



FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
MATO GROSSO DO SUL

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação Em Ensino De Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

GEILSON RODRIGUES DA SILVA

**A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS DA
TERMODINÂMICA PAUTADA NUMA ABORDAGEM
HISTÓRICA EPISTEMOLÓGICA**

CAMPO GRANDE, MS

2019



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação Em Ensino De Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

GEILSON RODRIGUES DA SILVA

**A TEORIA HISTÓRICO CULTURAL COMO
ESTRATÉGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS
CIENTÍFICOS EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICA
EPISTEMOLÓGICA DA TERMODINÂMICA¹**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (Área de Concentração: Ensino de Ciências Naturais), para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Prof.^a Dr. Nádia Cristina Guimarães Errobidart

CAMPO GRANDE, MS

2019

¹ Por apontamento da banca o título da dissertação foi alterado em relação ao que foi aprovado pelo comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. O título original bem como, o parecer do projeto de pesquisa pode ser consultado na Plataforma Brasil via parecer número 2.919.960, CAAE: 91324518.2.0000.0021.

SILVA, G, R da. A Teoria Histórico Cultural como estratégia para a construção de conceitos científicos em uma abordagem Histórica Epistemológica da Termodinâmica

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (Área de Concentração: Ensino de Ciências Naturais), para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Prof.^a Dr. Nádia Cristina Guimarães Errobidart

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr. Nádia Cristina Guimarães Errobidart
Orientadora
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Wellington Pereira de Queirós
Examinador Interno
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Gilmar Praxedes Daniel
Examinador Externo
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

“A mais profunda emoção que podemos experimentar é inspirada pelo senso do mistério. Essa emoção fundamental que inspira a verdadeira arte e a verdadeira ciência. Quem despreza esse fato, e não é mais capaz de se questionar ou de se maravilhar, está mais morto do que vivo, sua visão está comprometida. Foi o senso do mistério mesmo se misturando com o medo que gerou a religião. A existência de algo que nós não podemos penetrar, a percepção da mais profunda razão e da beleza mais radiante no mundo à nossa volta, que apenas em suas formas mais primitivas são acessíveis às nossas mentes é essa volta, que apenas em suas formas mais primitivas são acessíveis às nossas mentes- é esse conhecimento e emoção que constituem a verdadeira religiosidade; nesse sentido, e nesse sentido apenas, eu sou um homem profundamente religioso”. Albert Einstein

DEDICATÓRIA

A Deus, que em sua infinita sabedoria guia meus caminhos me proporcionando saúde, serenidade e disposição para enfrentar todas as etapas desta árdua caminhada.

A minha mãe Valdete Rodrigues que com seu amor infinito e apoio incondicional é responsável por minha base pessoal e educacional.

Aos meus amigos Adrielle, Amanda, Edvanio, Hygor, Jussara, João Andrade, Keoma, Klevi, Lucas, Paulo, Pedro Henrique, Rafael, Surreila, Taniel, por me ajudarem nesse momento tão importante em minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe- Valdete Rodrigues que na sua infinita bondade e sabedoria me guiou os meus passos até aqui, suportando longas horas de ausência, sendo o meu farol ao longo dessa difícil jornada e também me aconselhando, segurando a minha mão, suportando o fardo imenso que passei nesses anos. Agradeço a minha Vó Siriaca Rodrigues por ter sempre de dado muito carinho ao meu irmão-Geovane Rodrigues por ser essa pessoa tão importante na minha vida.

Agradeço aos meus amigos, que são da minha família: Lucas Gandra por ter compartilhado tantos conhecimentos, ter sido meu irmão nesses anos, por ter me guiado e me inspira a ser uma pessoa melhor todos os dias. A Jussara Oliveira que é não apenas minha amiga, mas também minha irmã que Deus encaminhou em minha vida, me ouvindo sempre com enorme paciência, dando conselhos e me ajudando quando mais eu precisava. Ao João Andrade por ser essa pessoa fantásticas que ganhei de presente, sendo meu amigo e me ouvindo nas horas mais difíceis. Agradeço a Adriele por ter me ajudado com conselhos ouvindo e me guiando com a sua sabedoria única. Ao meu amigo irmão Rinaldo Reverte Mendes Júnior que tanto me ajudou nessa jornada sempre estando ao meu lado e comemorando cada vitória, o meu eterno agradecimento.

Aos meus ex-alunos que atualmente são acadêmicos em Química: Paulo e Pedro que me inspiram a continuar buscando novos desafios. Aos meus amigos Keoma, Rafael, Talina, Klevi, Amanda, Daniel, Fernanda, Giovana, Mileny Ariani, Griscele Souza de Jesus, Paulo Shiota, Geziel Rodrigues, Surreila e Taniel que sempre estiveram comigo em diferentes momentos da minha vida sempre me apoiando.

Agradeço aos meus professores orientadores durante a graduação: Carlos Vinícius, Edvanio Chagas, Carlos Rodrigo Lehn, Hygor Rodrigues de Oliveira que me apresentaram ao mundo da pesquisa científica, contribuindo para despertar a minha vocação pela ciência.

Agradeço a minha turma de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências que tão bem me recebeu em Campo Grande. Agradeço ao corpo docente do Mestrado que contribuiu para a minha formação acadêmica.

A minha Orientadora Nádia Cristina Guimarães Errobidart pela enorme paciência, pela sabedoria nas orientações, por acreditar sempre em mim, obrigado por ajudar o meu sonho a se tornar realidade.

Aos meus amigos que conheci durante o exercício da profissão que muito me ajudaram nessa Jornada: Geovane, Maria Jerônimo, Dinalva, Eduardo, Itamar, Joirdes, Carlos, Mariney, Silvia, Cristina, Suellen e Arthur, Jessé e Sara.

RESUMO

A presente pesquisa buscou articular uma abordagem contextual de Natureza da Ciência na perspectiva histórica epistemológica para o Ensino de Termodinâmica. Para isso utilizamos os aportes da Teoria Histórico Cultural proposto por Lev Semyonovich Vygotski com o intuito de determinar avanços na aprendizagem dos estudantes. A opção pela Teoria Histórico Cultural vai ao encontro com o exposto na Revisão da Literatura realizado em periódicos nacionais de Ensino de Ciências, ao qual evidenciamos poucas pesquisas que se dedicaram a analisar as teorias construtivistas no Ensino da Termodinâmica, bem como, os fatores internalista e externalista da produção do conhecimento científico de forma integrada. Diante disso, elaboramos um texto histórico da Termodinâmica que integrou as abordagens internalista e externalista (Produto 1). Desse texto foi elaborado a sequência de ensino (Produto 2) que foi aplicada na Escola Estadual Pedro Mendes Fontoura, na cidade de Coxim-MS, que contou com a participação em todos os encontros de 12 estudantes do 2º Ano do Ensino Médio. Para a intervenção didática foi utilizada de 4 momentos compostos por 2 aulas de 50 minutos cada, sendo que o primeiro momento representa o pré-teste composto por 2 questionários, no qual o primeiro trata das concepções dos estudantes em relação a Natureza da Ciência e suas relações com a Termodinâmica e o segundo das concepções acerca da Termodinâmica. A sequência de ensino estruturada em textos históricos foi utilizada no segundo e o terceiro momento e o quarto momento contou com o pós-teste utilizando as mesmas questões do primeiro momento. Os resultados do pré-teste apontam para concepções espontâneas dos estudantes sobre o fazer científico e a Termodinâmica. Enquanto a utilização dos textos históricos no segundo e terceiro encontro contribuiu para a internalização de características consensuais de Natureza da Ciência em uma abordagem contextual e no quarto encontro identificamos avanços na zona de desenvolvimento proximal dos estudantes. Assim sendo, concluímos que a abordagem do estudo de caso histórico da Revolução Industrial no contexto da Termodinâmica possibilita o desenvolvimento proximal acerca da Termodinâmica e de concepções consensuais de Natureza da Ciência.

Palavras-Chave: História da Ciência, Natureza da Ciência, Abordagem Contextual, Formação de Conceitos, Ensino de Termodinâmica.

ABSTRACT

This research aimed to articulate a contextual approach of Nature of Science in the epistemological historical perspective for the teaching of Thermodynamics. For this we use the contributions of the Historical Cultural Theory proposed by Lev Semyonovich Vygotski in order to determine advances in student learning. The option for Historical Cultural theory goes to the encounter with the literature review conducted in national Journals of Science Education, to which we evidenced few researches that were devoted to analyzing constructivist theories in the teaching of Thermodynamics, as well as the internalist and externalist factors of the production of scientific knowledge in an integrated way. Therefore, we elaborated a historical text of thermodynamics that integrated the internalist and externalist approaches (product 1). From this text was elaborated the sequence of teaching (product 2) that was applied at the state school Pedro Mendes Fontoura, in the city of Coxim-MS, which counted with the participation in all meetings of 12 students of the 2nd year of high school. For the didactic intervention, it was used 4 moments consisting of 2 classes of 50 minutes each, and the first moment represents the pre-test consisting of 2 questionnaires, in which the first one deals with the conceptions of the students in relation to the Nature of Science and Its relations with Thermodynamics and the second of the conceptions about Thermodynamics. The sequence of structured teaching in historical texts was used in the second and third moments and the fourth moment counted on the post-test using the same questions of the first moment. The results of the pre-test point to spontaneous conceptions of the students about the scientific doing and the Thermodynamics. While the use of the historical texts in the second and third meeting contributed to the internalization of consensual characteristics of nature of science in a contextual approach and in the fourth meeting we identified advances in the development zone proximal students. Thus, we conclude that the approach of the historical case study of the Industrial Revolution in the context of thermodynamics enables the proximal development of Thermodynamics and consensual conceptions of Nature of Science.

KEYWORDS: History of Science, Nature of Science, Contextual Approach, Concept Formation, Teaching of Thermodynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos dos três tipos de signos.	42
Figura 2 - Processo de construção conceitual formulados a partir das ideias de Vygotski.	46
Figura 3 - Resultado da etapa clichê.	69
Figura 4 - Lista de saberes disciplinares explorados na representação interdisciplinar.	70
Figura 5 – Ilustração do layout de algumas páginas do produto educacional explorando abordagem conceitual.	72
Figura 6 - Questionário 1 sobre Natureza da Ciência.	73
Figura 7 - Questionário 2 sobre Concepções de Termodinâmica.....	74
Figura 8 - Box ilustrando emprego de máquinas térmicas, nos navios da marinha inglesa.	99
Figura 9 - Representação que o estudante (E.04) elaborou para a distribuição das moléculas.	108

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Quantitativo de indicações de disciplinas associadas com máquinas térmicas no pré-teste.	83
Gráfico 2: Indicação de fato/aspecto marcante ocorrido no século XVIII.	84
Gráfico 3: Concepções sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas.	86
Gráfico 4: Resultado da questão 1 do teste de Concepções de Termodinâmica.	89
Gráfico 5: Resultado da questão 2 do teste de Concepções de Termodinâmica.	90
Gráfico 6: Resultado da questão 3 do teste de Concepções de Termodinâmica.	91
Gráfico 7: Respostas da questão 1b – Teste concepções sobre Natureza da Ciência... 97	
Gráfico 8: Indicação de Fatos históricos no pós teste.	98
Gráfico 9: Concepções sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas (pós-teste). 101	
Gráfico 10: Resultado da questão 1 do pós- teste de Concepções de Termodinâmica.	103
Gráfico 11: Resultado da questão 2 do pós- teste de Concepções de Termodinâmica. 104	
Gráfico 12: Resultado da questão 3 do pós-teste de Concepções de Termodinâmica.	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Periódicos Analisados.	19
Quadro 2: Trabalhos publicados em periódicos com Qualis A ₁ , selecionados para análise.	22
Quadro 3: Trabalhos publicados em periódicos Qualis A ₂ , selecionados para análise.	22
Quadro 4: Trabalhos publicados em periódicos B ₁ , selecionados para análise.	23
Quadro 5: Trabalhos publicados em periódicos B ₂ , selecionados para análise.	24
Quadro 6: Quantidade de estudantes e sua distribuição na escola.	63
Quadro 7: Conhecimentos disciplinares expressos no referencial curricular.	65
Quadro 8: Orientações para a construção de um estudo de caso histórico.	66
Quadro 9: Etapas da metodologia de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar (FOUREZ, 2002).	67
Quadro 10: Organização da sequência de ensino.	75
Quadro 11: Questões norteadoras do primeiro texto histórico A Revolução Industrial e o desenvolvimento das máquinas térmicas.	79
Quadro 12: Questões norteadoras para o segundo texto histórico: A natureza do calor e a constituição da Termodinâmica.	81
Quadro 13: Algumas respostas apresentadas pelos alunos as questões 1 f e 1g.	85
Quadro 14: Resultado da questão 5 do teste de Concepções de Termodinâmica.	92
Quadro 15: Investigação de concepções sobre irreversibilidade.	93
Quadro 16: Concepções sobre a espontaneidade das moléculas em um gás.	95
Quadro 17: Espontaneidade.	96
Quadro 18: Respostas dos estudantes para a influência das máquinas térmicas no contexto social.	100
Quadro 19: Resultado da questão 5 do pós-teste de Concepções de Termodinâmica.	106
Quadro 20: Concepções dos estudantes sobre irreversibilidade.	107
Quadro 21: Concepções sobre a espontaneidade das moléculas.	108
Quadro 22: Concepções dos estudantes sobre a espontaneidade.	109
Quadro 23: Exemplos de respostas obtidas na questão 1 do primeiro texto histórico/didático.	110
Quadro 24: Exemplos de respostas obtidas na questão 2 do primeiro texto histórico/didático.	112
Quadro 25: Exemplos de respostas obtidas na questão 3 do primeiro texto histórico/didático.	114
Quadro 26: Exemplos de respostas obtidas na questão 4 do primeiro texto histórico/didático.	115
Quadro 27: Exemplos de respostas obtidas na questão 1 do segundo texto histórico/didático.	118
Quadro 28: Exemplos de respostas obtidas na questão 2 do segundo texto histórico/didático.	118
Quadro 29: Exemplos de respostas obtidas na questão 3 do segundo texto histórico/didático.	119
Quadro 30: Exemplos de respostas obtidas na questão 4 do segundo texto histórico/didático.	119
Quadro 31: Exemplos de respostas obtidas na questão 5 do segundo texto histórico/didático.	120

Quadro 32: Exemplos de respostas obtidas na questão 6 do segundo texto histórico/didático. 121

Quadro 33: Exemplos de respostas obtidas na questão 7 do segundo texto histórico/didático. 122

Quadro 34: Exemplos de respostas obtidas na questão 8 do segundo texto histórico/didático. 122

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
CAPÍTULO 1 – REVISÃO DA LITERATURA	19
1.1. Resultados da pesquisa bibliográfica	21
1.1.1 Categoria 1 - A História da Ciência no Contexto da Termodinâmica	24
1.1.1.1- Levantamento histórico de elementos conceituais da Termodinâmica	24
1.1.1.2- Aplicações da História da Termodinâmica no Ensino de Física	30
1.1.2 Categoria 2- A importância da experimentação no Ensino da Termodinâmica.....	31
1.1.3 Categoria 3- Investigações de conceitos espontâneos e científicos da Termodinâmica e suas implicações para o Ensino de Ciências	32
1.1.4 Categoria 4- Materiais didáticos para o Ensino da Termodinâmica	35
CAPÍTULO 2 - A TEORIA HISTÓRICO CULTURAL DE VYGOTSKI.....	38
2.1. Aspectos relevantes da teoria	41
2.2. A Formação de Conceitos em uma perspectiva Vygotskiana	43
2.3. Implicações para o Ensino de Ciências	45
2.4. Zona de Desenvolvimento Real e a Proximal.....	46
CAPÍTULO 3 – A HISTÓRIA DA CIÊNCIA	48
3.1 Caminhos para a inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências	53
3.1.1 Estudo de Casos Históricos e suas contribuições para o Ensino de Ciências	56
3.1.2 A discussão sobre a Natureza da Ciência.....	57
CAPÍTULO 4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	61
4.1 O contexto da pesquisa	63
4.1. 1. Os sujeitos da pesquisa	63
4.1.2. O conhecimento disciplinar.....	64
4. 2 A produção de meios e recursos didáticos	66
4. 2. 1. Os questionários como recursos didáticos e instrumentos de coleta de dados.....	72
4. 3 A sequência de ensino pautada na abordagem contextual.....	75
CAPÍTULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÕES	83
5. 1. Os testes sobre concepções	83
5.1.1 Pré-teste.....	83
5. 1.2 Pós-teste.....	96

5.2 As questões norteadoras dos textos didáticos com abordagem contextual histórica.....	109
5.2.1 As questões norteadoras sobre a Revolução Industrial e o desenvolvimento das máquinas térmicas	110
5.2.2 As questões norteadoras sobre a natureza do calor e a constituição da Termodinâmica	117
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	125
REFERÊNCIAS.....	128
APÊNDICE 1: TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE).....	138
APÊNDICE 2: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO/TCLE	139

INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas vem aumento as discussões na área de Ensino de Ciências, em torno da utilização de teorias construtivistas, que primem pela superação do ensino tradicional. Elas sinalizam a necessidade de superar a abordagem de conteúdos dissociados da experiência e do contexto social dos estudantes, transmitidos pelos docentes como verdades absolutas, as quais devem ser absorvidas pelos estudantes a partir da repetição de exercícios (LEÃO, 1999).

Discute-se também sobre caminhos para promover a construção do conhecimento científico em prol da formação dos discentes, de forma que eles estejam engajados na resolução de problemas, presentes em seu cotidiano (MOURA e GUERRA, 2016; SASSERON e DUSCHI, 2016).

Essa discussão vai ao encontro de premissas estabelecidas por documentos oficiais para a Educação no Brasil, que apontam a importância de os estudantes compreenderem o aspecto dinâmico da ciência, a partir da interpretação de diversos fenômenos, que permitiram a construção do conhecimento científico. Diante disso o conhecimento escolar deve fomentar o diálogo entre saberes de modo a propiciar a todos os estudantes o acesso a tópicos indispensáveis para a compreensão das diferentes realidades no plano da natureza, da sociedade, da cultura e da vida (BRASIL, 2002).

É importante ressaltar que esses saberes devem embasar os estudantes, para dar-lhes condições de buscar e analisar novas referências e novos conhecimentos e para que sejam capazes de adquirir as habilidades necessárias à utilização adequada das novas tecnologias, assim como, de dominar procedimentos básicos de investigação e de produção de saberes científicos (BRASIL, 2013).

Nesse contexto considera-se a necessidade de utilização de estratégias didáticas que abordem o processo de construção dos conhecimentos científicos como uma forma de propiciar o entendimento dos procedimentos básicos de investigação da produção de conhecimentos científicos, contribuindo para que os estudantes desenvolvam o pensamento crítico, reflexivo e criativo (FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011).

Uma possibilidade é a utilização da História da Ciência no contexto educacional, como uma estratégia viável para discutir o processo de construção da ciência, como um construto humano, sendo passível de transformações e que ele influencia a sociedade e por ela é influenciado (SANTOS, 2009 (a); TRINDADE, 2011; SOUZA e JUSTI, 2012;

ALVIM e ZANOTELLO, 2014; MOURA e SILVA, 2014; MOURA e GUERRA, 2016; SANTOS, 2018).

As pesquisas supracitadas apontam que não é possível dissociar a ciência e seus possíveis desdobramentos tecnológicos da cultura humana. É necessário considerar que a construção dos conhecimentos científicos perpassa a superação da visão reducionista da ciência, como um mero amontado de saberes específicos. Ela integra um escopo maior que engloba também a produção de teorias, metodologias, que refletem os aspectos humanísticos da sua construção e que estão imbricados na representação simbólica que o homem constrói dos fenômenos naturais, a partir de elementos que são próprios do seu universo cultural (ALVIN e ZANOTELLO, 2014).

Diante desses aportes, que representam a ciência como um processo de construção humana e passível de influências, consideramos analisar o desenvolvimento da Termodinâmica nesse trabalho de mestrado isso porque ela está é abordada predominantemente de forma matematizada e afastada do seu contexto histórico de produção. Assim sendo, evidenciamos na literatura pesquisas que elencam dificuldades relacionadas com o estudo de conceitos de temperatura, calor, energia interna, trabalho e entropia, presentes em vários níveis de ensino (LABURÚ e NIAZ, 2002; GRINGS, CABALLERO e MOREIRA, 2006; SILVA, LABURÚ e NARDI, 2008).

De acordo com Hülsendeger (2007), uma das formas de superar essas dificuldades é apresentar a Termodinâmica aliado aos seus fatores sociais, porém pesquisas que abordem a Termodinâmica apenas com fatores sociais correm o risco de apresentar uma visão unilateral da ciência e, portanto, incompleta do processo de construção científica.

Dessa forma buscamos articular nesse trabalho uma abordagem contextual da Natureza da Ciência na perspectiva epistemológica contemporânea ela permite uma reconstrução de episódios históricos levando em considerações tanto os aspectos racionais, como a experimentação, a formulação de hipóteses, como os fatores sociais, o interesse econômico. No caso do presente estudo, possibilita uma discussão do emprego e aperfeiçoamento das máquinas térmicas que foram importantes para a consolidação da Termodinâmica sendo que iniciamos a discussão a partir dos primórdios da primeira Revolução Industrial, até a construção das Leis da Termodinâmica, buscando evidenciar a influência da sociedade no desenvolvimento científico, bem como, as transformações sociais que as máquinas térmicas provocaram na sociedade da época.

