; e como internalistas aquelas respostas que sinalizavam apenas os aspectos internos ao fazer científico na academia.

---

<sup>6</sup> Salientamos que mantivemos a grafia dos estudantes nas respostas do questionário apresentados nesta pesquisa.

Após a intervenção utilizando o Texto TI, os estudantes foram solicitados para responder um questionário, cujas questões são apresentadas no alto dos quadros, seguidas por exemplos de respostas e aspectos que caracterizam sua classificação em externalista, internalista ou contextual/integrada.

No Quadro 3 podemos observar que nenhuma das respostas foi classificada como internalista e apenas duas apresentaram características que remetem à utilização de uma perspectiva integrada das abordagens externalista e internalista.

**Quadro 3** – Exemplos de respostas obtidas na questão 1 do TI

Quais são os fatores que permitiram o surgimento da Revolução Industrial na Inglaterra?		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC
Externalista	<p>“A privilegiada concentração geográfica, seus desenvolvimentos em indústrias bélicas, principalmente a marinha” (E.02).</p> <p>“Apresentava condições favoráveis para a implantação da industrialização em larga escala. Tinha uma política externa essencialmente pautada na exploração comercial de suas colônias e que adotava práticas mercantilistas para garantir uma balança comercial favorável” (E.09).</p>	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.
Contextual/ Integrado	<p>“Inventores competentes foram fundamentais para melhorar as máquinas e permitir a criação de condições favoráveis para a implantação de indústrias em larga escala” (E.05).</p> <p>“Fazer com que a produção fosse maior para ter maiores lucros e menos mão de obra” (E.06).</p>	<p>O conhecimento científico tem caráter empírico.</p> <p>O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

A maioria dos estudantes elaborou respostas com características externalistas, conforme as indicadas no Quadro 3, remetendo a aspectos consensuais do fazer científico e da Natureza da Ciência. Estes exemplos, selecionados aleatoriamente, apresentam semelhanças com dados apresentados na literatura da área de ensino, que listam indicativos da ciência como uma construção cultural.

Autores como Driver *et al.* (1999) referem-se a uma apreciação da importância do contexto histórico e social para a elaboração de ideias, que contribuem para a compreensão dos fenômenos naturais, permitindo evidenciar possíveis relações entre a ciência e a sociedade. As escolhas no processo de mediação levaram em consideração a importância de promover reflexões sobre o caráter social e cultural da ciência, capaz de levar os estudantes a valorizar a ciência e seu conjunto de conhecimentos. Entretanto, isto não pode culminar no enaltecimento ao ponto de colocá-la acima de erros, de influências que podem ser danosas para a sociedade. O



conhecimento científico deve ser concebido como um poderoso artefato do esforço humano, dotado de uma natureza provisória.

A segunda questão respondida pelos estudantes após o encontro buscou orientar a reflexão sobre a necessidade do emprego das máquinas térmicas nas minas de carvão, no período da Revolução Industrial. No Quadro 4 evidenciamos que nenhuma das respostas foi classificada na categoria que sugere indícios de uma abordagem internalista ou apresentava indícios que sinalizam a importância de processos de construção científica aliada aos aspectos lógicos, experimentais. Este resultado pode ser reflexo da forma como a questão foi formulada.

**Quadro 4** – Exemplos de respostas obtidas na questão 2 do T1

Por que as máquinas térmicas a vapor foram empregadas nas minas inglesas?		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC
Externalista	<p>“Porque geralmente nas escavações, cortavam os lençóis freáticos ocorrendo infiltrações, e para que retirasse a água foi criado as máquinas térmicas” (E.05).</p> <p>“Retirar esse excesso de água do interior das minas, mais segurança aos trabalhadores que se dedicavam a extração do carvão mineral” (E.07).</p> <p>“Era utilizado para aumentar a produção do carvão mineral, as minas, local de onde era retirado, ficavam cada vez mais profundas e com alagamentos nos estágios finais, pois as escavações passavam pelos lenções freáticos. Ultrapassavam facilmente o nível do mar e a situação era agravada pelo fato da Inglaterra ser uma ilha” (E.11).</p>	<p>O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.</p>
Contextual/Integrado	<p>“Pela grande concentração de carvão no solo da Inglaterra, havendo a necessidade de retirar a água” (E.04).</p> <p>“Porque geralmente nas escavações cortavam os lençóis freáticos ocorrendo infiltrações, e para que retirasse a água foi criado as máquinas térmicas” (E.05).</p> <p>“Retirar esse excesso de água do interior das minas, mais segurança aos trabalhadores que se dedicavam a extração do carvão mineral” (E.07).</p>	<p>O conhecimento científico tem caráter empírico.</p> <p>O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