Assim sendo, esse trabalho estruturou-se na seguinte questão de pesquisa: Quais as contribuições de uma sequência de ensino mediada pelo estudo de caso histórico da Revolução Industrial podem propiciar para a zona de desenvolvimento proximal de concepções consensuais da Natureza da Ciência para discentes do 2º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Pedro Mendes Fontoura em Coxim-MS?

Salientamos que no contexto educacional brasileiro temos poucas pesquisas que evidenciam a ciência como construção humana tal como apresentado nesse trabalho de mestrado. Esse aspecto foi evidenciado na Revisão da Literatura, apresentada no Capítulo 1. Nele apresentamos uma reflexão sobre as discussões presentes em produções nacionais disponibilizados em periódicos de Ensino de Ciências acerca da Termodinâmica. Para levar essas discussões para as aulas utilizamos como aporte a Teoria Histórico-Cultural de Lev Semyonovich Vygotski, cujos pressupostos estão listados no capítulo 2.

No capítulo 3 é descrito a importância da História da Ciência para o Ensino, pontuando seus aspectos positivos de utilização, bem como, as suas dificuldades de aplicação no Ensino. Por fim apresentamos uma possibilidade de estratégia para sua utilização no Ensino de Ciências que se trata de uma abordagem contextual de Natureza da Ciência aliado com as abordagens internalista e externalista.

O capítulo 4 apresenta a descrição metodológica da presente pesquisa, seu delineamento e os instrumentos de coleta de dados utilizados. Também apresentamos uma descrição do contexto escolar da pesquisa e uma descrição da utilização do material didático.

No capítulo 5 é discutido os resultados à luz do referencial teórico, levando em consideração a abordagem contextual de Natureza da Ciência, relatando as reflexões advindas da pesquisa. E, por último, apresentamos as considerações finais e a resposta a questão de pesquisa, demonstrando as possibilidades e limitações da proposta de inserção de Histórica da Ciência utilizada na presente pesquisa.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DA LITERATURA

Apresentamos nesse capítulo o resultado de uma pesquisa bibliográfica realizada com o objetivo de situar o leitor sobre a pertinência da pesquisa desenvolvida nesse trabalho de mestrado e fundamentar a escolha do objeto de estudo a partir de publicações pregressas, pertinentes para a área de Ensino de Ciências.

Nos pautamos nos aportes apresentados por Cervo, Silva e Bervian (2007), que sinalizam a utilização da pesquisa bibliográfica para elucidar a situação de uma área de estudo, a partir de publicações disponibilizadas em artigos, livros, dissertações e teses. Dessa forma é possível compreender as contribuições de diferentes vertentes teórico-metodológicas sobre uma temática específica.

Diante dessas especificidades, consideramos como material de análise os artigos publicados em periódicos, por serem fontes que passaram por crivos rigorosos para aceitação pelos pares. Para isso, buscamos na plataforma sucupira a indicação de periódicos nacionais com extrato qualis entre A₁ e B₂, referente ao quadriênio 2013-2016, com disponibilidade online e gratuita, indicada no quadro 1.

Quadro 1: Periódicos Analisados.

QUALIS	PERIÓDICOS
A ₁	Ambiente & Sociedade; Bolema - Caderno de Pesquisa; Ciência & Educação; Currículo Sem Fronteiras; Educação & Sociedade; Educação E Pesquisa; Educação e Realidade; Educação em Revista; Educar em Revista; Ensaio - Avaliação e Políticas Públicas em Educação; Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências; Interface; Revista Brasileira de Educação; Revista Brasileira de Ensino de Física; Revista Lusófona de Educação.
A ₂	Acta Scientiae: Revista de Ensino de Ciências e Matemática; Acta Scientiarum. Education; Alexandria; Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas; Anais da Academia Brasileira de Ciências; Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências; Atos de Pesquisa em Educação; Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior; Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Ciência e Cultura; Contexto & Educação; Educação e Cultura Contemporânea; Educação Unisinos; Educação Matemática em Revista; Educação Matemática Pesquisa; Ensino em Re-Vista; Ensino, Saúde e Ambiente; Estudos em Avaliação Educacional; História, Ciências, Saúde-Manguinhos; Imagens da Educação; Interfaces Científicas – Educação; Interfaces da Educação; Investigações em Ensino de Ciências; Jornal Internacional de Estudos Em Educação Matemática; Movimento; Nuances: Estudos Sobre Educação; RBPG-Revista Brasileira de Pós-Graduação; Reflexão e Ação; Rencima - Revista de Ensino de Ciências e Matemática; Revemat : Revista Eletrônica De Educação Matemática; Revista Acta Scientiae; Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; Revista Contemporânea de Educação; Revista Contexto & Educação; Revista de Educação; Ciências e Matemática; Revista de Educação Pública; Revista Diálogo Educacional; Revista de Ensino de Ciências e Matemática; Revista Educação em Questão; Revista Eletrônica de Educação; Revista Eletrônica Ensino, Saúde e Ambiente; Tempos e Espaços em Educação; Trabalho & Educação; Trabalho, Educação e Saúde.
B ₁	Abakós, Ambiente & Educação; Boletim Gepem; Boletim Online De Educação Matemática; Cadernos de Educação; Cadernos de Pesquisa em Educação; Ciência & Ensino; Ciência em Tela; Criar Educação Revista do Programa de Pós-Graduação em

	<p>Educação Unesc; Crítica Educativa; Debates em Educação; Diversa prática: Revista Eletrônica da divisão de formação docente; Ead em Foco - Revista de Educação a Distância; Eccos Revista Científica; Educa - Revista Multidisciplinar em Educação; Educação & Linguagem; Educação, Cultura e Sociedade; Educação e Matemática: Revista da Associação de Professores de Matemática; Educação em Foco; Educação em Perspectiva; Educação On-Line; Educação, Sociedade & Culturas; Educativa; Educere & Educare Revista de Educação; Em Teia - Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana; E-Mosaicos; Ensino & Pesquisa; Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista; Experiências em Ensino de Ciências; Formação Docente; História e Ensino; Informática na Educação: Teoria e Prática; Inter-Ação; Pensares em Revista; Percursos; Perspectivas da Educação Matemática; Perspectivas em Diálogo: Revista de Educação e Sociedade; Práxis Educacional; Práxis Educativa; Quaestio: Revista de Estudos de Educação; Química Nova na Escola; Retratos da Escola; Revista Brasileira de Educação de Jovens e Adultos; Revista Brasileira de Ensino de Química; Revista Brasileira de História da Ciência; Revista Brasileira de Pesquisa Sobre Formação de Professores; Revista Ciência e Tecnologia; Revista Ciências & Idéias; Revista de Ciências da Educação; Revista de Educação Puc-Campinas; Revista Docência do Ensino Superior; Revista Educação e Fronteiras On-Line; Revista Educação em Rede: Formação e Prática Docente; Revista Educação; Revista Educ@Rnos; Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar; Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica; Revista Lugares de Educação; Revista Paranaense de Educação Matemática; Tear - Revista de Educação; Ciência e Tecnologia; Tecnologia Educacional; Teoria e Prática da Educação.</p>
B ₂	<p>A Física na Escola; Caminhos da Educação Matemática em Revista; Ciência e Sociedade; Conexões: Ciência e Tecnologia; Educação em Foco; Enciclopédia Biosfera; Exatas Online - Revista Científica do Departamento de Química e Exatas; Interdisciplinaridade, Revista Ciência e Natureza; Revista Conexão Uepg; Revista Conexões - Ciência E Tecnologia; Revista da Anpege; Revista de Educação; Ciência e Cultura; Revista de Iniciação À Docência; Revista Diálogo; Revista Educaonline; Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia; Revista Eletrônica Scientia Amazônia; Revista Estudos Aplicados em Educação; Revista Innovare; Revista Internacional de Ciências; Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia; Revista Pet Interdisciplinar e Programa Conexões de Saberes; Revista Prática Docente; Revista Saberes Docentes em Ação; Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática; Revista Thema; Revista dos Mestrados Profissionais; Saberes da Amazônia; Rodriguésia; Revista Uniabeu; Revista Univap; Ecnia - Revista de Educação Ciência e Tecnologia do Ifg; Temas em Educação.</p>

Fonte: Autoria Própria.

Com relação as pesquisas utilizamos o seguinte conjunto de palavras-chave: Ensino da Termodinâmica, História da Ciência, História do Calor. Elas foram inseridas nos dispositivos de busca dos periódicos e vistoriados os títulos, os resumos dos artigos e por fim no corpo do texto, utilizando o intervalo de tempo de 2003-2017, buscando englobar uma quantidade maior de trabalhos e também incluir pesquisas relevantes que de alguma forma dialogam com a presente pesquisa.

Do montante de artigos obtidos realizou-se uma leitura flutuante no título e resumo e quando estes não eram suficientes, do texto completo, com objetivo de selecionar para análise apenas os artigos que convergiam em suas propostas para o Ensino da Termodinâmica. A análise dos artigos foi do tipo síntese, seguindo as orientações de Rosa (2015). Dessa forma, é apresentado a seguir os artigos selecionados para leitura

analítica obtidos no levantamento bibliográfico para constituir uma visão mais ampla do campo de estudo do Ensino da Termodinâmica.

1.1. Resultados da pesquisa bibliográfica

Identificamos na pesquisa bibliográfica um montante de 55 trabalhos em periódicos qualis A₁ distribuídos na revista *Ciência & Educação* (37), *Ensaio Pesquisa e Educação em Ciências* (15), *Revista Brasileira de Ensino de Física* (3). Com qualis A₂ foram identificados 100 trabalhos presentes nas seguintes revistas: *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia* (9), *Atos de Pesquisa em Educação* (1), *Caderno Brasileiro de Pesquisa em Ensino de Física* (21), *Ensaio em Revista* (2), *Ensino Saúde e Ambiente* (13), *Investigações em Ensino de Ciências* (15), *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologias* (3) *Revista Brasileira de Pesquisa e Educação em Ciências* (18), *Revista Brasileira de Pós-Graduação* (2), *Revista de Educação em Ciências e Matemáticas* (4), *Revista de Ensino de Ciências e Matemática* (12).

Já em relação a busca em periódicos com qualis B₁ identificou-se 26 trabalhos: revista *Abakós* (7), *Ensino de Ciência e Tecnologia* (2), *Experiência no Ensino de Ciências* (4), *Química Nova na Escola* (13). Com classificação qualis B₂ identificou-se sete trabalhos distribuídos nas seguintes revistas: *ACTIO: Docência em Ciências* (3), *Física na Escola* (2), *Revista de Interdisciplinaridade* (2).

Após uma leitura flutuante selecionamos 26 artigos que abordaram o Ensino de Termodinâmica, enquanto os demais trabalhos, apesar de apresentarem algumas das palavras-chave, discutiam o Ensino de Ciências com outros enfoques e, por esse motivo, foram excluídos dessa análise. Do montante de trabalhos selecionados, quatro foram divulgadas nos periódicos qualis A₁ distribuídas nas seguintes revistas *Ciência & Educação* (1), *Ensaio Pesquisa e Educação em Ciências* (1), *Revista Brasileira de Ensino de Física* (2). Com o qualis A₂ foram obtidos 11 artigos distribuídos na *Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia* (2), *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (7) e *Investigações em Ensino de Ciências* (2).

Considerando as publicações em periódicos com qualis B₁ selecionamos nove artigos distribuídos nas revistas *Experiências no Ensino de Ciências* (3) e a *Química Nova na Escola* (6). Informamos que nesse periódico identificou-se dois trabalhos que possuem o escopo importante para o presente estudo e que apesar de estarem fora do recorte

temporal adotado, foram incorporados no montante de trabalhos catalogados. Por fim no qualis B₂ obteve-se dois artigos, uma na Actio: Docência em Ciências e outro na revista Física na Escola.

No quadro 2 indicamos o título e a(s) palavra(s)-chave correspondente à sua identificação do trabalho que foi analisado, com publicação em periódico A₁.

Quadro 2: Trabalhos publicados em periódicos com Qualis A₁, selecionados para análise.

Revista	Título do trabalho/autores/ano	Palavras-chave
Ciência & Educação	A entropia no Ensino Médio: Utilizando concepções prévias dos estudantes e aspectos da evolução do conceito (COVALAN e SILVA, 2005).	História da Ciência
Ensaio Pesquisa e Educação em Ciências	A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física (HÜLSENDEGER 2007).	História da Ciência.
Revista Brasileira de Ensino de Física	Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica (PASSOS, 2009).	Ensino da Termodinâmica, História da Ciência.
Revista Brasileira de Ensino de Física	A teoria analítica do calor de Joseph Fourier: uma análise das bases conceituais e epistemológicas (PIFER e AURANI 2015).	História da Ciência.

Fonte: Autoria Própria.

Para o quadro 3 indicamos o título e a(s) palavra(s)-chave correspondente à sua identificação do trabalho que foi analisado, com publicação em periódico A₂.

Quadro 3: Trabalhos publicados em periódicos Qualis A₂, selecionados para análise.

Revista	Título do trabalho/autores/ano	Palavras-chave
Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia	Ensino de Ciências e CTS: Contribuições ao Aperfeiçoamento de Situações de Aprendizagem sobre Entropia e Degradação de Energia (ROTHBERG e QUINATO, 2016).	Ensino da Termodinâmica
Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia	Os Livros Didáticos de Física e Suas Omissões e Distorções na História do Desenvolvimento da Termodinâmica (BALDOW e MONTEIRO-JÚNIOR, 2010).	Ensino da Termodinâmica.
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	A Ascensão e a queda da teoria do calórico (GOMES, 2012).	História do Calor, História da Ciência.
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	O Entendimento Dos Estudantes Sobre Energia No Início Do Ensino Médio (BARBOSA e BORGES, 2006).	Ensino da Termodinâmica.
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem- parte I (GOMES, 2015).	História da Ciência.
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem- parte II (GOMES, 2015).	História da Ciência.
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos (SILVA, FORATO e GOMES, 2013).	Ensino da Termodinâmica, História do Calor, História da Ciência.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula (SILVA, LABURÚ e NARDI, 2008).	Ensino de Termodinâmica.
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Proposta de Atividade para a abordagem do conceito de Entropia (MONTEIRO, et al, 2009).	Ensino da Termodinâmica.
Investigações em Ensino de Ciências	A produção técnico-científica de James Prescott Joule: Uma leitura a partir da epistemologia de Ludwick Fleck (QUEIRÓS, NARDI e DELIZOICOV, 2014).	História do Calor, História da Ciência.
Investigações em Ensino de Ciências	Análise Histórica do conceito de calor nos trabalhos de Joule e implicações para o Ensino de Física (CARVALHO e GOMES, 2017).	História do Calor, História da Ciência.

Fonte: Autoria Própria.

No quadro 4 indicamos o título e a(s) palavra(s)-chave correspondente à sua identificação do trabalho que foi analisado, com publicação em periódico B₁.

Quadro 4: Trabalhos publicados em periódicos B₁, selecionados para análise.

Revista	Título do trabalho/autores/ano	Palavras-chave
Experiências no Ensino de Ciências	Escrita como ferramenta indicativa das possíveis contribuições de uma atividade investigativa sobre temperatura para a aprendizagem (PEREIRA, SOARES e ANDRADE, 2011).	História da Ciência.
Experiências no Ensino de Ciências	Investindo na formação de professores de Ciências do Ensino Fundamental: Uma experiência em Física Térmica (MARQUES e ARAÚJO, 2010).	Ensino da Termodinâmica.
Experiências no Ensino de Ciências	Calor, Temperatura, Poções e Magia: O uso do RPG como ferramenta avaliativa em aulas de Física no Ensino Médio (SOUZA e SILVA, 2014).	Ensino da Termodinâmica.
Química Nova na Escola	Zonas do Perfil Conceitual de calor que emergem na fala de professores de Química (DINIZ-JÚNIOR, SILVA e AMARAL, 2015).	História do Calor.
Química Nova na Escola	Representações sociais de calor por estudantes de graduação em Química (CASTRO e FERREIRA, 2015).	História do Calor, Ensino da Termodinâmica.
Química Nova na Escola	A energia e a Química (OLIVEIRA e SANTOS, 1998).	Ensino da Termodinâmica, História do Calor.
Química Nova na Escola	Processos endotérmicos e exotérmicos: Uma visão atômico-molecular (BARROS, 2009).	Ensino da Termodinâmica.
Química Nova na Escola	Por que não estudar entalpia no Ensino Médio (SILVA, 2005).	Ensino da Termodinâmica.
Química Nova na Escola	Quanto mais quente melhor calor e temperatura no ensino de termoquímica (MORTIMER e AMARAL, 1998).	Ensino da Termodinâmica, História do Calor.

Fonte: Autoria Própria.

No quadro 5 indicamos o título e a(s) palavra(s)-chave correspondente à sua identificação do trabalho que foi analisado, com publicação em periódico B₂.

Quadro 5: Trabalhos publicados em periódicos B₂, selecionados para análise.

Revista	Título do trabalho/autores/ano	Palavras chave
Actio: Docência em Ciências	A construção de um aplicativo interativo como recurso didático para conceitos termodinâmicos (RAMOS, et al 2017).	Ensino da Termodinâmica.
Física na Escola	Entrevista com o Conde Rumford: Da teoria do calórico ao calor como uma forma de movimento (MEDEIROS, 2009).	História da Ciência, História do Calor.

Fonte: Autoria Própria.

Agrupamos os artigos em temáticas similares, conforme orienta Rosa (2015), realizando a indexação por assunto classificando-os em:

- Categoria 1 – A História da Ciência no contexto da Termodinâmica, sendo que essa categoria possui duas subcategorias:
 - 1a) Levantamento histórico de elementos conceituais da Termodinâmica
 - 1b) Aplicações da História da Termodinâmica no Ensino de Física;
- Categoria 2 – A importância da experimentação no Ensino de Termodinâmica;
- Categoria 3 – Investigações de conceitos espontâneos e científicos da Termodinâmica e suas implicações para o Ensino de Ciências;
- Categoria 4 – Materiais didáticos para o Ensino de Termodinâmica.

A seguir é apresentado à análise dos artigos obtidos.

1.1.1 Categoria 1 - A História da Ciência no Contexto da Termodinâmica

Devido as diferentes vertentes utilizadas pelos autores, essa categoria apresenta duas subdivisões sendo a primeira relacionada com o levantamento histórico e a segunda aponta as aplicações dos elementos históricos da Termodinâmica no contexto do Ensino de Física.

1.1.1.1- Levantamento histórico de elementos conceituais da Termodinâmica

Nessa subcategoria discorreremos sobre aspectos presentes em dez trabalhos que apresentam uma discussão teórica sobre a História da Termodinâmica, buscando explicitar o que consideramos como pontos convergentes e divergentes da narrativa histórica.

A pesquisa de Gomes (2015) representa o levantamento histórico de cunho linear, acerca da evolução do conceito de energia, no qual apresenta sua evolução ao investigar as contribuições de Thomas Young, Johann Bernolli, Galileu Galilei, René Descartes, Gottfried Leibniz, James Joule e William Thomson. O autor salienta que o levantamento histórico é uma possibilidade para evidenciar como foi elaborado o conceito de energia e apesar de elucidar uma linha do tempo extensa, acerca da evolução desse conceito ele não indica claramente a influência que os fatores sociais e culturais tiveram no processo.

Na pesquisa desenvolvida por Silva, Forato, Gomes (2013) identificamos uma análise historiográfica que tem como ponto de origem as interpretações do calor na antiguidade. Eles apresentam detalhes sobre a influência da teoria dos quatro elementos, (ao relacionar o calor ao elemento fogo) do atomismo de Epicuro, (que interpretava um mundo constituído de diferentes átomos, movimentando-se no vazio) passando pelo período da alquimia com o estudo *alcahest* que representaria um fogo interno com propriedades curativas.

Além disso, esses autores relataram que Ernst Stahl, identificou um princípio inflamável que todos os corpos dispunham, ficando conhecido como flogístico. Entretanto as ideias relacionadas ao flogístico ainda estavam enraizadas nas correntes da metafísica², sendo que durante a vigência dessa concepção, começava-se a aflorar o Iluminismo³ que pregava a precisão e a mensuração das evidências experimentais. Isso ia na contramão do entendimento de flogístico que era inobservável, porém somente após os estudos oriundo da calorimetria, que o flogístico começou a ser questionado.

Um dos cientistas que buscou aperfeiçoar os aparatos experimentais foi Antoine Lavoisier, um cientista francês que realizou investigações acerca da decomposição da água e o estudo de gases. Ele, a partir de uma série de experimentos, lançou as bases conceituais de reações químicas e supôs a existência de um elemento que estaria no ar e

²Foi uma das principais áreas de investigação no campo da Filosofia, que buscava descrever o funcionamento das leis, dos comportamentos, dos princípios estruturantes do todo. Com isso era possível tecer inferências acerca da natureza tendo indissociável as motivações e o objetivo da realidade (SIQUEIRA, 2016).

³ Trata-se de uma corrente de pensamento que prezava o domínio da razão em detrimento da visão religiosa, essa corrente apoiava o liberalismo tanto na economia, quanto na política, como uma forma de oposição aos regimes absolutistas. O iluminismo recebeu apoio principalmente da burguesia que almejavam derrubar os regimes absolutistas, sendo que em muitas situações, ela atuou no financiamento das pesquisas, incentivando com isso o fortalecimento dessa corrente de pensamento (MELO e DONATO, 2011).

que seria responsável pela combustão. Esse elemento foi denominado por calórico e foi por um grande intervalo de tempo adotado pelos cientistas como uma teoria aceitável para interpretação do calor (SILVA, FORATO e GOMES, 2013).

Pifer e Aurani (2015) investigaram a formulação da teoria analítica do Calor na concepção de Joseph Fourier, partindo do estudo da condução de calor em metais, analisado a troca de calor nas seções de uma barra com base nos seus resultados Fourier deduziu equações que se mostraram ineficientes quando aplicadas no estudo do calor específico, bem como, da densidade dos materiais. Apesar dessa ineficiência, Fourier em estudos posteriores, analisou o fluxo de calor, na entrada e na saída dos metais, permitindo então a obtenção de equações matemáticas que possibilitavam interpretar o fluxo do calor. Essas equações matemáticas foram importantes para embasarem a teoria analítica do calor, que dependia também da compreensão do calor específico dos metais, porém os autores do artigo não fazem menção ao desenvolvimento da calorimetria, que foi essencial para o desenvolvimento do conceito de calor específico.

Segundo Pifer e Aurani (2015) a abordagem predominantemente matemática, permeiou as pesquisas de Fourier, convergindo na publicação do livro intitulado “Teoria analítica do calor”. Nele o autor, que pode ser considerado o pioneiro nesse aspecto, utilizava-se da linguagem matemática para o estudo do calor, garantindo assim uma sólida base para suas ideias acerca do calor em sólidos. Apesar dos autores pontuarem que devemos partir do desenvolvimento histórico e da evolução conceitual para evidenciar a Natureza da Ciência, eles fizeram uma descrição histórica de cunho linear, não se destacando a discussão de uma outra teoria que vinha sendo discutido na academia: a teoria do calórico. Dessa forma eles não elencaram se essa discussão influenciou ou não as ideias de Fourier.

A teoria do calórico foi objeto de um levantamento histórico linear produzido por Gomes (2012). Ele estabeleceu como marco inicial as contribuições de Joseph Black elaboradas a partir do aperfeiçoamento do termômetro, aparato que possibilitou diferenciar temperatura e calor. Esse trabalho sugere que a teoria do calórico foi responsável por dificultar os avanços na compreensão da natureza do calor, pois esta teoria estava alicerçada no princípio filosófico de conservação da matéria, no qual o calor não seria nem destruído e nem criado, permanecendo constante no sistema. Aspecto com o qual o trabalho de Medeiros (2009) apresenta uma reflexão totalmente diferente. Segundo esse autor as bases da teoria do calórico foram importantes para explicações

acerca do calor específico, calor latente, assim como, a quantidade de calor e não pode ser considerada um entrave no processo de construção da ciência.

Sua aceitação por tanto tempo sinaliza a grande confiabilidade entre a comunidade científica e influenciou as ideias de cientistas como Lazare Carnot, que na sua única obra, dissertou acerca das máquinas de fogo, apesar dela não responder a questionamentos teóricos e uma série de experimentos conduzidos por Conde Rumford, por exemplo. Esse cientista foi um dos primeiros a obter resultados experimentais que confrontavam a validade da teoria do calórico.

Ressaltamos a importância dada ao processo de construção da teoria do calórico e os experimentos do Conde Rumford em três trabalhos: Medeiros (2009) apresentou uma breve bibliografia desse cientista, bem como, as discussões acerca das observações que ocorrem durante as perfurações de canhões; Gomes (2012) teve uma abordagem semelhante ao de Silva, Forato e Gomes (2013), no sentido de discorrer acerca da importância da experimentação para o desenvolvimento histórico das ideias dos cientistas.

Segundo Medeiros (2009) foram a partir das observações com o aquecimento de canhões e a perfuração deles que o Conde Rumford elaborou cinco experimentos que, em linhas gerais, falhavam em indicar qual o efeito do calor sobre a massa dos corpos. Apesar disso os resultados experimentais obtidos por Rumford, foram considerados inconclusivos e não conseguiram superar a teoria do calórico, que possuía respaldo devido ao sucesso na área da calorimetria.

Para Queirós, Nardi e Delizoicov (2014), James Joule iniciou a sua carreira científica com ideias advindas dos técnicos/inventores, pois este estava imerso em Manchester, cidade com intensa atividade industrial. Nesse trabalho evidenciamos a indicação de fatores sociais e culturais que permearam o desenvolvimento das ideias de Joule, como exemplo, a cervejaria da família de Joule. O empreendimento necessitava de máquinas a vapor cada vez mais eficiente para otimizar os lucros e isso levou Joule a se interessar pelo estudo da natureza do calor. Para suprir as necessidades do empreendimento comercial da família, dedicou-se ao estudo do calor além de manter o interesse pela eletricidade que estava sendo investigada intensamente.

Carvalho e Gomes (2017), por sua vez realizaram um estudo do calor a partir das obras originais de Joule em dois momentos distintos da carreira deste cientista, sendo que no primeiro período de seu trabalho as ideias ainda estavam no campo do calórico.

No segundo, com as pesquisas na engenharia vinculadas as tentativas de ampliar os rendimentos de motores magneto-elétricos, percebe-se o surgimento de dúvidas acerca da real natureza do calor nesse momento evidencia-se relatos de investigações mais estruturadas e de cunho científico.

Um longo tempo foi necessário para superação da teoria do calórico e durante esse período muita foi a resistência da comunidade científica para aceitação dos resultados experimentais, que apontavam para a teoria mecânica do calor. Mesmo entre os cientistas que contribuíram para a elucidação da teoria mecânica do calor, as ideias alicerçadas no calórico, ainda persistiam.

Evidenciamos nos trabalhos de Passos (2009), Queirós, Nardi e Delizoicov (2014), Gomes (2015) e Carvalho e Gomes (2017), uma discussão sobre as bases experimentais que levaram Joule a formular o conceito de equivalente mecânico para calor. Considerando o calor gerado a partir da passagem de corrente elétrica, Joule conduziu uma série de investigações experimentais que promoveram um avanço teórico e prático, ao sugerir que o calor deveria ocorrer devido ao efeito mecânico.

Alguns desses autores além de pontuar a importância dos experimentos para o trabalho de Joule sugerem que é possível recriar experimentos originais e que isso possibilite que os estudantes reflitam sobre o tema explorado e elaborem as suas próprias conclusões. Muitas vezes elas se assemelham as concepções dos cientistas que estudaram os experimentos inicialmente (QUEIRÓS, NARDI e DELIZOICOV, 2014; CARVALHO e GOMES, 2017).

Em relação a epistemologia destacamos o estilo de pensamento, o coletivo de pensamento, a circulação intercoletiva de ideias e práticas e as conexões ativas e passivas presentes na discussão de Fleck, para propiciar discussões acerca da mudança do estilo de pensamento de Joule, que passou do técnico para o científico, permitindo assim, a formulação do equivalente mecânico do calor (QUEIRÓS, NARDI e DELIZOICOV, 2014). Já Carvalho e Gomes (2017) apontaram a possibilidade de trabalhar elementos da epistemologia de Kuhn no contexto histórico dos trabalhos de Joule.

Baldow e Monteiro-Júnior (2010), agregaram os fatores sociais para elucidar o desenvolvimento da Termodinâmica, tais como, a questão da aproximação dos industriais com academia, que passaram a atuar no financiamento das pesquisas dos cientistas, sendo que essa aproximação, teve como objetivo obter lucros com a exploração das patentes. Esses autores ressaltaram ainda que o desenvolvimento da Termodinâmica teve a

contribuição de diversos cientistas, sendo que a tradição de pesquisa inglesa, influenciou o avanço experimental, essa tradição de pesquisa recebeu influência de Francis Bacon, enquanto a tradição de pesquisa francesa era teórica, devido a influência de René Descartes. Essas duas tradições de pesquisa se complementavam e foram importantes para desvelar a natureza do calor, sendo que a discussão desses aportes não é encontrada nos demais trabalhos apresentados na presente subcategoria.

Entretanto os autores apresentam vários cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da Termodinâmica, voltando para abordagem linear, dissociado do meio sócio cultural. Sendo que os fatores sociais e culturais só foram apresentados de forma dissociada do restante do texto referente as ideias de Sadi Carnot, Julius Mayer, James Joule, William Thomson e Rudolf Clausius, dificultando a articulação entre as ideias científicas e a sociedade.

Assim sendo, as discussões apresentadas nessa subcategoria contribuem para a presente pesquisa no que tange aos aspectos históricos do calor e dos conceitos que subjazem para a compreensão desta teoria. Entretanto os aspectos sociais e culturais, são apresentados apenas na pesquisa de Queirós, Nardi e Delizoicov (2014) e de forma incompleta em Baldow e Monteiro-Júnior (2010).

Enquanto nas demais pesquisas ocorrem uma discussão centrada no levantamento histórico linear, não discutindo os fatores sociais e culturais. As pesquisas que não apresentam esses fatores contribuem para difundir uma visão unilateral da ciência. Além disso a maior parte das pesquisas apresentadas nesta subcategoria, ora não apresentam a linguagem matemática, utilizados para a formulação das ideias acerca da natureza do calor, ou quando fazem, são apenas superficiais.

É importante ressaltar que nenhum dos trabalhos nessa subcategoria discutiu a aplicação dos aspectos referentes a Termodinâmica em uma situação didática. Essa discussão é apresentada na subcategoria a seguir. Entretanto os trabalhos de Silva, Laburú e Nardi (2008), Baldow e Monteiro-Júnior (2010), Gomes (2012), Carvalho e Gomes (2017) apresentaram uma discussão da História da Termodinâmica para balizarem a análise de livros didáticos empregados no ensino superior e básico.

Destes autores, destacamos Gomes (2012) que chama atenção para o fato dos professores se atentarem para problemas nos livros didáticos como a utilização dos termos: calor “cedido”, “absorvido”, “recebido”, “ganho”, “perdido”, “libertado”, “transferência” e “trocas de calor”, na discussão conceitual de Termodinâmica. Ele

refletiu também acerca, das distorções conceituais presentes nos livros didáticos de Física para o Ensino Médio.

1.1.1.2- Aplicações da História da Termodinâmica no Ensino de Física

Nessa subcategoria apresentamos uma reflexão sobre os dois trabalhos que se dedicaram a abordagem no contexto de sala de aula, de alguns aspectos da Termodinâmica, aplicados especificamente nas aulas de Física. Tendo em comum a indicação de que a História da Ciência é uma estratégia eficiente para superar os métodos tradicionais de ensino que são aplicados para abordagem da Termodinâmica no Ensino Médio sendo que a utilização da História da Ciência é uma vertente importante que pode propiciar o aprendizado dos estudantes.

O trabalho de Hülsendeger (2007), defendeu o emprego da História da Ciência no Ensino de Física como alternativa para superar uma visão estática e acumulativa da Ciência. Para tal elaborou uma unidade de aprendizagem ancorado em aspectos históricos referente ao desenvolvimento da Termodinâmica, relacionando conhecimentos de Física, História e linguagens. Auxiliando os estudantes no desenvolvimento da pesquisa solicitou a produção de um material escrito acerca da primeira revolução industrial. Eles deveriam ressaltar a importância da máquina a vapor no contexto de mecanização dos meios de produção, a pesquisadora indicou que foram retratados nas aulas os contextos de mudança política e social para assim situar as causas da primeira revolução industrial, tais como o acúmulo de metais preciosos, advindos da exploração mercantil. A abordagem histórica empregada possibilitou evidenciar o caráter coletivo da construção de conhecimentos da Termodinâmica, entretanto consideramos que faltou aprofundar aspectos como a discussão coletiva nos centros acadêmicos da Europa, que só eram acessíveis a uma pequena parcela da população, que possuía melhores condições financeiras.

Hülsendeger (2007) buscou uma relação dos conceitos físicos com o de outras disciplinas, já Covolan e Silva (2005) relatam os resultados da aplicação de um minicurso sobre o ensino de entropia, pautado em saberes disciplinares da Física somente. Ele era composto de cinco aulas e avaliado a partir da comparação entre os resultados obtidos pelos alunos num pré e pós teste.

1.1.2 Categoria 2- A importância da experimentação no Ensino da Termodinâmica

Nessa categoria apresentamos uma discussão dos trabalhos que apresentaram propostas de atividades práticas/experimentais explorando conceitos da Termodinâmica.

Mortimer e Amaral (1998) discorrem sobre os resultados de quatro atividades simples: comparar termômetros de laboratório e clínico, sensações de quente e frio, quantidade de calor e calor de reação e Lei de Hess. Elas ajudaram a explicitar as concepções informais dos estudantes e propiciaram a tomada de consciência da existência de conceitos espontâneos e conceitos científicos e aquisição de competências para diferenciá-los. Segundo os autores a utilização dessas atividades podem promover o enriquecimento das compreensões conceituais acerca do calor e favorecer utilização correta dos conceitos científicos, especificamente os relacionados ao calor de reação e Lei de Hess.

Um desses experimentos era o que almejava a percepção de que a sensação de quente e frio nem sempre corresponde à diferença de temperatura foi também empregado no trabalho de Pereira, Soares e Andrade (2011). Eles utilizaram atividades investigativas experimentais que permitiram que os discentes formulassem hipóteses, refletissem e argumentassem em grupo. Além disso, elaboraram um material escrito acerca da atividade no qual discorreram sobre o problema proposto, o levantamento de hipóteses, o procedimento experimental, a obtenção dos dados, a elaboração da conclusão e da solução do problema essas etapas estão em consonância com as premissas de atividades investigativas.

Já Marques e Araújo (2010) buscaram desenvolver a alfabetização científica com a realização de experimentos acerca da Física Térmica, mais especificamente os tópicos de energia, temperatura, dilatação térmica, calor, transmissão de energia na forma de calor e mudança de fase. Eles pontuam que utilizaram dos aportes da teoria de David Ausubel para estruturar a sequência de atividades, mas não evidenciamos uma discussão sobre como isso foi executado. Também não identificamos uma descrição clara de como empregaram os três momentos pedagógicos no desenvolvimento de atividades, tal como afirmaram os autores.

Monteiro et al, (2009) apresentaram uma proposta de aparato experimental, para discutir o conceito de entropia, que propicia reproduzir em nível macroscópico os

comportamentos das partículas. Ressaltamos, entretanto, que o material não foi validado no contexto de sala de aula e dessa forma configura-se como uma sugestão de atividade.

Em todos os trabalhos evidenciamos a preocupação pelo desenvolvimento de atividades experimentais com materiais alternativos. Ressaltamos também uma discussão estabelecendo diferenças entre as concepções alternativas e científicas a partir do emprego de atividades experimentais.

1.1.3 Categoria 3- Investigações de conceitos espontâneos e científicos da Termodinâmica e suas implicações para o Ensino de Ciências

Os trabalhos agrupados nessa linha temática apresentam a investigação dos conceitos espontâneos e científicos da Termodinâmica a partir de múltiplas lentes.

Tratando-se mais especificamente da entalpia, Silva (2005), dissertou sobre a origem histórica dos conceitos norteadores de entalpia a partir da teoria do calórico até a formulação da Termodinâmica, que permitiu o estabelecimento das variáveis do sistema. Sendo que para o autor, a dedução matemática da entalpia depende da temperatura, da pressão, bem como, da composição do sistema, que remete a teoria do calórico. Apesar de não apresentar uma intervenção didática com estudantes esse autor refletiu do ponto de vista teórico acerca das dificuldades dos discentes compreenderem a entalpia, devido à necessidade de um formalismo matemático rebuscado a partir de utilização do cálculo diferencial e integral, tornando-se assim inviável o ensino de entalpia no nível médio.

Além dessa dificuldade associada ao conhecimento matemático, o autor destaca que os livros didáticos do Ensino Médio, potencializam os entraves do ensino de entalpia, pois propiciam uma vertente unilateral ao associar calor a entalpia. Para Silva (2005) é necessário o abandono do ensino de entalpia em nível médio, devido à complexidade desse conceito e pela fragilidade de como o mesmo é exposto didaticamente nos materiais pedagógicos, favorecendo apenas a memorização de fórmulas.

O caminho trilhado por Oliveira e Santos (1998) apresenta o levantamento histórico centrado no estudo da natureza do calor, assumindo como marco os trabalhos de Francis Bacon acerca do calor e apresentando uma evolução linear do conceito de calor até a Termodinâmica estatística de Boltzmann. Contudo, a pesquisa não apresenta reflexões acerca da abordagem histórica e suas possíveis contribuições para o Ensino de

Ciências, os autores limitam-se apenas a citar brevemente a epistemologia de Bachelard, não apresentando também as suas inferências, acerca dessa vertente epistemológica.

Os trabalhos de Barros (2009), Diniz-Júnior, Silva e Amaral (2015) e Castro e Ferreira (2015), optaram por trilhar caminhos distintos de uma abordagem histórica, centralizada em uma evolução linear, dos conceitos relacionados ao calor.

O primeiro autor buscou apresentar uma abordagem conceitual sem uma preocupação com a abordagem histórica do calor, utilizando como referência obras clássicas da disciplina de Físico-Química, para investigar, a partir de uma visão atômico-molecular, os processos endotérmicos e exotérmicos.

Essa abordagem de Barros (2009), difere dos aportes históricos inerentes aos dois primeiros trabalhos apresentados nessa categoria e são diferentes das pesquisas de Diniz-Júnior, Silva e Amaral (2015) e Castro e Ferreira (2015), que se debruçaram em uma investigação embasada em teóricos da Educação em Ciências. Mais especificamente no perfil conceitual de Mortimer, que representa diferentes formas de pensar um determinado conceito. A investigação de Diniz-Júnior, Silva e Amaral (2015) centrou-se na análise da fala de professores de Química acerca dos conceitos do calor.

Por sua vez, Castro e Ferreira (2015) utilizaram os aportes da teoria das representações sociais de Moscovici, aliada as noções de obstáculos epistemológicos de Bachelard dentre esses, a experiência primeira que trata do fetiche de manter como verdadeiro o conhecimento adquirido anteriormente. Esses autores utilizaram-se de características ontológicas para o conhecimento científico, encontrados na maior parte desses conceitos, sendo: matéria, eventos e abstrações, os principais eixos norteadores presente no saber científico. Como diferencial desse trabalho em relação ao anterior é que os autores utilizaram a técnica de associação livre de palavras para analisar as concepções de estudantes do primeiro e do último semestre de um curso de licenciatura e bacharelado em Química.

Castro e Ferreira (2015) e Diniz-Júnior, Silva e Amaral (2015), utilizam os aportes teóricos dos conceitos de calor, entretanto por apresentarem uma análise do processo de intervenção didática a discussão passa a centrar-se em como os estudantes e professores empregam os conceitos de calor em diversas situações, influenciados pelo caráter ontológico das respostas.

Dessa forma os trabalhos apresentam diferentes visões, especialmente Castro e Ferreira (2015), que elencaram os elementos temperatura e quente como os principais

estruturantes da fala dos estudantes, esses fatores são derivados dos saberes do cotidiano que se relacionaram na fala dos estudantes e os levam a dificuldades de aprendizagem, devido à presença dos obstáculos substancialista e verbalista.

Já Diniz-Júnior, Silva e Amaral (2015), identificaram por meio dos instrumentos de coleta apresentados, no discurso dos professores a emergência de quatro zonas do perfil conceitual (realista, substancialista, empirista e racionalista), sendo que os professores navegam nessas zonas sem se aterem a explicação conceitual correta durante as aulas. Essas discussões são congruentes ao apontarem que docentes e estudantes, mesmo aqueles do Ensino Superior, apresentam concepções espontâneas acerca da natureza do calor, isso ainda é reiterada pelas representações sociais sendo que o significado climático para o calor permeou a fala dos discentes, devido a cidade na qual investigação aconteceu apresentar temperaturas elevadas.

A preocupação com a aprendizagem dos estudantes relacionadas ao estudo do calor destacada no trabalho de Barros (2009) são semelhantes as pontuadas por Oliveira e Santos (1998). Esse aspecto sinaliza que muito pouco avançamos no sentido de resolver problemas já indicados na literatura.

A busca por soluções de problemas relacionados ao estudo do calor é evidenciada no trabalho de Barbosa e Borges (2006). Eles desenvolveram uma sequência didática para o ensino de energia, utilizando uma estratégia didática composta de um teste com 21 figuras que indicavam situações comuns de emprego da energia, experimentos e de exercícios propostos, para avaliar possíveis mudanças nos seus modelos de energia. Essa estratégia buscava avaliar a modificação dos modelos construídos pelos estudantes ao longo do processo. Isso vem ao encontro do movimento de mudança conceitual, que preza pela substituição das concepções advindas do cotidiano pelas científicas. Ressaltamos que essa discussão em torno da mudança conceitual não foi identificada nos demais estudos enquadrados nessa categoria.

A pesquisa de Barbosa e Borges (2006), evidenciaram durante a sequência didática que os modelos dos estudantes, não foram modificados e indicaram ainda que os estudantes têm dificuldades na utilização correta do conceito de energia nos desenhos aplicados e também apontaram a presença de concepções espontâneas advindos dos conhecimentos do cotidiano, ao exporem os seus entendimentos acerca das formas de energia.