A incidência de respostas indicando características de uma abordagem integrada ou que valoriza aspectos externos à produção científica, realizada geralmente no contexto da academia, sugere que o processo de mediação favoreceu a compreensão da influência dos fatores culturais e sociais na prática científica. As respostas que emergiram para esta questão apresentam os mesmos aspectos consensuais sobre Natureza da Ciência identificados na questão anterior, resultado que era esperado devido à característica da própria questão. O processo de mediação, centrado na leitura e discussão do texto histórico, que destacava os processos internos e externos do desenvolvimento da Termodinâmica no contexto da

Revolução Industrial, almejava contribuir para que os estudantes construíssem uma concepção considerada como adequada da ciência. Diferentemente da forma como ocorre esta discussão em muitos materiais didáticos, geralmente carregados de distorções conceituais, o Texto I primou pela apresentação de informações que sinalizassem a provisoriidade da ciência, bem como a importância dos experimentos de caráter empírico no decorrer do processo.

No Quadro 5 apresentamos a terceira questão respondida pelos estudantes após a leitura e discussão do texto histórico, empregado no primeiro encontro. Evidenciamos na análise que todas as respostas elaboradas pelos alunos apresentavam indícios para classificá-las como uma abordagem contextual/integrada, mas com traços marcantes de fatores internalistas.

**Quadro 5 – Exemplos de respostas obtidas na questão 3 do T1**

Apresente os pontos favoráveis e desfavoráveis das máquinas de Savery, Newcomen e Watt.		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC
Contextual/Integrado	<p><i>“Favorável- Aproveitava o vácuo. Melhor rendimento, foi trocado o ferro pelo bronze, pois absorvia melhor o calor. Desfavorável: Poderia explodir, levava quebras frequentes, quantidade de matéria prima utilizada era elevado. Newcomen: Apresentava melhores rendimentos e segurança, mas consumia muito carvão. Watt: Tinha como vantagem melhor rendimento e também segurança, porém ainda era necessário aperfeiçoá-la para reduzir o consumo de carvão (E. 05).</i></p> <p><i>“A máquina de Savery, tinha um princípio de funcionamento simples, porém apresentava riscos pois exigia o aumento da pressão e por isso podia explodir. Thomas Newcomen-apresentava melhor rendimento e mais segurança do que a de Savery mais ainda carecia de reparos para reduzir o alto consumo de carvão e os problemas de superaquecimento que explodiam a máquina. James Watt construiu uma máquina buscando resolver dois problemas dos equipamentos: quantidade de matéria prima usada, e diminuir o superaquecimento para isso ele substituiu o cilindro de ferro por um de bronze” (E.08).</i></p>	<p>O conhecimento tem caráter empírico.</p> <p>O conhecimento é influenciado pelos contextos cultural e social.</p>

Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas apresentam explicitamente aspectos relacionados ao equipamento produzido por Savery, Newcomen e Watt: melhorar rendimento e consumo de matéria-prima, principalmente. Apontam os pontos favoráveis e desfavoráveis das máquinas térmicas, nos sucessivos processos de aperfeiçoamento e, de forma sutil, apresentam um entendimento de como eles relacionam o aperfeiçoamento das máquinas térmicas com a sua importância para a sociedade.

Apesar de identificarmos, na maioria das respostas, uma menção à segurança, não temos o desenvolvimento do assunto de forma a afirmar explicitamente o entendimento de uma abordagem integradora/contextual. As respostas, assim como podemos observar em E.05 e E.08, não sinalizam claramente uma preocupação social quanto a segurança dos equipamentos. Não explicitam que para tornar a máquina mais segura, ela passou por melhoramentos almejando minimizar os riscos de morte de trabalhadores das minas, ocasionada pelas frequentes explosões.

A quarta questão, respondida pelos estudantes após a leitura e discussão do primeiro texto histórico, apresentou uma concentração de fatores externalistas, como indicado no Quadro 6.