Salientamos que evidenciamos uma discussão sobre concepções espontâneas relacionadas ao estudo do calor advindas dos conhecimentos do cotidiano, também nos trabalhos de Castro e Ferreira (2015) e Diniz-Júnior, Silva e Amaral (2015). Os trabalhos que analisaram a natureza do calor, não apresentaram uma tentativa de superar as concepções espontâneas, oriundos dos conhecimentos do cotidiano e nem apresentaram possibilidades de coexistência dos conhecimentos espontâneos e os científicos. E no trabalho de Barbosa e Borges (2006), não houve mudança nos modelos de energia, utilizados pelos estudantes, sendo que os conhecimentos espontâneos ainda são preponderantes nos saberes dos estudantes.

A análise das pesquisas apresentadas nessa categoria sinaliza que é necessário, um aprofundamento no que tange uma proposta para estruturação dos conhecimentos espontâneos em consonância com os conhecimentos científicos, fazendo uso de uma situação problema. É necessário propiciar os estudantes momentos para que reflitam acerca do poder explicativo de cada conhecimento, possibilitando, aplicação dos conhecimentos em situações específicas, em cenários diferenciados. Sendo importante aprofundar a reflexão sobre o aporte teórico construtivista que propicie elucidar as relações que se estabelecem entre as concepções espontâneas e científicas, por exemplo, a gênese das concepções espontâneas em uma perspectiva histórico cultural.

Ressaltamos que as pesquisas apresentadas nessa categoria dialogam com nosso objeto de estudo ao apresentar o conceito científico do calor que é o conhecimento que balizou o desenvolvimento das máquinas térmicas e contribuiu para a construção da 1^o e 2^o lei da Termodinâmica. Porém essas pesquisas não investigam como os conceitos espontâneos influenciam as concepções de Natureza da Ciência dos estudantes e se esses conceitos contribuem para a formação de uma visão distorcida da ciência.

1.1.4 Categoria 4- Materiais didáticos para o Ensino da Termodinâmica

Essa categoria discute as potencialidades do uso de materiais didáticos para o ensino de conceitos da Termodinâmica. Em todos os trabalhos aqui analisados evidenciamos a afirmação de que o ensino tradicional e mecânico não propicia a aprendizagem para os discentes e, para resolver esse problema apresentam propostas para o Ensino de Ciências.

Rothberg e Quinato (2016) utilizaram dos aportes do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS, para aprofundar discussões relativas a produção e eficiência da energia, utilizando como tema usinas hidroelétricas eles apresentam uma proposta com formulação de questões explorando o processo de transformação de energia e inclusão de conteúdo relacionados a matriz energética mundial.

A pesquisa de Rothberg e Quinato (2016), adaptaram o material didático já existente, enquanto no trabalho de Ramos et al (2017), elaboram um material didático em formato de uma simulação similar aos softwares disponibilizados na plataforma PhET-Colorado e dos ambientes virtuais do Rived, por meio da linguagem HTML – 5 aliado a ferramenta de desenvolvimento do GDevelop. Nele, exploram conceitos da Termodinâmica tais como a entalpia, entropia, processos endotérmicos, exotérmicos, noções de sistema fechado e adiabático e a interpretação estatística da solvatação. Por sua vez Souza e Silva (2014), optam por utilizar um jogo em formato RPG para explorar os conceitos de transferência de calor, temperatura, escalas termométricas, equilíbrio térmico, capacidade térmica, calor específico e quantidade de calor o material consiste em um recurso interativo para o processo de avaliação, sendo que a construção do mesmo não foi apresentada no trabalho, cabendo apenas a exposição das regras do jogo.

Ressaltamos que nessa categoria não evidenciamos resultados de pesquisas que desenvolveram materiais didáticos utilizando a História da Ciência associada a construção do estudo do calor, nem como estratégia didática para a superação das dificuldades de ensino de conteúdos de Termodinâmica. Tais resultados sinalizam a importância de uma proposta que utilize a História da Ciência como estratégia de ensino ou como conteúdo de ensino. Evidenciam ainda a necessidade de uma abordagem histórica que relacione diferentes aspectos que influenciaram nesse processo de construção conceitual da Termodinâmica.

A revisão da literatura, elucidou diversas estratégias que foram empregadas para o ensino de conhecimentos explorados na Termodinâmica, tais como, a expressiva utilização de um levantamento histórico pautado na descrição de fatos, datas e de grandes nomes da ciência. Aspectos esses que são apresentados na narrativa histórica desvinculados do contexto social e cultural, não evidenciando assim uma visão global do processo de produção do conhecimento científico e que reforçam uma visão deformada do fazer científico.

Em apenas um trabalho evidenciamos uma discussão que busca apresentar a História da Ciência valorizando aspectos sociais e culturais consideramos, entretanto, que os autores não aprofundaram os fatores sociais, econômicos e culturais, limitando-se a apresentar os conceitos da Termodinâmica, sem discuti-los com profundidade.

O montante dos trabalhos analisados evidencia que a experimentação se mostrou, importante para articular os conhecimentos do cotidiano que estruturam as concepções espontâneas, acerca do calor, com os conhecimentos científicos também sinalizam que as concepções espontâneas ainda permeiam o discurso dos estudantes e também de professores. Sendo evidenciado que as concepções espontâneas, não são facilmente substituídas pelas científicas, mesmo quando temos uma abordagem que articula essas concepções com as científicas.

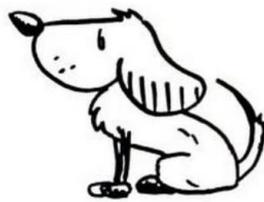
O perfil conceitual elaborado por Mortimer, mostrou-se ser o único articulador teórico citado nas pesquisas como uma estratégia didática que permite abordar às concepções espontâneas e científicas do calor, permitindo assim que os estudantes utilizem de forma correta o conceito de calor em zonas conceituais distintas. Entretanto não foram evidenciados nas pesquisas tentativas de mapear zonas de perfil conceitual para os demais conceitos da Termodinâmica, ficando delimitados ao estudo do calor.

No capítulo seguinte apresentamos alguns pressupostos que balizam a Teoria Histórico-Cultural e que contribuíram para elucidar indícios de aprendizagem dos estudantes.

CAPÍTULO 2 - A TEORIA HISTÓRICO CULTURAL DE VYGOTSKI



ÍCONE



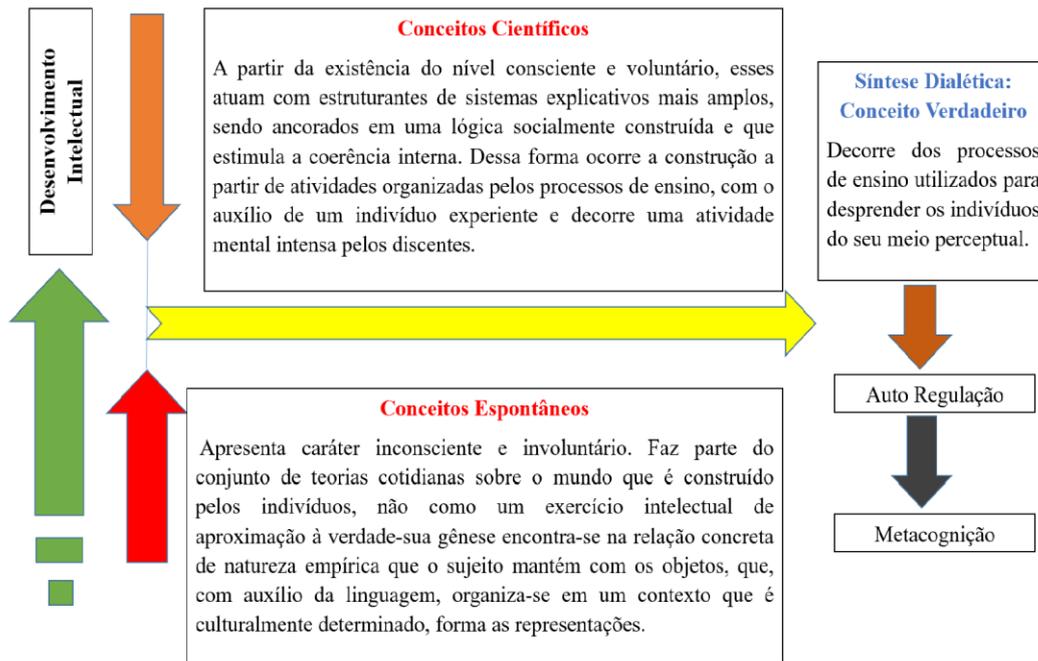
ÍNDICE

CACHORRO

SÍMBOLO

⁴ Uma melhor tradução desse termo foi discutida no trabalho de Santos (2017), sendo que essa pesquisadora se referiu que na acepção original de Vygotski, este empregou o termo conceito cotidiano. Entretanto nesse

trabalho vamos considerar o termo concepções espontâneas como sendo o macroestado que engloba os conceitos cotidianos.



CAPÍTULO 3 – A HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Evidenciamos nas pesquisas em Ensino de Ciências uma crescente preocupação com a necessidade de inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências e os limites e possibilidades de como ela é usada em materiais didáticos (MOURA e SILVA, 2014; CALLEGARIO et al 2015; VITAL e GUERRA, 2017; SANTOS, 2018).

O emprego de História da Ciência no Ensino de Ciências não deve ser entendido como uma mera junção de aspectos históricos e atividades de ensino, na qual uma é apêndice da outra (GOLDFARB, 1994; FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011; SOUZA e JUSTI, 2012, DAMASIO e PEDUZZI, 2016). Segundo Goldfarb (1994) é necessário olhar para a ciência de forma a contemplar a análise dos aspectos históricos e filosóficos, propiciando investigações acerca da natureza da produção do conhecimento científico em determinada época, a luz das influências culturais, sociais, econômicas e políticas.

Essa discussão teve início na primeira metade do século XX, precisamente no contexto educacional dos Estados Unidos, como consequência do projeto de remodelamento do ensino de física da Universidade de Harvard. Ele foi proposto pelo reitor dessa universidade, James Bryant Conant, que dentre outras ações inseriu a disciplina de História da Ciência na matriz curricular de todos os cursos superiores da instituição (ASSIS, 2014). Participaram do projeto diversos pesquisadores que estudavam sobre História e Filosofia da Ciência, contribuindo para a construção de orientações educacionais para o ensino de física na universidade, as quais foram posteriormente utilizadas também contexto da educação secundária americana.

No contexto nacional evidenciamos na década de 1970, no âmbito da pós-graduação da Universidade de São Paulo o surgimento de pesquisas em História da Ciência. Elas foram realizadas por membros de grupos de pesquisas que se dedicaram a historiografia. Os resultados desses estudos impulsionaram a criação de linhas de pesquisas relacionadas a temáticas históricas e muitos dos egressos do programa continuaram desenvolvendo suas pesquisas em suas universidades, ampliando assim a formação de pesquisadores em História da Ciência (MAGALHÃES e SALATEO, 2015).

Não evidenciamos estudos que ponham uma relação direta entre o interesse dos pesquisadores sobre aspectos da História da Ciência e sua inserção em documentos oficiais da educação nacional. Ressaltamos que muitos trabalhos pontuam que em relação

a Educação Básica existem documentos que dissertam sobre a importância de os estudantes compreenderem o aspecto dinâmico da ciência, a partir de uma interpretação de diversos fenômenos que permitiram a construção do conhecimento científico. Especificamente na parte final de Educação Básica temos orientações complementares para os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio PCN+, o qual pontua que é necessário “[...] compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social” (BRASIL, 2002, p. 35).

Esse documento aponta que historicamente, o conhecimento científico centrou-se em estudos de natureza empírica, sendo assim os modelos explicativos foram gradualmente se desenvolvendo conforme a concepção de cada época (BRASIL, 2002).

O conhecimento presente na educação básica deve fomentar o diálogo entre saberes de modo a propiciar a todos os discentes o acesso a tópicos indispensáveis para a compreensão das diferentes realidades no plano da natureza, da sociedade, da cultura e da vida. Assume importância, nessa perspectiva, a promoção de um amplo debate sobre a natureza da produção do conhecimento científico, sendo importante ainda ressaltar que esses saberes devem embasar esses discentes, para dar-lhes condições de buscar e analisar novas referências e novos conhecimentos (BRASIL, 2013).

A compreensão da natureza da produção de um conhecimento científico deve estar pautada no seu contexto sociocultural, o qual possibilita aos estudantes conceberem a ciência como atividade humana, que avança por acumulação e rupturas do conhecimento científico. Desse modo, a História da Ciência é o eixo que estruturaria essas acepções apresentadas nesses documentos oficiais.

Mesmo antes desses documentos terem destacado a importância de uma abordagem histórica no Ensino de Ciências evidenciamos trabalhos como o de Martins (1990), que elegeu como óculos a importância da História da Ciência para o ensino. Ela propicia a elucidação da formação do mundo cultural e a origem das concepções espontâneas e científicas sobre o mundo natural. Assim sendo, uma abordagem histórica possibilitaria a compreensão de aspectos da natureza da produção de conhecimentos, aliado as relações com outros meios e coletivos de pensamento demonstrando assim que a ciência é genuinamente uma criação humana, passível de erros e acertos.

Evidenciamos na literatura algumas vertentes que primam pela humanização das ciências e do fazer científico, as quais contribuem para a construção de uma narrativa

interdisciplinar da produção dos conhecimentos científicos, demonstrando que a ciência é um constructo humano, um empreendimento sujeito as influências sociais e culturais. Outros trabalhos apresentam resultados que possibilitam que os docentes compreendam as concepções espontâneas dos estudantes e como estas influenciam as visões deformadas da ciência, fundamentando assim o processo didático da ciência (MOURA, 2014; SANTOS, 2018).

Sobre os limites e possibilidades da inserção de História da Ciência no processo de ensino e possíveis reflexos positivos nas aprendizagens de conceitos científicos são muitos os trabalhos desde a década de 1990. Tais como, a discussão de Matthews (1995) que é uma das mais citadas na literatura da área de ensino, relacionada a essa temática, ele dissertou acerca da importância da utilização da História, Filosofia e Sociologia no Ensino de Ciências

A história, a filosofia e a sociologia da ciência, pode humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade, pode tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para a superação do mar de falta de significação, presente nas salas de aulas de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam (MATTEWS, 1995, p. 165).

Outros autores destacam pontos favoráveis para a utilização a HC no Ensino de Ciências

a) Evidenciar o caráter provisório dos conhecimentos científicos. b) Preparar indivíduos adaptados a uma realidade em contínua transformação. c) Evidenciar os processos básicos por meio dos quais os conhecimentos são produzidos e reproduzidos. d) Evidenciar as relações mútuas que vinculam Ciência, Tecnologia e Sociedade. e) Evidenciar as características fundamentais da atividade científica e, assim, promover a alfabetização científica dos indivíduos. f) Preparar indivíduos para uma cidadania crítica e atuante. g) Estimular o interesse dos alunos pelas disciplinas científicas, ao quebrar a monotonia dos programas de ensino estritamente direcionados para aspectos técnicos. H) Oportunizar o contato dos alunos com indagações, evidências, argumentos, teorias e interpretações que estimulem a aquisição de concepções mais aceitáveis do ponto de vista científico. i) Melhorar a aprendizagem de conceitos, hipóteses, teorias, modelos e leis propostas pela Ciência. j) Suscitar a admiração pelas realizações da Ciência e incentivar o aluno a se tornar um futuro cientistas. k) Caracterizar a Ciência como parte integrante da herança cultural das sociedades contemporâneas. l) Promover a alfabetização cultural dos indivíduos. (BASTOS, 1998, p. 36-37).

Pautadas nas ideias desse autor sobre a contribuição da abordagem histórica no ensino de ciências destacamos o trabalho de Palma et al (2017). Eles também sinalizam que o emprego da História da Ciência no ensino pode propiciar o desenvolvimento de

uma visão mais humana da ciência. Sugerem que uma aproximação com o contexto histórico e cultural em que os cientistas estavam imersos contribui para que os discentes percebam o processo coletivo da produção de conhecimentos. Destacam também, assim como Martins (2006) que apresentar aos discentes a evolução das ideias a partir de tentativas e erros pode contribuir para desmitificar a premissa que a ciência é desenvolvida apenas por gênios, com teorias prontas.

Forato (2009) por sua vez, apontou que a História da Ciência no Ensino de Ciências é uma estratégia eficiente para abordar a contextualização da produção de saberes científicos. O emprego de uma narrativa histórica estruturada a partir de ideias como as defendidas por Matthews (1995) e Martins (2006) possibilitaria que os estudantes ampliem a sua cultura, pois evidenciam os valores sociais que foram inerentes a determinada época. Além disso, os aspectos históricos podem contribuir para uma reflexão crítica, sobre o funcionamento da ciência como sendo um constructo humano, portanto passível de erros e de acertos. A autora ainda defendeu que uma abordagem histórica pode propiciar a compreensão das relações existentes entre a ciência e o contexto político, quando explicita os diferentes interesses que possibilitam e limitam o fazer científico, demonstrando a não neutralidade da ciência.

Outro autor que também sinaliza a importância de se utilizar a HC como estratégia de ensino é Moura (2014). Esse autor chama atenção para a necessidade de o professor conhecer previamente as concepções alternativas dos estudantes em relação aos aspectos do funcionamento da ciência e a partir disso, fazer uso de estratégias didáticas, que contemplem o desenvolvimento da ciência a partir de diferentes óticas. O professor deve construir, oportunidades para que os alunos compreendam e transformem as suas concepções ao longo das aulas, direcionando a aprendizagem para o entendimento de modelos científicos cada vez mais abrangentes. Ele sinaliza a possibilidade de estabelecer paralelos entre os processos de ensino e de aprendizagem com o desenvolvimento da própria ciência.

Além de trabalhos que listam a importância da inserção de HC no Ensino de Ciências evidenciamos também uma indicação bem semelhante de dificuldades para sua realização: falta de materiais didáticos apropriados (BASTOS, 1998; MARTINS, 2006; FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011; QUEIRÓS, 2012; VITAL e GUERRA, 2017). Especificamente em relação ao que consideram como apropriado destacamos a importância de uma narrativa histórica que: leve em consideração que o conhecimento

científico está sujeito às influências do contexto social e cultural; que apresentem sem distorção os momentos históricos retratados, não indicando a ciência de forma simplista e acabada.

Como um dos principais problemas das narrativas históricas ou materiais historiográficas é o anacronismo, que é uma forma inadequada ou errônea de analisar determinada época com conceitos que não são daquele tempo histórico, como um meio de reconstrução meramente linear de períodos históricos (FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011; QUEIRÓS, 2012).

Essas narrativas históricas foram classificadas por Martins (2006) em científicas, historiográficas ou meta-historiográficas. As primeiras referem-se as discussões conceituais preliminares, a segunda apresenta informações de natureza históricas, enquanto a última trilha por caminhos metodológicos centrada na abordagem histórica, assim como, em discussões e correntes filosóficas e epistemológicas. Esse autor questiona a qualidade dos livros didáticos sugerindo que assim como temos muitos professores com uma formação insatisfatória no Ensino de Ciências, podemos ter autores dos livros didáticos de ciências não apresentando os saberes necessários para avaliar a qualidade e confiabilidade das informações que eles utilizam, tornando-se assim escritores improvisados de narrativas históricas.

Ao invés de utilizar narrativas construídas para o Ensino de Ciências alguns autores pontuam a possibilidade de realizar a inserção da História da Ciência no ensino a partir de fontes primárias. Entretanto destacam que a discussão de elementos históricos-conceituais nas aulas com o emprego de fontes primárias pode esbarrar em alguns problemas como a formação docente. Ela deve contemplar uma estruturação da historiografia da ciência, que possibilite a seleção criteriosa de elementos da História da Ciência, em obras originais e que sejam reinterpretadas para sua utilização no ensino (BOSS, et al, 2016).

Os problemas relacionados a formação docente vão desde a ausência de uma carga horária suficiente no contexto de sala de aula, a visão empirista-indutivista que prevalece em muitos cursos de formação inicial e a falta de disciplinas apropriadas para propiciarem aos professores a reflexão sobre concepções ingênuas e espontâneas que muitos docentes apresentam (GIL-PÉREZ et al, 2001; SANTOS, 2017). Uma possível consequência das concepções errôneas dos professores a respeito da natureza pode refletir no movimento

de simplificação que leva à redução da História da Ciência, a datas, nomes de cientistas famosos, anedotas e desvalorização do método científico (SANTOS, 2017).

Considerando a pertinência das reflexões evidenciadas na literatura da área de ensino, sobre os limites e possibilidades do emprego da HC como estratégia didática ou conteúdo científico, salientamos a importância de estudos que propiciem alternativas para enfrentar os problemas listados. Além disso, concordamos com El-Hani (2006, p.3) de que o emprego de uma abordagem histórica no Ensino de Ciências seja uma alternativa viável para enfrentar a “[...] a crise contemporânea do Ensino de Ciências, evidenciada pelos altos índices de ‘analfabetismo científico’ e evasão de professores e alunos das salas de aulas de ciências”. Isso justifica a realização de uma investigação que avalie as possibilidades de abordagens para implementar a inserção da HC nas aulas de ciências, aspectos discutidos no tópico seguinte.

3.1 Caminhos para a inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências

3.1.1 Estudo de Casos Históricos e suas contribuições para o Ensino de Ciências

Utilizamos essas diretrizes para mapeamos os textos históricos em torno do desenvolvimento da Termodinâmica e suas relações com a Revolução Industrial.