**Quadro 6** – Exemplos de respostas obtidas na questão 4 do T1

O processo de mecanização dos meios de produção teve impactos na sociedade? Justifique.		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC
Externalista	<p>“Sim, principalmente com o desemprego e saúde, pois eram escassos esses recursos nesse momento histórico” (E.04).</p> <p>“Sim, veio como forma de evolução, fez o bem, porém começou a aumentar a poluição, desemprego, mão de obra ficou muito barata”. (E.06).</p> <p>“Sim, pessoas ficaram desempregadas sem ter o que comer, o salário era muito baixo, pequenas vilas viraram cidades devido ao êxodo rural e elas não tinham saneamento básico (E.09).</p> <p>“Sim, desemprego, doenças, baixos salários, exploração de mão de obra” (E.11).</p> <p>“Sim, teve o êxodo rural que mudou o cenário das cidades, a pobreza aumentou muito com o emprego das máquinas no lugar dos funcionários” (E.12).</p>	<p>O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social e vice-versa.</p>

Fonte: Dados da pesquisa.

Estes resultados sugerem que uma discussão pautada em diferentes pontos de vista — promovida por uma abordagem contextual de um estudo de caso histórico, estruturado a partir de uma representação interdisciplinar — pode ser um caminho para enfrentar muitos dos problemas do Ensino de Ciências. Explorar pontos de vista que indiquem a importância do contexto social do processo de construção da ciência pode contribuir para o desenvolvimento de competências associadas ao posicionamento crítico frente à ciência e seu processo de construção.

### ***As questões sobre a natureza do calor e a constituição da Termodinâmica***

Assim como efetuamos na análise das respostas elaboradas no primeiro questionário, empregamos os mesmos aportes teóricos para avaliar as construções

textuais elaboradas pelos alunos após leitura e discussão do Texto II, e nos Quadros 7 e 8 estão exemplos dos resultados obtidos.

**Quadro 7 – Exemplos de respostas obtidas na questão 1 do TII**

Qual a importância que as máquinas térmicas tinham para a Inglaterra?		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC
Externalista	<p><i>“Elas eram importantes na área militar e na produção de navios, pois a Inglaterra tinha interesses expansionistas” (E.01).</i></p> <p><i>“Tornou-se mais forte que a França devido as máquinas térmicas, pois seus navios eram a vapor e carregava mais canhões e mais soldados” (E.06).</i></p> <p><i>“Empregou-se os navios movidos a vapor que eram mais eficientes do que os de vela que utilizavam da força dos ventos, sendo possível transportar mais soldados e canhões” (E.07).</i></p>	<p>O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.</p>

Fonte: Dados da Pesquisa.

Buscamos com esta questão evidenciar a importância da aplicação das máquinas térmicas para a expansão colonial inglesa e na sua consolidação, enquanto potência militar capaz de parar os planos de expansão do império francês, demonstrando a importância que os estudos sobre o aperfeiçoamento das máquinas térmicas tinham para a sociedade inglesa, como um meio para aumentar os lucros e garantir a segurança nacional. Neste sentido, Mosley e Lynch (2011) apontaram que a utilização das máquinas térmicas possibilitou o aumento da eficiência no processo de “brocar” canhões, contribuindo para o desenvolvimento militar inglês, primordial para manter sob controle todos os seus territórios ultramarinos e para o fortalecimento da sua marinha, com navios mais rápidos e que levavam mais tropas que os tradicionais à vela, que equipavam os navios das principais marinhas europeias.

**Quadro 8 – Exemplos de respostas obtidas na questão 2 do TII**

Por que Carnot interessou-se pelo estudo das máquinas térmicas?		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais NdC
Externalista	<p><i>“Tornou-se interessado pelo estudo das máquinas térmicas pois acreditava que era importante aperfeiçoar as máquinas térmicas francesas para superar o poderio militar inglês” (E. 05).</i></p> <p><i>“Ele acredita que era importante fazer melhorias nas máquinas térmicas francesas para superar o poder militar inglês” (E.08).</i></p> <p><i>“Para aumentar o rendimento de motores térmicos e ganhos militares” (E.12).</i></p>	<p>O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.</p> <p>O conhecimento científico tem caráter empírico.</p>

Fonte: Dados da Pesquisa.

No Quadro 8 temos a situação em que os contextos social e cultural são importantes para o desenvolvimento científico, pois, a derrota da armada francesa e a humilhação sofrida pela França motivou os estudos de Carnot que advinham da escola politécnica francesa, que junto com as principais universidades do país tinham uma Educação de melhor qualidade comparada às universidades inglesas, e mesmo assim não foi possível fornecer soluções militares para a vitória francesa. De acordo com Bernal (1951), o contexto educacional inglês era incipiente porque as universidades na Inglaterra eram pouco expressivas frente aos centros intelectuais da Europa que estavam concentrados nas universidades da França.