3.1.2 A discussão sobre a Natureza da Ciência

Nas últimas três décadas é expressivo o quantitativo de pesquisas que buscam inserir a discussão sobre a Natureza da Ciência no Ensino de Ciências, de forma a promover uma abordagem contextual do processo de construção do conhecimento. Isso permite que os alunos construíssem uma concepção mais ampla sobre o desenvolvimento científico e seus processos de produção, divulgação, revisão e validação (SANTOS, 2018).

Segundo Moura (2014) a Natureza da Ciência envolve a construção de saberes a partir de múltiplas lentes tais como a epistemológica, a filosófica, a histórica e cultural da ciência. Elas contribuiriam para uma formação integral dos alunos, no sentido de desenvolver neles habilidades críticas, reflexivas que possibilitem entender a importância da ciência na sociedade contemporânea.

Isso resultaria no decréscimo das concepções errôneas sobre ciências no ensino da Educação Básica, promovendo uma alfabetização científica, um dos objetivos da Educação na contemporaneidade. Assim é possível desmistificar concepções errôneas do fazer científico e da ciência, como algo com forma estática, dogmática e desvinculada dos aspectos históricos da sua construção.

As concepções inadequadas que os estudantes apresentam sobre ciências são resultado da

[...] ausência de compreensão sobre a natureza do conhecimento científico; compromisso com uma visão epistemológica absolutista, uma visão empírico-indutivista da ciência, crença na existência de um método único, ausência de reconhecimento do papel da criatividade e da imaginação na produção do conhecimento científico (TEIXEIRA, FREIRE-JÚNIOR e EL-HANI, 2009, p. 531).

Diante desse cenário alguns estudos buscam caminhos para modificar essas concepções, tendo como foco pesquisas relacionadas aos currículos de ciências, os materiais didáticos, a formação inicial e continuada dos docentes e as próprias concepções dos estudantes (SCHEID, FERRARI e DELIZOICOV, 2007; MARTINS, 2015; AZEVEDO e SCARPA, 2017).

Assim sendo, a literatura em Ensino de Ciências aponta para o consenso em relação a inserção da Natureza da Ciência no Educação Básica, porém ainda há divergências sobre o que inserir e como realizar essa inserção visto que na Educação Básica não objetivamos formar cientistas, sujeitos que estão aptos a se debruçarem sobre os grandes debates epistemológicos (LEDERMAN, 2007; ALLCHIN, ANDERSEN e NIELSEN, 2014; SANTOS, 2018).

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 e GAERTNER, 2015). Com isso destacamos aspectos entendidos como consensuais sobre a Natureza da Ciência e que são importantes para o desenvolvimento da ciência e necessitam 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 diferente entre leis e teorias científicas (LEDERMAN, 2006, p. 317).

Em relação as estratégias de inserção dos aspectos consensuais da Natureza da Ciência algumas pesquisas (ALLCHIN, 2011; 2012; 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 integral 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. Elas têm como objetivo dar sentido ao fazer científico e seu emprego como estratégia de ensino ou de conteúdo mantendo-se alinhado aos objetivos pedagógicos da sua utilização na Educação Básica.

Temos que ter metas modestas ao trabalhar a História da Ciência articulada com a Natureza da Ciência já que não estamos formando cientistas. Porém, mesmo com metas modestas, é possível levar a discussão da produção do conhecimento científico para os estudantes, demonstrando assim que essa produção traz marcas do contexto social e cultural em que foi desenvolvida. Essa discussão deve explicitar a estrutura epistemológica que alicerça a produção do conhecimento humano e suas relações com o imaginário sociocultural, no qual os produtores do conhecimento estavam imersos e esse processo de imersão que diferencia historicamente a ciência que é desenvolvida em um período de outra (GOMES, 2013).

Barbosa e Aires (2018) acrescentam que a utilização da Natureza da Ciência nas aulas de ciências pode contribuir para que os alunos construam imagens menos deformadas da atividade científica e do conhecimento nela produzido, assumindo que ela é fruto da criatividade e imaginação humana, ao elaborar hipóteses para resolver problemas.

O Ensino de Ciências deve permitir que os discentes compreendam que os cientistas não vivem em um mundo à parte e que o empreendimento científico é uma atividade humana, influenciada por outras ideias e outros cientistas. É importante para o aluno conhecer os processos que constituem o fazer científico e não somente os produtos finais da ciência. Nesse sentido a História da Ciência tem um papel importante na articulação da Natureza da Ciência nas discussões realizadas em sala de aula da Educação Básica, de forma a promover a compreensão da forma como as teorias científicas são elaboradas (LONDERO, 2015).

Segundo Guerra, Braga e Reis (2013) a utilização de História da Ciência favorece o desenvolvimento de concepções relacionadas aos limites da ciência para responder as questões, bem como, evidencia o caráter provisório das teorias científicas. Além disso, promove a identificação do caminho percorrido pelos cientistas demonstrando os erros e acertos, assim como, os obstáculos epistemológicos que foram suplantados. Uma discussão pautada nesses aspectos evidencia como evoluiu determinados conhecimentos,

diminuindo assim as chances de os estudantes desenvolverem concepções estáticas, dogmáticas acerca da Natureza da Ciência (CARVALHO, GIL-PÉREZ, 2011).

CAPÍTULO 4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa é de natureza qualitativa empírica e quase experimental apresentando intervenção na realidade dos participantes da pesquisa, no qual reunimos dados descritivos também pela relação direta entre o pesquisador e o contexto de estudo, atentando-se para retratar a ótica dos participantes da pesquisa (BOGDAN e BIKLEN, 2003).

Em relação aos tipos de delineamentos utilizou-se da abordagem empírica quase-experimental, porque houve apenas um controle parcial em relação aos fatores que afetam a validade da pesquisa. Rosa (2015), apontou que nesse tipo de abordagem os fatores que não são controlados são:

- maturação - refere-se as modificações que ocorrem naturalmente nos indivíduos pelo fato do tempo ter passado e esses ficaram mais experientes ou mesmo avançaram no nível cognitivo deles. Alguns fatores que influenciam a maturação são: fome, cansaço, envelhecimento, desenvolvimento cognitivo e afetivo, dentre outros;
- história - diz respeito a um conjunto de eventos que ocorrem durante o desenvolvimento da pesquisa, esses eventos podem ser internos ao meio da pesquisa ou externos;
- seleção – trata da distribuição dos indivíduos em grupos distintos de um modo que se não for o aleatório, levará a diferenças sistemáticas entre os grupos podendo ter efeitos nos resultados;
- mortalidade - refere-se a perdas de participantes da pesquisa, alterando-se assim os resultados da pesquisa.

Vale destacar que, atendemos apenas aos dois primeiros fatores. A seleção não ocorreu de forma aleatória e não foi utilizado de grupos de controle para comparar os resultados da abordagem epistemológica contemporânea com a abordagem tradicional de conteúdo. Além disso, não foi possível controlar a Mortalidade do grupo, pois era variado o número de participantes na pesquisa como discutido em tópico posterior.

A pesquisa pautou-se na elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência de ensino pautada na abordagem contextual de um estudo de caso histórico: o desenvolvimento da Termodinâmica no contexto da Revolução Industrial. Na etapa de

elaboração da sequência de ensino construímos dois textos históricos orientado pela abordagem contextual e estudo de caso histórico de Stinner e colaboradores, utilizando o contexto social e cultural que permeou a Revolução Industrial para o ensino da Termodinâmica.

Sua aplicação ocorreu após liberação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, um órgão deliberativo, consultivo e educativo, constituído na UFMS como um colegiado interdisciplinar, independente e de relevância pública. Ele foi submetido na Plataforma Brasil em 22/05/2018, antes de iniciarmos a pesquisa, atendendo as exigências das diretrizes e normas regulamentadoras da ética em pesquisa, previstas na Resolução nº 466/12 – CNS/MS. Em 26/09/2018 o projeto recebeu autorização via parecer número 2.919.960, CAAE: 91324518.2.0000.0021. Todos os participantes da pesquisa apresentaram a devida assinatura num Termo de Assentimento – TALE (anexo 1) ou, conforme cada caso no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (anexo 2).

As ações no contexto de sala de aula ocorreram nos meses de Outubro e Novembro, do ano de 2018, no horário da disciplina de Química que ocorre no período matutino sendo acompanhada pelo professor da disciplina constando de encontros correspondendo a 2 horas aula cada. Foi no momento da aplicação que fizemos uso de diferentes instrumentos de coleta de dados, que possibilitaram coletar as informações. Utilizamos como instrumentos de coleta de dados os registros realizados pelos estudantes nas questões do pré e pós-teste e também as questões presentes nos textos 1 e 2. Além disso, os estudantes e o docente produziram um diário de bordo após cada encontro utilizando os textos históricos nele retratou-se as impressões em relação a utilização do produto educacional.

O pré-teste e o pós-teste ocorreram com a mediação do professor pesquisador e a discussão era coletiva podendo os estudantes dialogarem entre si e com o pesquisador que ia mediando esse processo. Nesse sentido este instrumento de coleta de dados empregado possibilitou inferir como o discente adquire conhecimento e como ele utiliza em uma situação posterior, permitindo obter indicadores de avanço na aprendizagem dos estudantes, sendo eles mesmo o seu próprio controle (LINHARES, ESCOLANO e ENUMO, 2006).

A respeito da utilização do diário de bordo Oliveira, Gerevini e Strohschoen (2017), relataram que este é um instrumento que é construído no decorrer das atividades.

Eles externalizam a interpretação dos estudantes acerca de determinadas atividades, demonstrando as suas dúvidas, as compreensões dessas atividades, as suas impressões sobre o momento de estudo. Especificamente sobre o diário de bordo produzido por docente consideramos que este instrumento é “[...] um guia de reflexão sobre a prática, favorecendo a tomada de consciência do professor sobre seu processo de evolução e sobre seus modelos de referência” (PORLAN, 1997, p. 47).

4.1 O contexto da pesquisa

Essa pesquisa foi realizada na escola estadual Pedro Mendes Fontoura pertencente à rede estadual de Ensino de Mato Grosso do Sul, localizada na cidade de Coxim-MS. Segundo informações presentes no projeto político e pedagógico da escola ela está localizada em um Município “[...] situado ao norte do Estado de Mato Grosso do Sul, com uma população de 32.159 pessoas (IBGE-2010). É um centro econômico e turístico regional, sendo nacionalmente conhecido como Capital do Peixe e Terra do Pé de Cedro”. Segundo esse documento “[...] com relação ao sistema educacional de nível superior, o município vem se tornando um polo universitário com a instalação no setor público da Universidade Federal e Estadual de Mato Grosso do Sul, do Instituto Federal de Ciências e Tecnologias e outras no setor privado” (MATO GROSSO DO SUL, 2018, p. 9).

Apesar de localizada na zona central de Coxim, ela atende 1500 estudantes oriundos de diferentes bairros do Município e da zona rural, dispondo para isso de 65 professores. O quadro 6 indica a distribuição de alunos nos níveis de ensino e turnos de funcionamento da escola.

Quadro 6: Quantidade de estudantes e sua distribuição na escola.

Nível de ensino	Turmas	Quantitativo de alunos		
		Matutino	Vespertino	Noturno
Ensino Fundamental	20	550	440	_____
Ensino Médio	11		_____	_____
Ensino de Jovens e Adultos	10	_____	_____	510

Fonte: Adaptado de Secretária Estadual de Educação, 2018, p. 10.

4.1. 1. Os sujeitos da pesquisa

Participaram da pesquisa inicialmente 17 estudantes do 2º Ano do Ensino Médio, os quais tiveram a sua identidade mantida em sigilo. Porém com o decorrer dos encontros alguns estudantes faltaram, sendo que participaram de todos os encontros 12 estudantes que foram identificados como estudantes de E1 até E12.

Os sujeitos que participaram da pesquisa podem ser caracterizados como um grupo heterogêneo, composto por estudantes esforçados e que se comprometeram com as atividades, porém alguns deles evidenciam dificuldades de aprendizagem, se considerarmos as notas obtidas no bimestre. Destacamos também um dado obtido pelo docente/pesquisador antes de iniciar a intervenção: eles não têm o hábito de leitura, segundo informaram ao serem questionados oralmente, antes do primeiro encontro sobre suas preferências. Eles apontaram que utilizam seus tempos livre em redes sociais, séries, animes e filmes diversos.

Outra informação obtida nessa conversa inicial evidenciou que seis estudantes apontaram que preferem a área de ciências exatas enquanto oito a de ciências humanas e três não indicaram sua preferência.

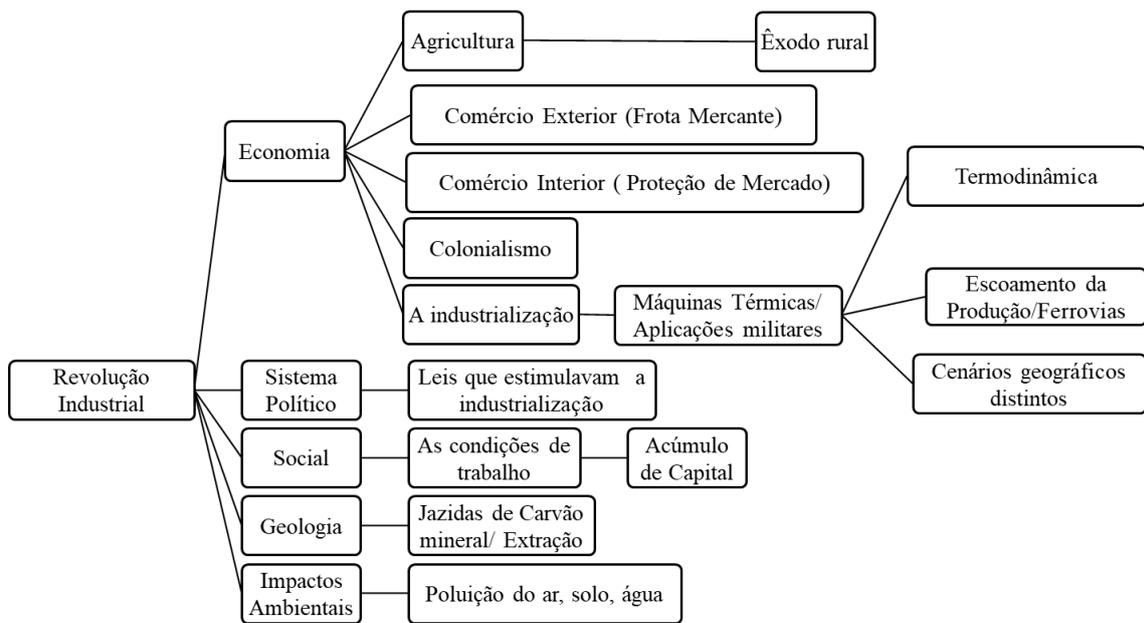
4.1.2. O conhecimento disciplinar

Disciplina	Ano/ Bimestre	Conhecimentos disciplinares	Competências e habilidades
Física	2º Ano EM/4º		
Química	2º Ano EM/2º		
História	2º Ano EM/2º		
Geografia	2º Ano EM/3º 2º Ano EM/4º		

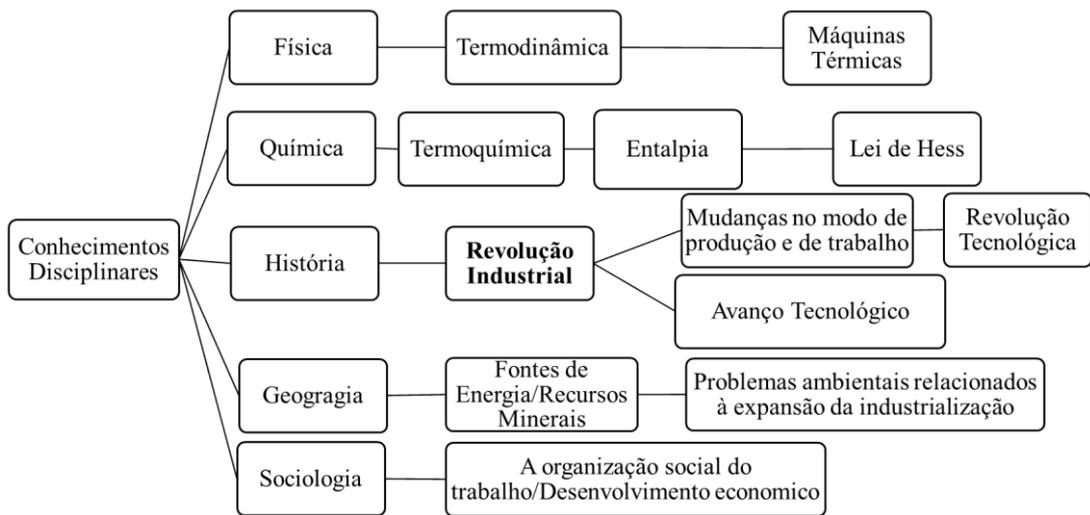
Sociologia	3º Ano EM/2ª		
------------	--------------	--	--

4.2 A produção de meios e recursos didáticos

--	--



Fonte – adaptado de (SILVA e ERROBIDART, 2019).



Realizou-se consultas bibliográficas em artigos e livros, acerca dos seguintes temas estruturantes e seus desdobramentos: a economia (industrialização, comércio, máquinas à vapor e agricultura), o sistema político (leis que estimulavam à industrialização e monocultura), o contexto sociocultural (exploração do trabalho, luta pelos direitos trabalhistas e revoltas sociais) e 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 contendo as informações consideradas relevantes para a síntese parcial. Tomando por base esse texto realizamos a construção dos meios e recursos didáticos apresentados como síntese final da representação interdisciplinar: o estudo de caso histórico, produto dessa dissertação de mestrado (Anexo).

O estudo de caso histórico apresenta numa narrativa interdisciplinar o desenvolvimento de conceitos científicos da Termodinâmica, explicitando suas relações com diferentes contextos da Revolução Industrial. Esse texto, que representa a síntese final da Ilha de Racionalidade Interdisciplinar, foi planejado e construído para o professor utilizar como um recurso didático nas aulas das disciplinas de ciências da natureza e suas tecnologias. Mas, como sinaliza Fourez (2002) ele pode ser utilizado pelo professor para promover a construção de uma outra representação interdisciplinar, se assim definir no seu planejamento de aula.

Na figura 5 apresentamos a ilustração de como ficou o layout da representação interdisciplinar construída no contexto dessa pesquisa de mestrado, o produto educacional explorando uma abordagem contextual.

Figura 5 – Ilustração do layout de algumas páginas do produto educacional explorando abordagem conceitual.



Fonte: Autoria Própria.

Ao definir o layout da representação interdisciplinar, materializada como um recurso didático, decidimos empregar boxes coloridos para aprofundar alguns dos conhecimentos disciplinares apresentados de forma integrada na sequência discursiva. A função dos boxes é possibilitar que o leitor conheça e reconheça as partes que compõe o conhecimento interdisciplinar, presente na abordagem contextual da História do desenvolvimento da Termodinâmica. Nos boxes apresentamos o aprofundamento de alguns conhecimentos disciplinares que apresentamos relacionados na textualização do estudo de caso histórico.

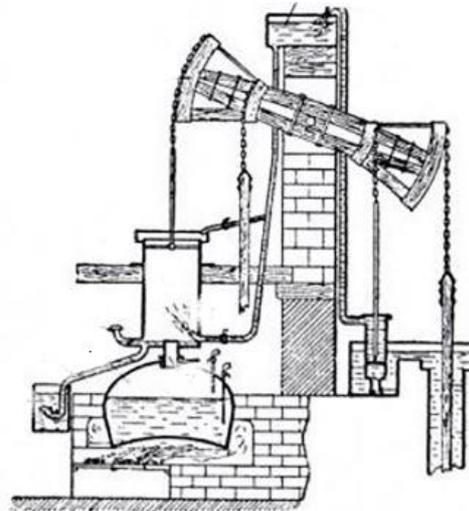
Finalizado o produto educacional com abordagem contextual iniciamos a construção dos demais meios e recursos didáticos que foram utilizados na execução da sequência de ensino e coleta de resultados para avaliação da proposta de ensino.

4. 2. 1. Os questionários como recursos didáticos e instrumentos de coleta de dados

Considerando o objetivo de avaliar possíveis mudanças na zona de desenvolvimento proximal elaboramos dois questionários: o primeiro é composto por seis questões que tratam da Natureza da Ciência em consonância com o desenvolvimento histórico da Termodinâmica (Figura 6). Enquanto o segundo questionário é composto por 12 questões que investigam as concepções dos estudantes sobre calor, temperatura, energia interna e entropia.

Figura 6 - Questionário 1 sobre Natureza da Ciência.

1. A figura ao lado representa uma máquina a vapor, equipamento que começou a ser utilizado com algum sucesso a partir do século XVII. Nessa época, precisamente em 1698, foi construída a máquina térmica indicada na figura, pelo engenheiro militar Thomas Savery. Ele era oriundo de uma família rica da Inglaterra e como se interessava por experiências, construiu e patenteou a máquina térmica. Essa máquina foi construída por Savery, utilizando as ideias de Denis Papin, em relação a utilização do vácuo para gerar força motriz e de Evangelista Torricelli, sobre o vácuo. Esse equipamento era utilizado no bombeamento de água de um local para outro e apesar de ser viável possuía dois pontos bem negativos: era muito perigoso, pois funcionava com alta pressão e as explosões eram comuns; consumia grande quantidade de combustível e só poderia ser instalado em locais em que o carvão mineral era encontrado com abundância. Essa máquina foi importante, pois impulsionou os estudos referente ao uso do calor, com o intuito de aperfeiçoar as máquinas térmicas. Dessa forma, contribuíram para o desenvolvimento da Termodinâmica.