A situação de desvantagem acadêmica inglesa só iria modificar após a queda da França napoleônica e o amadurecimento das pesquisas nas universidades inglesas, com a aproximação da academia e da burguesia, com o intuito comum de busca pelo aperfeiçoamento das máquinas térmicas, visando o lucro para a burguesia e o financiamento para as universidades e as suas pesquisas. Este processo de transição de centros acadêmicos de maior importância na Europa foi lento e enquanto ocorria Carnot recebeu aposentadoria do exército, solicitado ao estado maior francês. Este pedido ocorreu porque Carnot visava aperfeiçoar suas ideias acerca das máquinas térmicas, que na sua concepção foram primordiais para a vitória inglesa durante a guerra, pois, a economia da Inglaterra era fundamentada no aço empregado na fabricação de navios e de canhões e na utilização do carvão mineral extraído de jazidas. Para Carnot, o ponto que a Inglaterra deveria ser atacada era nas máquinas térmicas e ele buscou seu aperfeiçoamento (PASCOAL, 2016).

Por meio dos resultados apontados no Quadro 8, a produção do conhecimento científico trouxe marcas do contexto social e cultural em que foi desenvolvida, além de permitir que a estrutura epistemológica seja explicitamente evidenciada, que alicerce a produção do conhecimento humano e suas relações com o imaginário sociocultural em que os produtores deste conhecimento estavam imersos. E este processo diferencia historicamente a ciência que é desenvolvida em um período da outra que é desenvolvida em um período diferente (GOMES, 2013).

No Quadro 9 temos a terceira questão e exemplos de respostas elaboradas pelos alunos. A análise apontou que as respostas dos estudantes identificaram as conclusões de Carnot a partir do conceito de calórico. Porém, evidencia-se que as respostas dos estudantes apresentam problemas conceituais, demonstrando a necessidade de readequar a questão e ampliar as discussões acerca do calórico.

**Quadro 9** – Exemplos de respostas obtidas na questão 3 do TII

Como Carnot obteve as suas conclusões acerca das máquinas térmicas?		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC
Internalista	<p>“Utilizando o conceito calórico na explicação dos processos térmicos” (E.3).</p> <p>“Ele defendia a teoria do calórico, no qual acreditava que o calórico não era consumido durante a ida do calórico para um corpo quente para o frio” (E.05).</p> <p>“Carnot inferiu que o calor flui entre o corpo que possui uma temperatura mais para outro corpo com temperatura menor, não correndo vice-versa” (E.12).</p>	O conhecimento científico é norteado por teorias.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Para a quarta questão as respostas dos estudantes indicaram a abordagem externalista, uma vez que as condições sociais influenciaram o desenvolvimento da Termodinâmica. O reconhecimento do caráter social da ciência contribuiu para os estudantes reconhecerem a importância que a ciência tem para a humanidade, demonstrando a mútua influência entre ambas. No Quadro 10 apresentamos a questão 4 do Texto II e alguns exemplos de respostas elaboradas pelos estudantes.

**Quadro 10** – Exemplos de respostas obtidas na questão 4 do TII

Com o avanço da industrialização, as máquinas térmicas foram as responsáveis pelo aumento das desigualdades sociais? Justifique.		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC
Externalista	<p>“Sim a sociedade era impactada como a mecanização dos meios de produção e consequente acúmulo de dinheiro, devido a exploração de mão de obra da classe operária, cidades superlotadas e condições de vida sub-humanas com enriquecimento da classe burguesa” (E.06).</p> <p>“Sim, pessoas ficaram desempregadas sem ter o que comer, o salário era muito baixo, pequenas vilas viraram cidades devido ao êxodo rural e elas não tinham saneamento básico (E.09).</p> <p>“Sim a sociedade era impactada com a mecanização dos meios de produção e consequentemente acúmulo de capital, resultante da exploração da mão de obra da classe operária” (E.10).</p>	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Em relação à quinta questão (Quadro 11), um dos estudantes teve resposta que remete às características integradas, enquanto outros tiveram respostas que remetem à abordagem externalista. Com isto, o conhecimento dos estudantes sobre ciências permite que eles desenvolvam habilidades para a tomada de decisões em uma sociedade cada vez mais complexa e que demanda um posicionamento crítico frente às questões sociocientíficas.

**Quadro 11 – Exemplos de respostas obtidas na questão 5 do TII**

Questão: Quais fatores contribuíram para o estudo de Joule acerca do calor?		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC
Externalista	<p><i>“Expansão de industrialização, implantação de fábrica de cerveja, rendimentos financeiros e também para aperfeiçoar esse equipamento” (E.07).</i></p> <p><i>“Contribuição para o aumento da fortuna da família de Joule. Ele investiu para que houvesse redução nos custos de produção para maximização dos lucros” (E.09).</i></p> <p><i>Originalmente o ganho financeiro, obviamente, ligado com as necessidades sociais da época” (E.05).</i></p>	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Estes resultados são congruentes com as discussões sobre o caráter social e cultural da ciência que leva os estudantes a valorizá-la e seu conjunto de conhecimentos. Entendendo a natureza provisória do conhecimento científico, mas valorizando-a como um poderoso artefato do esforço humano. Esta característica de abordagem cultural e social da ciência contrapõe-se à forma que a ciência é ensinada na Educação Básica, como um dogma inquestionável baseado em teorias que não sofrem transformações ao longo da história humana, que reflete o ensino no modelo taylorista, ou seja, baseado na produção em larga escala e padronizada, que na Educação Básica é expressa em termos quantitativos de aprovações em exames da própria escola e de vestibulares/Enem. Este processo não privilegia o pensamento crítico já que um dos seus objetivos é memorizar os conhecimentos para depois reproduzi-los nos referidos exames. Desta maneira, a Natureza da Ciência rompe esta ideia e estabelece a possibilidade de discutir como a ciência é construída, fomentando a construção do pensamento crítico dos estudantes (SANTOS, 2018).

Para a sexta questão (no Quadro 12) é evidenciado o caráter empírico do conhecimento científico, porém, devido à abordagem histórica utilizada na presente pesquisa, o conhecimento científico não é visto como um amontado de fórmulas e dados experimentais, que os cientistas estudam unicamente em laboratórios dissociados da realidade cultural e social. Esta abordagem histórica permite evidenciar o caminho percorrido pelos cientistas, demonstrando os erros e acertos, assim como os obstáculos epistemológicos que foram suplantados, mostrando como determinados conhecimentos evoluíram, diminuindo assim as chances de os

estudantes desenvolverem concepções errôneas sobre a Natureza da Ciência (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

Neste sentido, a abordagem histórica apresentada é uma forma de diminuir a ideia que a ciência só avança com conquistas experimentais, que reforçam no imaginário dos estudantes a ideia dos cientistas como gênios que não cometem erros e ficam isolados da sociedade. Deste modo, a abordagem permite uma visão mais ampla e com menos preconceitos acerca das práticas dos cientistas.

**Quadro 12** – Exemplos de respostas obtidas na questão 6 do TII

Os estudos de Joule permitiram a refutação da teoria do calórico? Justifique.		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC
Internalista	<p>“Não, pois seu trabalho não foi conclusivo, pois a comunidade cientistas, exigiam mais resultados e experimentos que elucidasse a natureza do calor, para que as discussões da origem dinâmica do calor, seja aceita” (E. 04).</p> <p>“Sim, pois ele não utilizou cálculos matemáticos, que era muito considerado naquela época, porém seu estudo serviu de vase para que se entende-se o calor” (E.07).</p> <p>“Sim, pois conseguiu demonstrar a relação do trabalho e o calor que não dependia dos materiais e dos processos utilizados” (E.08).</p>	<p>O conhecimento científico tem caráter empírico.</p> <p>O conhecimento científico é norteado por teorias.</p>

Fonte: Dados da Pesquisa.

A sétima questão (Quadro 13) explorou as contribuições de Helmholtz, Thomson e Clausius para a constituição da Termodinâmica. Sendo assim, as respostas dos estudantes indicaram a abordagem internalista. Porém, evidenciamos que as respostas dos estudantes tiveram limitações ao tentarem expor apenas os conceitos já presentes no texto sobre os cientistas. Isto sugere um maior aprofundamento na discussão teórica, visto que a sequência de ensino aplicado em oito aulas não é suficiente do ponto de vista quantitativo para minimizar as raízes do ensino tradicional, no qual os estudantes buscam apenas pelas respostas corretas que são frutos de anos de ostracismo educacional, visando unicamente a aprendizagem de forma mecânica.