Coleção particular. Fotografia: The Bridgeman/Keystone Brasil

a) Considerando a descrição acima e seus conhecimentos sobre o desenvolvimento da humanidade, você considera que a máquina térmica foi importante para o progresso da sociedade?

Sim Não

b) Em que disciplinas é possível estudar sobre o emprego de máquinas térmicas no contexto social do século XVIII? (Pode marcar mais de uma alternativa).

Física Biologia Química Matemática História Geografia
 Língua Portuguesa Literatura Artes Filosofia Sociologia Educação Física Língua estrangeira: Inglês

c) Sabe informar algum fato/aspecto marcante ocorrido no século XVIII que apresenta relação com as máquinas térmicas?

d) Como esse tipo de máquina foi empregada na sociedade desse período?

e) O emprego dessas máquinas alterou o cenário social da época? Sim Não

f) Qual o papel desempenhado pelas máquinas térmicas no contexto do século XVIII?

g) Como esse tipo de equipamento pode ter influenciado o contexto social do século XVIII?

2. O princípio de funcionamento de uma máquina térmica é pautado no aquecimento de uma massa de gás que, ao se expandir movimentando um êmbolo, realizando trabalho mecânico. Em relação ao processo de compreensão do funcionamento desse princípio indique (V) para verdadeiro e (F) Falso.

O desenvolvimento da compreensão do funcionamento das máquinas térmicas ocorreu na área teórica para depois ter contribuições da área prática.

O desenvolvimento da compreensão do funcionamento das máquinas térmicas ocorreu na área prática para depois ter contribuições da área teórica.

Os cientistas foram importantes para a compreensão do princípio de funcionamento das máquinas térmicas.

Os técnicos/inventores não foram importantes para a compreensão do princípio de funcionamento das máquinas térmicas.

3. Uma teoria científica como exemplo a teoria atômica, a teoria da gravitação, a teoria da evolução, dentre outras, pode ser alterada no decorrer da história?

Sim Não

4. As condições sociais e o contexto econômico, político e cultural, pode exercer influências no desenvolvimento de teorias científicas?

Sim Não

5. Você considera que o processo de construção, descoberta ou invenção de uma teoria científica ou de equipamentos como as máquinas térmicas é realizada de forma individual?

Sim Não

6. Com relação ao processo de construção de máquina térmica você considera que:
a) ela foi produzida por um cientista dentro de um laboratório, fruto de uma pesquisa científica:
() Verdadeiro () Falso

Fonte: Autoria parcial e adaptado as questões de 3 a 6 de (TEIXEIRA, FREIRE-JUNIOR E EL-HANI, 2009, p. 55-56).

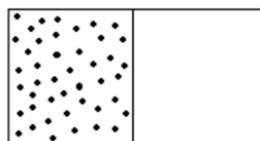
Na aplicação desse questionário o docente mediu a discussão a partir das questões que os estudantes levantaram em relação a utilização das máquinas térmicas na sociedade, com o término da aplicação, foi discutido com os estudantes as impressões deles referente ao questionário. Em seguida aplicou-se o teste com questões relacionadas as concepções da Termodinâmica Figura 7. Esse recurso didático foi utilizado no primeiro encontro e no último, ou seja, foi usado como pré-teste e pós-teste considerando o objetivo de determinar avanços conceituais.

Figura 7 - Questionário 2 sobre Concepções de Termodinâmica.

1. Associamos a existência de calor:
 - a) A qualquer corpo, pois todo o corpo possui calor.
 - b) Somente a aqueles corpos que estão quentes.
 - c) Em situações em que ocorre necessariamente a transferência de energia.
2. Para que se possa admitir a existência de calor deve haver:
 - a) Uma diferença de temperatura.
 - b) Uma diferença de massa.
 - c) Uma diferença de energia.
3. Calor é:
 - a) Energia cinética das moléculas.
 - b) Energia transmitida somente por meio de uma diferença de temperatura.
 - c) Energia contida em um corpo.
4. A água a 0°C, resultante do derretimento de um cubo de gelo a 0°C, contém, em relação ao gelo:
 - a) Mais energia.
 - b) Menos energia.
 - c) Igual quantidade de energia.
5. Duas barras de aço a temperaturas diferentes 20° C e 100° C, são colocadas em contato. O que se verifica após certo tempo? Explique.
6. O que muda quando uma quantidade de água que está fervendo, passa para o estado de vapor?
 - a) Sua energia interna.
 - b) O calor contido nela.
 - c) Sua temperatura.
7. A energia interna de um corpo pode ser associada com:
 - a) Calor.
 - b) Energia cinética de átomos e moléculas.
 - c) Energia potências de átomos e moléculas.
8. O que ocorre quando colocamos um termômetro em um dia de temperatura ambiente igual a 21° C, na água que apresenta temperatura mais elevada?
 - a) A temperatura e a energia interna do termômetro aumentam.
 - b) A temperatura do termômetro aumenta, enquanto a sua energia interna permanece constante.
 - c) Nem a temperatura do termômetro e nem a sua energia interna se modificam, apenas a coluna do líquido termométrico se dilata.
9. Temos duas canecas de alumínio ligadas e revestidas com isopor, uma com 1 litro de água a uma temperatura de 80°C e outra, também com 1 litro de água a uma temperatura de 20°C. Encostando uma na outra, verifica-se que após certo tempo, ambas se encontram a uma temperatura média de 50°C. De acordo com o enunciado acima, você acredita que o processo inverso possa ocorrer

espontaneamente, ou seja, que as massas de água, ambas agora a 50°C, voltem às temperaturas que anteriormente eram de 80°C e 20°C? Justifique.

10. Na caixa abaixo, de um lado, há um gás e do outro foi retirado tudo que havia produzido vácuo. Se retirarmos a separação, o que irá acontecer com as moléculas do gás? Faça desenhos representativos nos espaços abaixo, mostrando como as partículas do gás estavam antes, imediatamente após termos removido a separação e depois de um minuto. Explique com suas palavras o que significam os seus desenhos.



Antes de remover a
Separação

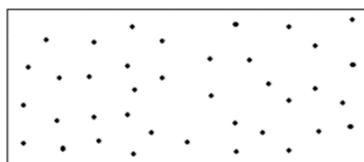


Imediatamente depois de
removida a separação



Após 1 minuto

11. Considerando que as moléculas de um certo gás ocupam todo o volume da caixa abaixo, é possível que elas espontaneamente se concentrem todas de um único lado do recipiente como na situação descrita no item anterior? Explique.



12. Imagine que em um terreno grande, cercado e abandonado, há um monte de areia. Com o passar do tempo, mesmo sem a intervenção de seres humanos ou mesmo de outros animais, o que você espera que aconteça? Explique.

Fonte: Adaptado de SILVEIRO e MOREIRA (1996) e COVOLAN (2003).

Em relação a aplicação do questionário 2 de concepções da Termodinâmica a discussão ocorreu na última questão no qual os estudantes suscitaram possibilidades que levariam a modificações no monte de areia, esse momento de discussão foi mediado pelo docente que analisava as possibilidades e pontuava dúvidas em relação as sugestões dos estudantes. Após a aplicação do questionário foi discutido as impressões que os estudantes tiveram das questões e ao término das aulas ocorreu o registro pelo docente para retratar de forma mais ampla possível o momento de aplicação.

4.3 A sequência de ensino pautada na abordagem contextual

Buscando adequação ao Referencial Curricular da Rede Estadual de Ensino de Mato Grosso do Sul planejamos uma sequência de ensino pautada em quatro encontros, indicados por 1E até 4E. Cada encontro representa duas horas aulas geminadas de 50 minutos cada e foram organizados conforme indica o quadro 10.

Quadro 10: Organização da sequência de ensino.

Encontro	Problemática	Temáticas abordadas	Recursos	Stinner
1E 2 aulas	Identificação de conhecimentos prévios	Natureza da Ciência e o desenvolvimento histórico da Termodinâmica. Calor, Temperatura, Energia Interna e Entropia.	Questionários	2
2E 2 aulas	A História da Termodinâmica: A Revolução Industrial e o Desenvolvimento das Máquinas Térmicas.	Revolução Industrial, Classes Sociais, Revolução Gloriosa, Fonte de energia não-renovável: Carvão Mineral, Funcionamento das Máquinas Térmicas a Vapor, Exploração da mão de obra infantil e das mulheres, êxodo rural e urbanização.	Texto Histórico	1,3,4, 5 e 6.
3E 2 aulas	A natureza do calor e a constituição da Termodinâmica	Aplicações das máquinas térmicas no setor militar, as contribuições de Sadi Carnot para a compreensão do calor, a Teoria do Calórico, Cartismo e Ludismo, 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.	Texto Histórico	7
4E 2 aulas	Identificação de concepções de Ciência e da Termodinâmica.	Natureza da Ciência e o desenvolvimento histórico da Termodinâmica. Calor, Temperatura, Energia Interna e Entropia.	Questionários	2

Fonte: Autoria Própria.

No encontro 1E fizemos uso dos questionários para levantamento das concepções prévias dos alunos. Esses instrumentos não tinham como objetivo coletar informações para a construção da sequência de ensino, mas sim mapear o grau de conhecimento dos alunos para comparar esse resultado com o obtido na reaplicação deles no encontro 4E. Com eles obtivemos os dados que possibilitaram avaliar a aplicação dos textos históricos que estão compreendidos no segundo e no terceiro encontro buscamos evidenciar indícios de possíveis avanços das concepções dos alunos.

Como indica o quadro 10, o encontro 1E teve duração de 100 minutos (2 horas-aula) e nosso objetivo era: compreender se os estudantes estabelecem relações entre o desenvolvimento científico e a sociedade; identificar como os estudantes entendem que ocorre o processo de construção de uma teoria científica; identificar as concepções prévias dos estudantes acerca do Calor, Temperatura, Energia Interna e Entropia; obter informações sobre como os discentes empregam esses conceitos no dia a dia. O objetivo pedagógico do encontro era: Evidenciar o caráter histórico da ciência e de suas relações com os fenômenos da natureza.

Durante o encontro 1E os alunos foram incentivados pelo docente/pesquisador, a discutirem as questões entre si e questionarem em caso de dúvidas. Na aplicação do questionário de teste de concepções da Termodinâmica ocorreu dúvidas em relação as três últimas questões, as quais abordavam o conceito de entropia, que geralmente não é explorado no contexto de ensino. O professor mediou a discussão estimulando os estudantes a formularem e reformularem suas respostas, o registro realizado pelo docente em formato de diário de bordo ocorreu após o término das aulas do encontro 1E e nele buscou retratar com riqueza de detalhes o momento de aplicação.

No encontro 2E o docente utilizou a representação interdisciplinar que materializou a abordagem contextual e buscou atuar na fronteira entre a Zona de Desenvolvimento Real e Proximal. Nele abordou-se conhecimentos sobre: a Revolução Industrial; as classes sociais nesse período histórico; a Revolução Gloriosa; o carvão mineral como fonte de energia não-renovável; o funcionamento das Máquinas Térmicas à Vapor; a exploração da mão de obra dos trabalhadores em especial da infantil e das mulheres; o problema social do êxodo rural e da urbanização. No decorrer das discussões o docente destacou a importância da Revolução Industrial para o aperfeiçoamento das máquinas térmicas e as transformações sociais que o emprego delas promoveu na sociedade. Como objetivo pedagógico buscou-se levar os alunos a: compreenderem a necessidade social de aperfeiçoamento das máquinas térmicas e identificarem o caráter coletivo da construção de conhecimentos.

Sendo assim, os alunos foram dispostos em um grande círculo e, no início da atividade o docente informou os alunos sobre a necessidade de elaborarem um diário de bordo. Ele explicou o que é um diário de bordo e alguns itens que esse instrumento deveria conter: a descrição detalhada das impressões sobre a utilização do texto com abordagem contextual; uma lista com aspectos que consideraram como positivos e negativos, relacionados a abordagem histórica contextual e outros aspectos que eles julgassem necessários. Após esse momento inicial, o Texto I (A Revolução Industrial e o desenvolvimento das máquinas térmicas – produto pedagógico 2) foi entregue aos alunos, os quais realizaram uma leitura individual. Em seguida, o docente iniciou uma leitura em voz alta e, seguindo o sentido horário do círculo, solicitando que todos os alunos fizessem parte da leitura, destacando aspectos que eles julgavam como importantes, na parte que haviam lido.

Em seguida o docente mediou uma espécie de debate coletivo, levantando discussões de pontos chave para o entendimento das informações apresentadas no texto, chamando atenção dos alunos para as informações apresentadas nos boxes, com cores diferenciadas. Os conhecimentos de história, aprofundados nas caixas laranjas guiaram desdobramentos da discussão sobre a Revolução Industrial os seus primórdios e o pioneirismo inglês, o domínio da classe burguesa frente a dos proletariados e aspectos relacionados a Revolução Gloriosa.

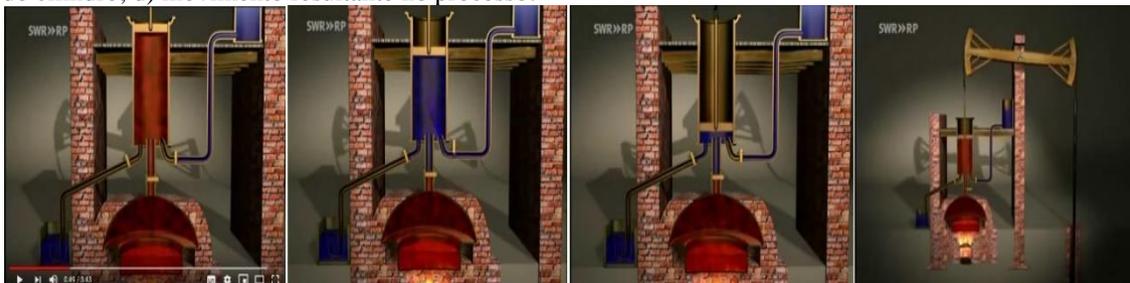
Outro ponto chave que o docente explicou foi como a situação geográfica da Inglaterra, informações aprofundadas no box azul, beneficiou o país com relação a estabilidade política, incentivando os alunos a refletirem sobre o quanto era difícil ser invadido pelo mar, naquela época. Além disso, destacou que as condições geológicas da Inglaterra eram propícias para a mineração, principalmente devido esse país se localizar em uma bacia sedimentar, que apresentava jazidas de carvão mineral, aspecto destacado na caixa de texto verde-musgo. Os aspectos sociais (caixa de texto ouro claro) foram levantados na discussão a partir da situação problema que sinalizava a necessidade econômica de extrair água do interior das minas.

Com essa discussão encaminhou-se outra, que buscou evidenciar a importância que os aspectos externalista tiveram para o desenvolvimento das máquinas térmicas e como isso culminou no desenvolvimento científico da termodinâmica. Já os aspectos internalista foram contemplados durante a discussão do funcionamento das máquinas térmicas (caixa de texto rosa), porém os estudantes relataram dificuldades em compreender o funcionamento dessas máquinas.

Nessa parte da discussão o docente fez uso de uma animação que apresentava de forma mais detalhada o funcionamento da máquina térmica indicada em uma das figuras do produto educacional. A animação⁵ propicia uma explicação do funcionamento das máquinas térmicas explorando a abertura das válvulas e os processos físicos relacionados, tal como indicado na figura 6. Como ela era em outra língua o professor explicou a animação detalhadamente.

⁵ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GCJsv-2V-CU>. Acesso em 05/09/2018.

Figura 6- Partes da animação utilizada para ilustrar o funcionamento de uma máquina térmica: a) aumento da pressão devido ao vapor; b) jato de água fria no interior do cilindro; c) diminuição da pressão no interior do cilindro; d) movimento resultante no processo.



Fonte: adaptado de: <https://www.youtube.com/watch?v=GCJsv-2V-CU>

Após a discussão os estudantes responderam quatro questões propostas ao final do texto e que estão dispostas no quadro 11.

Quadro 11: Questões norteadoras do primeiro texto histórico A Revolução Industrial e o desenvolvimento das máquinas térmicas.

1. Quais são os fatores que permitiram o surgimento da Revolução Industrial na Inglaterra?
2. Por que as máquinas térmicas a vapor foram empregadas nas minas inglesas?
3. Apresente os pontos favoráveis e desfavoráveis das máquinas de Savery, Newcomen e Watt.
4. O processo de mecanização dos meios de produção teve impactos na sociedade? Justifique.

Fonte: Autoria Própria.

Na questão 1, buscamos analisar a compreensão que os estudantes tiveram em relação as condições que levaram o surgimento da Revolução Industrial. O interesse nessa questão é se os estudantes relacionam o que eles já sabem, devido ao aprendizado em outras disciplinas tais como História e Geografia (Zona de Desenvolvimento Real), com os novos conhecimentos apresentados nesse encontro, permitindo o desenvolvimento proximal.

A segunda questão visa identificar se os estudantes estabelecem relações entre as necessidades sociais e o avanço prático da ciência, possibilitando que eles compreendam a relação existente entre ciência e sociedade. Na terceira questão buscamos verificar a conceitualização que os estudantes fazem para as contribuições de Savery, Newcomen e Watt, em relação ao aperfeiçoamento das máquinas térmicas. Consideramos que esses princípios são importantes para entender a evolução das ideias na ciência. A última questão tínhamos por objetivo coletar informações para analisar as concepções que os estudantes tinham sobre as transformações sociais advindas da utilização das máquinas térmicas na sociedade.

O docente orientou que os estudantes resolvessem todas as questões individualmente, porém eles iniciaram uma discussão a partir de um ponto de dúvida na primeira questão: foi a necessidade social que levou o emprego das máquinas térmicas nas minas? Essa discussão coletiva não foi inibida pelo professor, pois foi considerada como uma possibilidade de aprendizagem, pois segundo o referencial adotado a interação pode contribuir para a construção de significados e por fim, foi solicitado a entrega do diário de bordo para a próxima aula.

No encontro 3E trabalhamos com o Texto II (A natureza do calor e a constituição da Termodinâmica – Apêndice 2) e buscou-se atuar na fronteira entre a Zona de Desenvolvimento Real e Proximal. Nele abordou-se conhecimentos sobre: as aplicações das máquinas térmicas no setor militar; as contribuições de Sadi Carnot para a compreensão do calor; a Teoria do Calórico; o Cartismo e Ludismo; 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.

Fazendo uso das mesmas estratégias de ensino o docente mediou as discussões chamando atenção dos alunos para: as contribuições de Sadi Carnot para a compreensão do calor; a importância que a Teoria do calórico apresentava para o estudo do calor; o contexto das revoltas sociais na Revolução Industrial e suas relações com as máquinas térmicas; a contribuição de Joule para a determinação do equivalente mecânico para o calor e as de Helmholtz, Clausius, Thomson para a formulação da Termodinâmica.

Quanto ao momento destinado as discussões, ele teve início com a informação sobre a utilização militar das máquinas térmicas, com o exemplo do navio a vapor. Relacionado a isso abordou-se os conflitos militares decorrentes da política expansionista do governo de Napoleão Bonaparte, que emergiu após o término da Revolução Francesa. O docente destacou que nessa época o império francês, desejando aumentar suas colônias, entrou em guerra com a Inglaterra e com as demais potências europeias. Não obteve resultado satisfatório, pois foi derrotada pela aliança da Inglaterra com as potências europeias.

No contexto da discussão o docente chamou atenção dos alunos para o fato que um dos motivos dessa derrota francesa pode ser atribuído aos resultados obtidos por Nicolas Léonard Sadi Carnot, relacionado ao melhoramento da máquina térmica, aspecto

que também impulsionou a economia do país. Destacou-se também a teoria do calórico e sua importância para os cientistas da época e as influências dessa teoria na obra de Carnot.

As relações entre a sociedade e a ciência foram discutidas a partir do movimento de revolta do Cartismo e do Ludismo, permitindo uma aproximação com a História. Nessa discussão destacou-se importância que as máquinas térmicas tinham para a sociedade inglesa da época, utilizando como exemplo a cidade de Manchester, muito industrializada principalmente pelos aspectos geográficos que a tornavam propícia para a instalação de novas fábricas.

É nesse cenário que o docente insere a discussão sobre Joule e o desenvolvimento de estudos pautados na experimentação em relação aos fenômenos magnéticos e elétricos, que antecederam os referentes aos da natureza do calor, impulsionados por interesses técnicos e científicos. O docente solicita aos alunos que se atentem 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 docente 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 alunos a responder as sete questões que são apresentadas no quadro 12.

Quadro 12: Questões norteadoras para o segundo texto histórico: A natureza do calor e a constituição da Termodinâmica.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Qual a importância que as máquinas térmicas tinham para a Inglaterra?2. Porque Carnot, interessou-se pelo estudo das máquinas térmicas?3. Como Carnot, obteve as suas conclusões acerca das máquinas térmicas?4. Com o avanço da industrialização, as máquinas térmicas foram as responsáveis pelo aumento das desigualdades sociais? Justifique.5. Quais fatores contribuíram para o estudo de Joule, acerca do calor?6. Os estudos de Joule, permitiram a refutação da teoria do calórico? Justifique.7. Quais foram as contribuições de Helmholtz, Thomson e Clausius para o desenvolvimento da Termodinâmica?8. A sociedade influenciou nos estudos acerca da natureza do calor? |
|--|

Fonte: Autoria Própria.