**Quadro 13** – Exemplos de respostas obtidas na questão 7 do segundo texto histórico/didático

Questão: Quais foram as contribuições de Helmholtz, Thomson e Clausius para o entendimento da natureza do Calor?		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC



Internalista	<p>“Helmholtz: Mostrou que todo objeto que possui energia e gasta, gera trabalho e qualquer trabalho realizado gera gasto de energia. Thomson: Conceito de irreversibilidade e dissipação de calor. Clausius: Compreendeu a distinção nos processos reversíveis e irreversíveis”. (E.06).</p> <p>“Helmholtz: Concluiu que a energia da natureza não sofre alteração. Thomson: Ajudou a desenvolver a conceitualização matemática para auxiliar o desenvolvimento da Termodinâmica. Clausius: Concluiu que qualquer sistema térmico aproveita todo o calor transformando em trabalho” (E.08).</p> <p>“Helmholtz apresenta uma discussão da natureza que apresenta uma reserva de energia que não é nem aumentado e nem reduzido. Clausius: durante o trabalho realizado pelas máquinas térmicas estes não resultam apenas no deslocamento do calor da fonte quente para a fonte fria. Thomson: contribuiu com essa discussão ao desenvolver cálculos para embasar a Termodinâmica” (E.09).</p>	<p>O conhecimento científico é norteado por teorias</p> <p>O conhecimento científico tem caráter empírico</p>
--------------	---	---

Fonte: Dados da Pesquisa.

As respostas da oitava questão (Quadro 14) remetem à abordagem externalista, sendo possível estabelecer o contexto cultural e social em que as práticas científicas que auxiliaram a construção da Termodinâmica como ciência surgiram, demonstrando os cientistas que contribuíram para a sua construção sem, no entanto, apresentá-los como gênios isolados do seu contexto cultural e social.

**Quadro 14** – Exemplos de respostas obtidas na questão 8 do Texto II

Questão: A sociedade influenciou nos estudos acerca da natureza do calor?		
	Exemplos de Respostas	Características consensuais da NdC
Externalista	<p>“Sim de maneira interligada, eles só obtiveram conhecimento da teoria depois, disso começaram a ver como a termodinâmica era importante para a sociedade” (E.02).</p> <p>“Sim, ao pressionar para melhor as máquinas para eles terem mais lucros”. (E.10).</p>	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.
Integrado	<p>“ Sim, pois foi observando as dificuldades de extrair carvão que os cientistas aperfeiçoaram seus estudos” (E.06).</p>	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.

Fonte: Dados da Pesquisa.

As respostas obtidas no questionário empregado para avaliar a contribuição da intervenção, empregando os textos elaborados com base na abordagem contextual histórica (SILVA, 2019), sugerem que o material pode contribuir para um ensino de ciências mais crítico e reflexivo; propiciam uma discussão da ciência e das formas de construção do conhecimento científico, sinalizando que os cientistas são influenciados

e influenciam o contexto sócio-histórico, possibilitando compreendê-la como parte do desenvolvimento da humanidade.

A abordagem contextual histórica, materializada nos textos TI e TII, foi planejada e construída para favorecer os estudantes a compreenderem que os cientistas não vivem em um mundo à parte; perceberem que seu fazer é um empreendimento científico, uma atividade humana, influenciada por diversas ideias, concepções políticas, fatores econômicos, religiosos. Esta forma de discussão de aspectos históricos sinaliza possibilidades de apresentar aos estudantes um ensino de ciência que apresenta os processos que constituem o fazer científico e não somente os produtos finais da ciência (MOURA; GUERRA, 2016).

### **Considerações finais**

O trabalho apresenta resultados da análise de dois textos que materializam uma transposição didática externa, pautada na abordagem contextual histórica (SILVA, 2019), que indica aspectos que evidenciam que os cientistas não vivem em um mundo à parte. Apresenta a Ciência como resultado de um empreendimento científico, uma atividade humana, influenciada por outras ideias, com diferentes pontos de vistas e cientistas de diversos contextos.

Nele ainda são apresentados os processos que constituem o fazer científico, e não somente os produtos finais da ciência, tal como muitas vezes é materializado no saber ensinado nos livros didáticos e também presente nas aulas de ciências da educação básica. Estes textos materializam a síntese final de um processo investigativo interdisciplinar que defende o ponto de vista de que a História da Ciência tem um papel importante na articulação da Natureza da Ciência.

A análise dos textos produzidos ao final do processo investigativo interdisciplinar assinala que a abordagem contextual histórica, pautada no estudo de caso histórico, contemplando a Revolução Industrial, possibilitou a compreensão de concepções consensuais sobre a Natureza da Ciência. Os resultados sugerem que é possível, com a utilização dos textos I e II, realizar um processo de mediação que auxilie os estudantes a realizarem uma construção de conhecimentos em relação ao desenvolvimento da Termodinâmica.

O emprego destes textos apresentou indícios de que eles colaboraram para que os estudantes, no decorrer da discussão, identificassem a interligação de conhecimentos que geralmente se encontram dissociados em distintas disciplinas

escolares. Na história identificam conhecimentos sobre a revolução industrial e o contexto no qual ela se iniciou e se fortaleceu, mas não relacionam este processo com o desenvolvimento da Termodinâmica estudada na disciplina de Física.

Nos textos TI e TII, estes conhecimentos são integrados de forma a possibilitar uma visão mais ampla sobre a construção do conhecimento científico da Termodinâmica e as relações deste processo em diferentes contextos. Aspectos internos e externos ao fazer científico se entrelaçam com os sociais, os culturais e os políticos.

Os resultados apresentados neste artigo sinalizam que o texto contribuiu para promover a internalização dos seguintes aspectos consensuais de Natureza da Ciência: o conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social; o conhecimento científico é norteado por teorias e o conhecimento científico tem caráter empírico. Ressaltamos que no Ensino Médio temos que ter objetivos pedagógicos modestos ao tratar da Natureza da Ciência, pois, o objetivo não é formar cientistas, mas sim cidadãos críticos. Com isto não emergiram todos os aspectos consensuais de Natureza da Ciência apontados como plausíveis de serem trabalhados na Educação Básica, conforme apontamentos de Lederman (2006).

Deste modo, a abordagem contextual desenvolvida na presente pesquisa, pautada no estudo de caso histórico da Revolução Industrial, mostrou ser uma estratégia eficaz para a inserção da Natureza da Ciência no Ensino Médio. Além disto, a abordagem possibilita a identificação do caminho percorrido pelos cientistas, demonstrando os erros e acertos. Uma discussão pautada nestes aspectos evidencia como determinados conhecimentos evoluíram, diminuindo assim as chances de os estudantes desenvolverem concepções estáticas, dogmáticas acerca da Natureza da Ciência (GIL-PÉREZ et al., 2001). Isto possibilita também a elucidação de um caminho promissor para favorecer a discussão da Ciência, Tecnologia e Sociedade, contribuindo para o processo de alfabetização científica dos estudantes, um dos objetivos da Educação Científica na sociedade contemporânea.

Apesar de obtermos indícios de que os textos contribuem para promover a discussão da história da ciência na mesma perspectiva listada por autores como Matthews (1995), McComas (1998), Gil Pérez *et al.* (2001), Martins (2004), Allchin (2013) e Silva e Errobidart (2020), ressaltamos a necessidade de outros estudos.

Os estudantes apresentaram dificuldades relacionadas à leitura e compreensão das questões, aspectos que prejudicaram a mediação do processo de

ensino, tal como planejado. A reflexão sinaliza que a síntese final do processo investigativo interdisciplinar precisa de alterações: a redução na quantidade de páginas dos textos; adequação da linguagem escrita; emprego de linguagem de quadrinhos.

## Referências

ALLCHIN, D. **Teaching the Nature of Science: Perspectives and Resources**. Saint Paul, MN: SHIPS Educational Press, 2013.

ALLCHIN, D. Beyond the Consensus View: Whole Science. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 17, n. 1, p. 18–26, 2017.

ALVIM, M, H. ZANOTELLO, M. História das ciências e educação científica em uma perspectiva discursiva: contribuições para a formação cidadã e reflexiva. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v .7, n. 2, p. 349-359, 2014.

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Um Levantamento em larga escala das concepções de Natureza da Ciência de Graduandos de Biologia Brasileiros e os possíveis elementos formativos associados. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, s/n, p. 1-28, 2017.

BARBEROUSSE, A. et al. **La philosophie des sciences au XX Siècle**. Paris: Flammarion, 2000.