Na questão 1, buscou-se investigar a compreensão dos estudantes acerca da importância das máquinas térmicas para a Inglaterra, tendo como objetivo identificar como eles entenderam a relação entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade. A segunda e a

terceira questão buscavam informações sobre o entendimento dos alunos sobre as motivações que levaram Carnot a estudar as máquinas térmicas. Essas questões estão relacionadas a importância econômica e militar que as máquinas térmicas tinham para a Inglaterra. Na quarta questão os alunos expressariam o entendimento sobre as transformações sociais que as máquinas térmicas tiveram na sociedade inglesa. Já em relação a quinta questão buscamos identificar como os estudantes interpretaram as motivações que levaram Joule a estudar as máquinas térmicas e se eles apontam para os fatores sociais.

A sexta questão busca analisar o processo de refutação de uma teoria científica, demonstrando que a substituição de uma teoria por outra não é um processo rápido, que ele depende de vários resultados e que só após isso é aceita no meio científico. Em relação a sétima questão está buscou investigar como os estudantes compreenderam as contribuições de Helmholtz, Thomson e Clausius para o desenvolvimento da Termodinâmica. A última questão objetiva investigar se os estudantes compreenderam como a sociedade influenciou no desenvolvimento das leis da Termodinâmica.

Assim como no encontro 2E o docente não inibiu a discussão dos alunos no decorrer da atividade com o questionário, pois entendeu que essas trocas contribuíam para a construção dos conhecimentos. Após a intervenção o docente realizou as anotações para permitir o registro do máximo de informações sobre as aulas.

Por fim, o encontro 4E, os alunos responderam o questionário - pós intervenção: (a) Concepções de Ciência; (b) Concepções de Termodinâmica. Essas questões foram as mesmas utilizadas no pré-teste para identificar conhecimentos prévios e foram utilizadas nesses encontros para elucidar avanços conceituais dos estudantes. O quarto encontro contou com a participação de 12 estudantes.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo é apresentado e analisados os resultados obtidos com aplicação inicial do questionário (pré-teste) de concepções de Natureza da Ciência e de Termodinâmica. Em seguida uma discussão sobre as questões presentes no produto educacional composto por dois textos I - A Revolução Industrial e o desenvolvimento das máquinas térmicas e II - A natureza do calor e a constituição da Termodinâmica, utilizados respectivamente em 2E e 3E. Por fim apresentamos os resultados do questionário final (Pós-Teste).

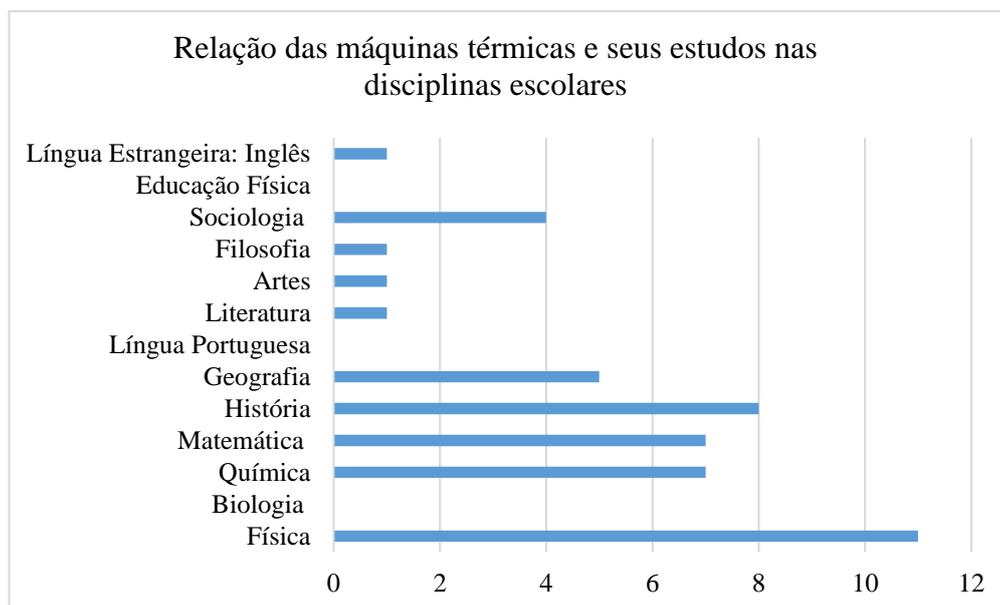
5. 1. Os testes sobre concepções

5.1.1 Pré-teste

5. 1.1.1 Sobre a Natureza da Ciência

Questionados sobre como as máquinas térmicas começaram a ser empregadas nas minas da Inglaterra, os estudantes foram unânimes ao apontarem que elas foram importantes para a humanidade. Quando solicitados a identificar quais as disciplinas que eles consideravam que tinham relações conceituais com o assunto de máquinas térmicas, listaram o que indicamos no gráfico 1.

Gráfico 1: Quantitativo de indicações de disciplinas associadas com máquinas térmicas no pré-teste.

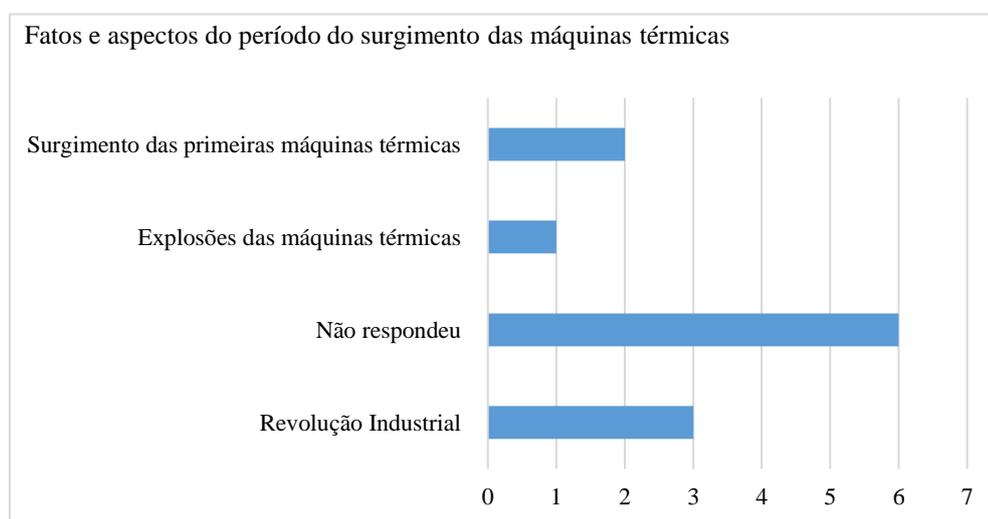


Fonte: Dados da Pesquisa.

A partir da análise dessa questão evidencia-se que a disciplina de Física foi a que teve mais apontamentos (11), seguida pelas demais disciplinas do eixo de ciências da natureza e suas tecnologias. Esse já era um resultado esperado, entretanto a quantificação de História e de Sociologia com oito e quatro apontamentos respectivamente ressalta a importância de uma discussão a partir de uma perspectiva interdisciplinar, tal como possível numa abordagem histórica contextual.

É importante considerar que, apesar dos alunos indicarem a possibilidade de o assunto máquinas térmicas ser explorado em diferentes disciplinas, eles não listaram na questão seguinte possíveis conexões com conhecimentos de outras disciplinas. A quantificação apontou que a maioria dos alunos não sabia indicar nenhum fato ou aspecto relevante que ocorreu no século XVIII. Eles não recordaram possíveis estudos relacionados ao assunto, ocorrido em outros momentos, conforme apresentado no gráfico 2.

Gráfico 2: Indicação de fato/aspecto marcante ocorrido no século XVIII.



Fonte: dados da pesquisa.

Quando solicitados a responder como esse tipo de máquina foi empregada na sociedade do século XVIII, período da Revolução Industrial, nove estudantes não responderam à questão. Apenas três apontaram o emprego da máquina térmica como ferramenta de trabalho. Esse resultado sugere que os alunos não relacionam o

desenvolvimento da máquina térmica e sua utilização na sociedade e, portanto, parecem não associar o desenvolvimento de um produto científico/tecnológico e suas aplicações na sociedade.

Entretanto, apesar de não responderem sobre como esse tipo de máquina foi empregada na sociedade desse período, na questão seguinte, que solicitava apenas a indicação de sim ou não, quando questionados se o emprego dessas máquinas alterou o cenário social da época, dez estudantes responderam que sim. Esse resultado mostra-se contraditório e sinaliza a necessidade de uma discussão mais aprofundada sobre o emprego das máquinas térmicas e possíveis alterações no contexto social.

A comparação desses resultados sugere a necessidade de ampliar a abordagem conceitual do assunto para possibilitar aos estudantes, abandonarem a visão simplificada da utilização das máquinas térmicas. Dois podem ser os motivos de apresentarem essa visão simplista: não interagiram com esse tipo de informação; se sim, os conhecimentos deles estão na zona de desenvolvimento real, ou seja, em processo de amadurecimento. Esses resultados possibilitaram identificar os pontos em que o professor/pesquisador deveria atuar para o estabelecimento dos conhecimentos e que auxiliariam os alunos a avançarem na sua zona de desenvolvimento real.

Para a questão 1(f) e (g) apresentamos no quadro 13 as respostas dos cinco estudantes que responderam a essa questão. Elas foram transcritas respeitando a escrita original.

Quadro 13: Algumas respostas apresentadas pelos alunos as questões 1 f e 1g.

1f) Qual o papel desempenhado pelas máquinas térmicas no contexto do século XVIII?	<p>“Seu papel era retirar a água, ou seja, era utilizado para bombear água de um lado para o outro” (E. 04)</p> <p>“Gerar mais empregos”. (E. 06).</p> <p>“Teve um enorme papel para o desenvolvimento da indústria” (E.07).</p> <p>“Intuito de aperfeiçoar os estudos referente ao calor”. (E.08).</p> <p>“essas máquinas foram importantes para aumentar os estudos referente ao calor, com o intuito de aperfeiçoar as máquinas térmicas, que foram importantes para o desenvolvimento da termodinâmica” (E.12).</p>
1g) Como esse tipo de equipamento pode ter influenciado o contexto social do século XVIII?	<p>“Influenciou nas outras máquinas produzidas foi visto como revolucionarias”. (E.04).</p> <p>“mudou a forma de trabalho da época”. (E. 06).</p> <p>“Pessoas começaram a perder seus empregos para as máquinas (E.07)</p> <p>“como algo que substituiu muito dos trabalhos artesanais” (E.08).</p> <p>“que foi nessa época que as coisas começaram a evoluir” (E. 12).</p>

Fonte: Dados da Pesquisa.

Não coletamos informações que possibilitasse inferir algo sobre o fato de estudantes não responderem às questões 1f e 1g. Informalmente, numa conversa que

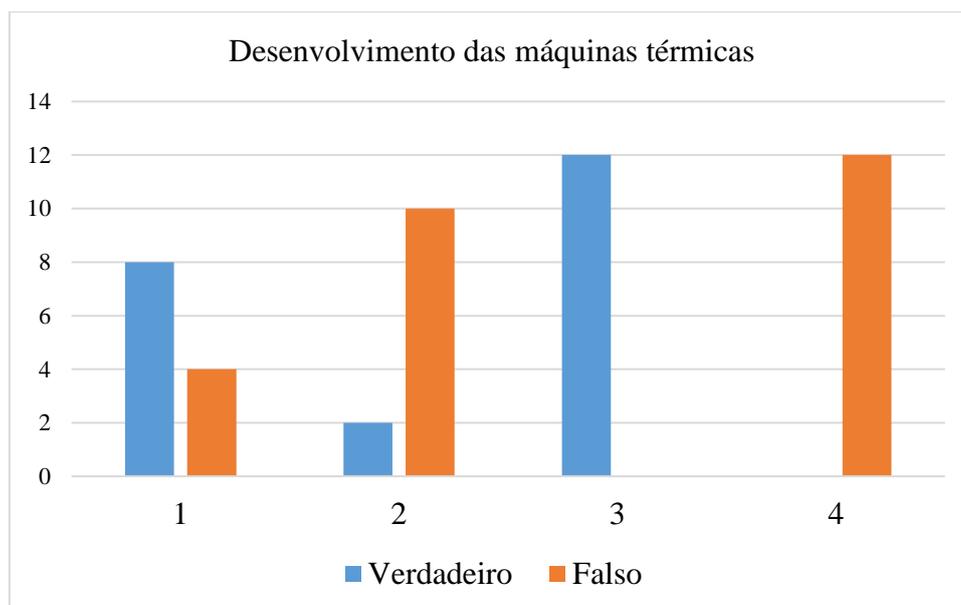
antecedeu o encontro 1E, eles mencionaram ao professor/pesquisador que possuem dificuldades em responder questões abertas e que não conseguem expressar em palavras as suas ideias.

Evidenciamos na questão 1f) que três respostas apontaram para a utilização prática das máquinas térmicas no contexto social e outras duas como necessárias para o estudo da natureza do calor, sugerindo a importância da prática para o desenvolvimento da teoria. Essas últimas, E.08 e E.12, contribuem para a identificação de aspectos consensuais de Natureza da Ciência, como o papel do empirismo para o desenvolvimento de teorias científicas.

Em relação à questão 1(g) algumas das respostas ressaltam a transformação social que as máquinas térmicas provocaram na sociedade. Mencionam a substituição do trabalho artesanal pela mecanização dos meios de produção, conhecimentos geralmente explorados na disciplina de História e que sugere que está presente na zona de desenvolvimento proximal deles.

Na segunda questão os alunos foram solicitados a julgar como verdadeiro ou falso, afirmações sobre o princípio de funcionamento de uma máquina térmica, como sendo pautado no aquecimento de uma massa de gás, que ao se expandir, movimenta um êmbolo, realizando assim um trabalho mecânico. As respostas são tabuladas no gráfico 3.

Gráfico 3: Concepções sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas.



Legenda: 1. O desenvolvimento da compreensão do funcionamento das máquinas térmicas ocorreu na área teórica para depois ter contribuições da área prática; 2. O desenvolvimento da compreensão do

funcionamento das máquinas térmicas ocorreu na área prática para depois ter contribuições da área teórica; 3. Os cientistas foram importantes para a compreensão do princípio de funcionamento das máquinas térmicas; 4. Os técnicos/inventores não foram importantes para a compreensão do princípio de funcionamento das máquinas térmicas.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Por meio da análise dos resultados do gráfico 3 evidenciamos, ao comparar os resultados correspondente as afirmações 1 e 2, que os alunos atribuem mais importância para as contribuições teóricas do que para as da área prática. Esse resultado aparentemente está correlacionado a forma como conhecimentos disciplinares de ciências, em especial os da Física e Química, são abordados nas aulas. Na literatura evidenciamos discussões com as quais concordamos e vivenciamos enquanto professor, sobre o não reconhecimento da influência da criatividade e da imaginação no processo de construção do conhecimento científico, presente em materiais didáticos por exemplo (TEIXEIRA, FREIRE-JÚNIOR e EL-HANI, 2009)

As aulas de Ensino de Ciências são majoritariamente teóricas e apresentam os elementos conceituais dissociados dos aspectos históricos da construção das teorias científicas. Essa forma de abordagem não possibilita aos estudantes discutirem e refletirem sobre a importância que o conhecimento prático teve para a História da Ciência. Uma abordagem assim realizada não possibilita evidenciar que em alguns casos e contextos, o desenvolvimento teórico foi posterior ao uso prático de aparatos e equipamentos, como é o caso da Termodinâmica que se desenvolve para atender à necessidade prática de melhorar as máquinas térmicas.

Ao avaliar os outros dois resultados apresentados no gráfico 3 evidenciamos que os estudantes atribuem unicamente aos cientistas o desenvolvimento inicial das máquinas térmicas e que nenhum deles considerou as contribuições de inventores, técnicos e mesmo dos leigos. Consideramos que o fato de não cogitarem a possibilidade de que pessoas, sem nenhuma formação acadêmica, contribuíram para a construção e funcionamento de muitas máquinas térmicas é um problema. Isso pode reforçar estereótipos acerca dos cientistas e do processo de produção de conhecimentos, sendo um aspecto que merece cuidado do professor, que deseja trabalhar com abordagem histórica.

Na terceira questão buscamos informações sobre as concepções dos estudantes acerca da possibilidade de mudanças de teorias científicas no decorrer da história. Todos os 12 estudantes indicaram positivamente a possibilidade de mudança de uma teoria científica. Ressaltamos, entretanto, que esse resultado pode não indicar que eles

consideram que uma teoria como a da Gravitação Universal passou por um processo de transformação, ao longo do tempo, e tem um caráter provisório, como destacado por Guerra, Braga e Reis (2013).

Na quarta questão evidenciamos que oito estudantes indicaram que os fatores relacionados ao contexto econômico, político e/ou cultural podem influenciar o desenvolvimento das teorias científicas. Apesar de eles sinalizarem a influência de fatores externos ao contexto acadêmico não é possível mensurar o grau de importância que atribuem a eles e, tampouco, quantificar a compreensão dos estudantes sobre o impacto deles na ciência.

Na quinta questão, seis estudantes apontaram que o desenvolvimento de uma teoria e de equipamentos científicos, resultantes de sua aplicação, é fruto de um processo individual e cinco indicaram a possibilidade de ser coletivo. Esse resultado sinaliza que a concepção do aspecto coletivo de construção de conhecimentos científicos precisa ser explorada com maior amplitude na utilização do material com abordagem histórica. Em relação a sexta questão metade dos estudantes demonstram uma visão estereotipada em relação à pesquisa científica, indicando que o processo de construção da ciência ocorrer apenas em laboratórios.

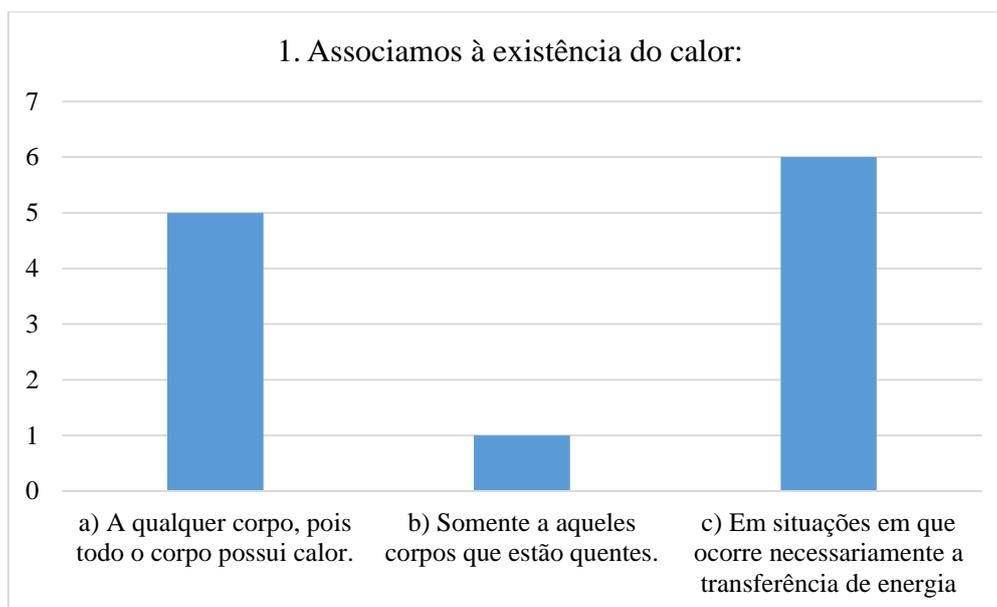
Considerando todos os resultados obtidos com o pré-teste de concepções de sobre a Natureza da Ciência evidenciamos que os estudantes apresentam visões parcialmente consensuais a respeito do processo de construção da ciência e dos responsáveis por ela. Os pontos de vista sobre a Natureza da Ciência precisam ser internalizados e estruturados em um escopo conceitual para permitir o avanço da zona de desenvolvimento real deles. Eles sugerem que o conhecimento dos estudantes está dissociado entre ideias vagas, não estruturadas em um escopo conceitual lógico e atualmente aceito pela comunidade científica, como verdadeiro.

Podemos considerar os resultados obtidos nesse pré-teste sobre concepções sobre a Natureza da Ciência como um indicativo que os conhecimentos dos estudantes estão em processo de estruturação na zona de desenvolvimento real e, portanto, passíveis de avanços conceituais.

5. 1.1.2 Sobre a Termodinâmica

Com relação ao segundo questionário aplicado no encontro 1E, logo após o primeiro questionário sobre Natureza da Ciência, buscava-se informações sobre as Concepções de Termodinâmica. No gráfico 4 evidenciamos as respostas dos estudantes a primeira questão do pré-teste.

Gráfico 4: Resultado da questão 1 do teste de Concepções de Termodinâmica.