BAGDONAS, A. **Controvérsias envolvendo a natureza da ciência em sequências didáticas sobre cosmologia**. 2015. 266 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BERNAL, J. D. **Science in History**. Vol. 2: The Scientific and Industrial Revolutions. Londres: Pengum Books, 1951.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo o conhecimento científico na sala de aula. Tradução de Eduardo Fleury Mortimer. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31- 40, 1999.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de História e Filosofia da Ciência Na Educação Superior. In: SILVA, C. C. (Org.). **História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências: Da teoria à sala de aula**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p. 3-21.

GATTI, B. A. **Grupo focal na pesquisa em Ciências Sociais e Humanas**. Brasília: Liber Livros, 2005.

GIL-PÉRES, D. et al. Por uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

FORATO, T. C. de M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. de A. Historiografia e Natureza da Ciência na Sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-58, 2011.

FOUREZ, G (Org). **Didatic Approaches to Publicpoliticity**. Bruxelas: Deboeck University, 2008.

- GOMES, J. L. de A. M. C. **Conceito de Calor: Contexto Histórico e Proposta para sala de aula.** 2013. 135f. Dissertação (Mestrado em Ensino De Ciências e Matemática) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.
- KUHN, T. S. **A tensão essencial.** Tradução de Marcelo Amaral Penna-Forte. Rio Claro: Editora Unesp, 2011.
- LEAL, K. P.; ALCANTARA, M.; FORATO, T. C. de M. Edwin Hubble e o enigma do Redshift: Uma proposta de trabalho baseada na Whole Science. **Enseñanza de las ciencias** (digital), v. extra, p. 3729-3733, 2017.
- LEDERMAN, N. G. Sintaxe da natureza da ciência dentro da instrução de inquérito e ciência. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). **Investigação científica e Natureza da Ciência.** Dordrecht: Springer, 2006. p. 301-317.
- 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, p. 703-737, 2015.
- MARTINS, R. de A. Ciência versus historiografia: Os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (orgs). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas.** São Paulo: Livraria Editora da Física/Fapesp, 2004. p. 115-145.
- MATTEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MCCOMAS, W. F. The Principal Elements Of The Nature Science: Dispelling The Myths. **Science & Education**, v. 7, n. 6, p. 511-532, 1998.
- MOSLEY, M.; LYNCH, J. **Uma História da Ciência.** Tradução de Ivan Weisz Kuck. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.
- MOURA, B. A.; SILVA, C. C. Abordagem multicontextual da história da ciência: Uma proposta para o ensino de conteúdos históricos na formação de professores. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 2, p.336-348, 2014.
- MOURA, C. B.; GUERRA, A. História cultural da ciência: Um caminho possível para a discussão sobre as práticas científicas no ensino de ciências? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 3, p. 725-748, 2016.
- PASCOAL, A. dos S. **Evolução Histórica da máquina térmica de Carnot como proposta para o ensino da segunda lei da Termodinâmica.** 2016. 142f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.
- QUEIRÓS, W. P. **A articulação das culturas humanísticas e científicas por meio do estudo histórico-sociocultural dos trabalhos de James Prescott Joule: Contribuições para a formação de professores universitários em uma perspectiva transformadora.** 2012. 355 p. Tese (Doutorado em Educação para Ciências) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.
- SANTOS, M. Uso da História da Ciência para favorecer a compreensão dos estudantes do Ensino Médio sobre ciência. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n.2, p. 641-668, 2018.

SCHIFFER, H.; GUERRA, A. Problematizando Práticas Científicas em aulas de Física: o uso de uma História Interrompida para se discutir Ciência de Forma epistemológica-Contextual. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, s/n, p. 95-127, 2019.

SIQUEIRA, J. B.; GAERTNER, R. Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade: Conceito de proporcionalidade na compreensão de informações contidas em rótulos alimentícios. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologias**, v. 8, n. esp., p. 160-175, 2015.

STINNER, A. et al. The Renewal of case studies in Science Education. **Science & Education**, v. 12, s/n, p. 612-643, 2003.

TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N.; FREIRE-JÚNIOR, O. Concepções de estudantes de física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual do ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, 2001.

VITAL, A.; GUERRA, A. A implementação da História da Ciência no Ensino De Física: Uma reflexão sobre as implicações do cotidiano escolar. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, n. s/n, p. 1-21, 2017.

Recebido em: 16/02/2021

Aprovado em: 04/12/2021