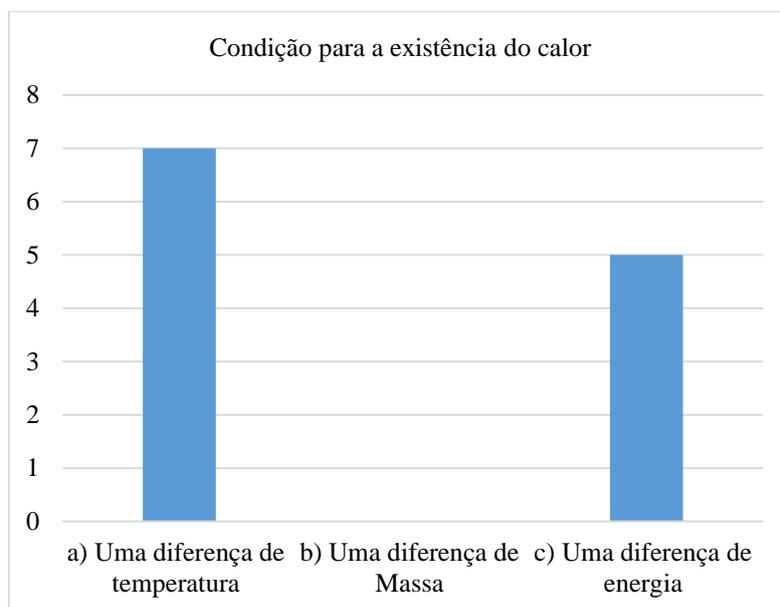


Fonte: Dados da Pesquisa.

A quantidade de respostas indicadas nas alternativas a) e b) remetem as concepções espontâneas pontuadas no estudo realizado por Martins e Rafael (2010) e que retratam ideias enraizadas nos conhecimentos do cotidiano. Segundo esses autores, aspecto com o qual concordamos, os estudantes geralmente usam “[...] o calor como propriedade dos corpos quentes e o frio como propriedade contrária”, ou indicam que ele “[...] existe somente nos corpos quentes” (MARTINS e RAFAEL, 2010, p. 4-5).

Metade dos sujeitos utilizam concepções equivocadas para explicar situações que envolvem a transferência de energia na forma de calor, entre dois corpos, com temperaturas diferentes. Esse resultado sugere necessidade de realizar uma abordagem conceitual que propicie aos alunos avançar na zona de desenvolvimento real. No gráfico 5, os resultados sinalizam que a maioria dos alunos concebem a diferença de temperatura como condição para a existência de calor.

Gráfico 5: Resultado da questão 2 do teste de Concepções de Termodinâmica.

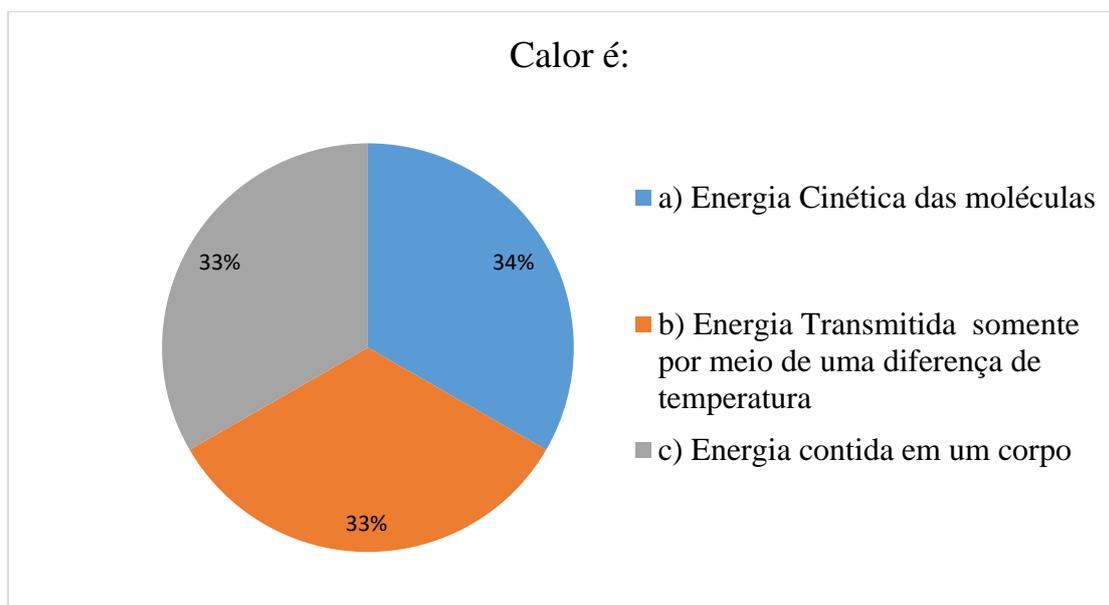


Fonte: Dados da Pesquisa.

Comparando esse resultado com o que obtivemos na questão 1 é possível sugerir que os estudantes estão mobilizando concepções espontâneas que concebem o conceito de calor como sinônimo de temperatura. Segundo Marques e Araújo (2010) a associação do calor com o conceito de temperatura representa um estágio de ideias que remetem a teoria do calórico. Isso sugere que as ideias deles sobre calor possuem análogos com as concepções concebidas como científicas no século XVII, mas que foram substituídas pelas leis da Termodinâmica, formuladas no século XVIII.

Essas ideias apresentadas pelos estudantes constroem-se a partir das percepções adquiridas por meio dos sentidos e que se constituem nas concepções espontâneas. Elas têm o cotidiano como fonte e isso explica a resistência em serem superadas, sendo viável desenvolver neles a compreensão do poder explicativo, de acordo com o perfil conceitual. Em outras palavras, dependendo da situação, o estudante faz uso de determinados conhecimentos, a partir de um julgamento que lhe permite decidir qual concepção melhor se aplica em determinado momento. No gráfico 6 apresentamos os resultados do que os alunos indicaram como sendo o calor.

Gráfico 6: Resultado da questão 3 do teste de Concepções de Termodinâmica.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Nele evidenciamos uma distribuição quase homogênea entre as três alternativas, o que sinaliza que a maioria dos alunos não interpreta o conceito de calor, tal como aceito cientificamente, na atualidade. Esse resultado está de acordo com pesquisas como a de Louzada, Elia e Sampaio (2015) que identificaram concepções sobre a interpretação do calor associado ao substancialismo, bem como, ao emprego de calor como sinônimo de temperatura. Segundo Castro e Ferreira (2015, p. 31) a concepção substancialista “[...] carrega ideias de que partículas possuem características físicas semelhantes a corpos materiais” atribuindo propriedades “[...] de substâncias a formas de energia”. Essa ideia, segundo os autores, “[...] dificultou bastante o progresso do pensamento científico na construção do conceito de calor, estando presente desde a teoria do flogístico até a do calórico, ainda persistindo como modo de pensar dos estudantes”.

Os resultados dos gráficos 5 e 6 evidenciam que os estudantes apresentam dificuldades acerca do emprego do conceito de calor em situações diversas, tal como evidenciado nas pesquisas citadas. Esses resultados sugerem que os estudantes apresentam ideias relacionadas ao calor na zona de desenvolvimento real, provavelmente advindas de concepções espontâneas, com pouco poder preditivo, tal como discutido nos trabalhos de Louzada, Elia e Sampaio (2015) e Castro e Ferreira (2015).

Na quarta questão perguntou-se aos estudantes se a água a 0°C , resultante do derretimento de um cubo de gelo a 0°C , continha, em relação ao gelo: a) mais energia; b)

menos energia; c) igual quantidade de energia. Os resultados indicam que seis estudantes associaram que a água, nessa condição, tinha menos energia em relação ao cubo de gelo que a originou. Quatro deles indicaram que ela tinha maior energia e dois a mesma quantidade isso evidencia que os estudantes também apresentam dificuldades de entendimento dos conceitos de energia, assim como identificado por Simões-Neto e Amaral (2017).

Ao estudarem a construção de perfil conceitual relacionado com energia, Simões-Neto e Amaral (2017) identificaram o que denominaram por Energia Funcional/Utilitarista, efetuando uma associação com a experiência primeira de Bachelard. Esse perfil é subjetivo, intuitivo, concreto e de fácil explicação, porém de pouco poder explicativo.

Na quinta questão os alunos foram solicitados a explicar o que aconteceria após duas barras de aço ficarem em contato por certo tempo de contato, tendo uma temperatura de 20°C e a outra 100°C. Seis estudantes apontaram o equilíbrio térmico como responsável pela variação de temperatura nas barras, quatro indicaram a energia como a responsável pelo fenômeno e dois a transferência de calor. Apresentamos no quadro 14 algumas das respostas, nas quais evidenciamos a utilização de conceitos científicos de forma explícita.

Quadro 14: Resultado da questão 5 do teste de Concepções de Termodinâmica.

Vai se igualar em um equilíbrio térmico, pois a energia de um passará para o outro (E.06). Vai haver um equilíbrio de temperatura entre elas (E.08). Que a barra de aço vai estar equilibrada, pois haverá uma transferência de energia (E.09). Vão se igualar, pois a energia se transfere (E.10). As duas barras vão se igualar porque terá transferência de calor (E.12).
--

Fonte: Dados da Pesquisa.

Os resultados obtidos estão de acordo com a discussão apresentada por Cindra e Teixeira (2004), sobre o equilíbrio térmico. Ele apontou que os estudantes entendem que a temperatura é uma propriedade do material, do qual o corpo é composto e que isso é uma concepção espontânea comum entre eles. Questionados sobre o que muda quando uma quantidade de água que está fervendo passa para o estado de vapor, três estudantes indicaram alteração da energia interna, seis o calor contido nela e três a sua temperatura. As respostas evidenciam, de forma explícita, a associação do calor como sendo uma propriedade dos corpos, remetendo novamente a teoria substancialista, já identificada anteriormente.

Esses resultados sugerem que as concepções espontâneas estão presentes no conhecimento dos discentes e que estes se sobressaem em relação aos conceitos científicos, dificultando o avanço conceitual no sentido de diminuir a fronteira entre a zona de desenvolvimento real e proximal.

Quanto a associação com a energia interna de um corpo, quatro a fizeram com calor e oito estudantes com a energia cinética de átomos e moléculas. Esse resultado difere do evidenciado na literatura que pontua que os estudantes apresentam dificuldades em associar a energia interna com a energia cinética de átomos e moléculas. Questionados sobre o que ocorre quando colocamos um termômetro em um dia de temperatura ambiente igual a 21° C, na água que apresenta temperatura mais elevada, seis alunos assinalaram que a temperatura e a energia interna do termômetro aumentariam. Outros seis que consideraram que a temperatura do termômetro aumentaria, enquanto a sua energia interna permaneceria constante. Esse resultado indica que o conceito científico de energia interna ainda está em processo de desenvolvimento, sendo possível atuar na zona de desenvolvimento real dos estudantes para que esses possam compreender melhor a energia interna e avançarem na sua zona de desenvolvimento.

Na questão nove apresentamos o seguinte enunciado: temos duas canecas de alumínio ligadas e revestidas com isopor, uma com 1 litro de água a uma temperatura de 80°C e outra, também com 1 litro de água a uma temperatura de 20°C. Encostando uma na outra, verifica-se que após certo tempo, ambas se encontram a uma temperatura média de 50°C. De acordo com o enunciado acima, você acredita que o processo inverso possa ocorrer espontaneamente, ou seja, que as massas de água, ambas agora a 50°C, voltem às temperaturas que anteriormente eram de 80°C e 20°C? Justifique. No quadro 15 apresentamos algumas das justificativas elaboradas pelos estudantes.

Quadro 15: Investigação de concepções sobre irreversibilidade.

<p><i>“Elas irão manter um equilíbrio”.</i> (E.02). <i>“As temperaturas se igualam”</i> (E.05). <i>“Não pois ela precisaria de uma fonte de calor”</i> (E.09). <i>“Não, pois o isopor irá isolar esse calor e para poder aumentar ou diminuir terá que fornecer mais energia”</i> (E.11). <i>“Sim, pois ocorrerá um equilíbrio térmico após as canecas de alumínio se encostarem”</i> (E.12).</p>

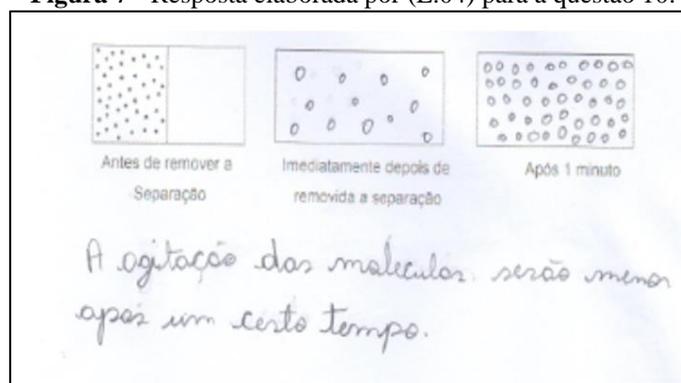
Fonte: Dados da Pesquisa.

A maioria das respostas são como as apresentadas por (E.02) e (E.05) nas quais evidenciamos que faltou compreensão do enunciado, pois não respondem sim ou não,

apresentando apenas uma afirmação solta. Em tais afirmações os estudantes empregaram erroneamente os conceitos físicos, aspecto que sugere que as concepções espontâneas influenciam em como é desenvolvido o conceito de entropia isso pode dificultar o avanço da zona de desenvolvimento real dos estudantes.

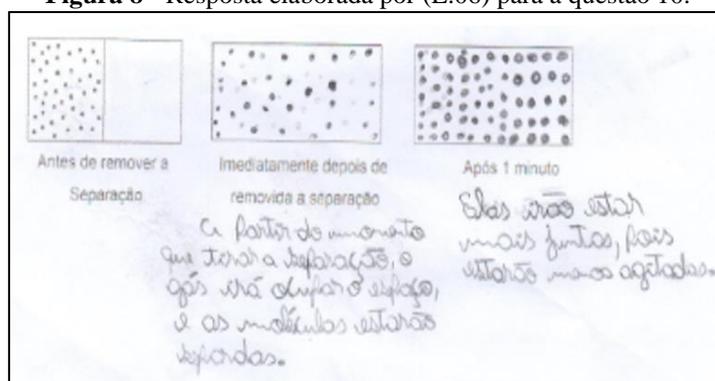
Na questão 10 apresentamos uma ilustração de uma caixa que tinha metade do seu volume preenchida com um gás e na outra foi retirado tudo que havia, produzindo-se vácuo. Os alunos foram solicitados a ilustrar o que aconteceria se a separação fosse retirada, mostrando como as partículas do gás estavam antes, imediatamente após a remoção e depois de um minuto. Além disso, precisariam explicar a ilustração produzida. A maioria das respostas são semelhantes as elaboradas por (E.04) e (E.06) indicadas nas figuras 7 e 8 respectivamente.

Figura 7 - Resposta elaborada por (E.04) para a questão 10.



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 8 - Resposta elaborada por (E.06) para a questão 10.



Fonte: dados da pesquisa.

Nos dois casos a ilustração é semelhante as elaboradas por (E.04) e (E.06). Nelas observamos que os estudantes associam a ideia do grau de agitação das moléculas com o

afastamento entre elas: quanto maior a agitação das moléculas mais afastadas elas foram representadas e com a diminuição da agitação elas são representadas mais próximas umas das outras. Esse entendimento fica implícito na justificativa elaborada por estudantes como (E.04), que afirma que a agitação das partículas será menor com o passar do tempo, representando as moléculas mais próximas após 1 minuto. Em outras, como na resposta de (E.06) essa relação é mais explícita, pois indica logo abaixo do quadro representando as moléculas após 1 minuto que “elas irão estar mais juntas, pois estão menos agitadas”. Esses resultados evidenciam que os estudantes têm dificuldades de compreender o aumento da desordem do sistema e que este conceito precisa ser abordado com clareza nas discussões sobre o assunto.

A questão seguinte solicita que os estudantes considerem que as moléculas de um certo gás ocupam todo o volume de um caixa, tal como na questão anterior. Eles precisam explicar se é possível que elas espontaneamente se concentrem, todas de um único lado do caixa, como representado na primeira imagem da figura 8. No quadro 16 apresentamos algumas das respostas elaboradas pelos estudantes.

Quadro 16: Concepções sobre a espontaneidade das moléculas em um gás.

“Não, pois elas não têm um tipo de energia, impulsionando elas para um lado só”. (E.03) “Não, à menos que uma força seja exercida” (E.04). “Não, pois não haverá nenhuma energia impulsionando elas pra um lado só” (E.07) “ Não, pois não haverá nenhuma intervenção” (E.08) “Podem, porque elas vão ficar menos agitadas e vão começar a se juntar” (E.10)
--

Fonte: dados da pesquisa.

Assim como nas respostas apresentadas no quadro 16, evidenciamos a influência das ideias de energia e força sobre a construção explicativa dos estudantes, para a situação proposta. Ao fazer uso dessas ideias eles realizam uma tentativa de acomodarem uma nova situação na zona de desenvolvimento real, sem se atentarem a limitação ou mesmo aos erros conceituais decorridos do emprego incorreto dos conceitos. Além disso, evidenciamos na resposta de (E.10) a associação da agitação das moléculas com o seu estado de organização, semelhante aos resultados da questão anterior.

Na última questão desse pré-teste pediu-se para que os estudantes imaginassem que em um terreno grande, cercado e abandonado, existia um monte de areia. Eles foram solicitados a explicar o que aconteceria com a areia com o passar do tempo, mesmo sem a intervenção de seres humanos ou mesmo de outros animais. No quadro 17 apresentamos algumas das respostas elaboradas pelos estudantes.

Quadro 17: Espontaneidade.

“*Que ela continue no mesmo lugar*”. (E.01)

“*Vai ficar inalterado*” (E.02).

“*Não acontecerá nada*” (E.6)

“*Ele vai ficar do mesmo jeito*” (E.07)

“*Continuará inalterado*” (E.8)

Fonte: dados da Pesquisa.

A maioria das respostas são semelhantes as apresentadas como exemplos no quadro 17, no qual evidenciamos que os estudantes consideram que o monte de areia não sofrerá nenhuma ação com o passar do tempo. A partir das respostas apresentadas pelos estudantes evidencia-se que eles apresentam concepções que naturalmente um sistema não poder apresentar desordem, ou seja, o sistema permanecerá inalterado, fato este que só irá mudar com a intervenção de um fator externo, demonstrando que o conceito de entropia não está desenvolvido na estrutura cognitiva dos estudantes.

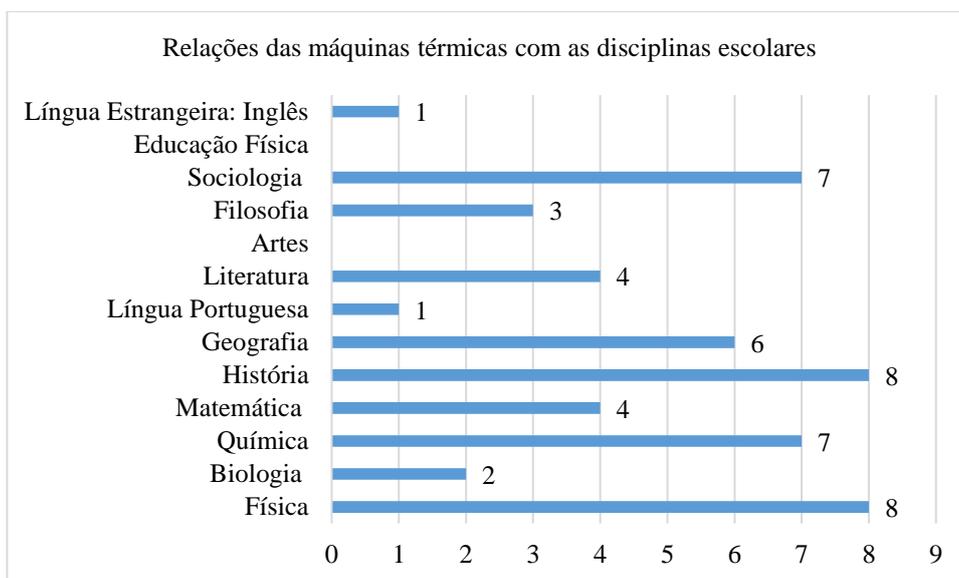
5. 1.2 Pós-teste

5.1.2.1 Sobre concepções de Natureza da Ciência e a construção do conhecimento

Assim como obtido no pré-teste, todos os 12 alunos responderam sim para a questão 1(a), sinalizando que consideram que as máquinas térmicas foram importantes para o desenvolvimento da humanidade. É possível sugerir que como os estudantes interagiram com as informações dos textos, as quais foram reforçadas pelo professor-pesquisado, no decorrer dos encontros 2E e 3E, eles modificaram algumas das concepções sobre o assunto.

Em uma nova intervenção é interessante solicitar aos alunos uma justificativa para a resposta relacionada ao impacto das máquinas na sociedade. A avaliação da explicação formulada pelo aluno possibilitaria inferir algo sobre o processo de mediação promovido nos momentos de leitura e discussão do estudo de caso histórico. Evidenciamos uma alteração interessante no quantitativo de disciplinas indicadas como associadas a abordagem conceitual de máquinas térmicas, na questão 1(b), como indicado no gráfico 7. A disciplina de Física, continuou com maior número de indicações, mas as outras disciplinas da área de ciência naturais foram ultrapassadas por Sociologia, Filosofia e História.

Gráfico 7: Respostas da questão 1b – Teste concepções sobre Natureza da Ciência.



Fonte: dados da pesquisa.

Os resultados apresentados no gráfico 7 indicam que apenas duas disciplinas não foram indicadas pelos alunos e que apenas três foram indicadas por um quantitativo igual ou inferior a dois. Esse resultado sugere o reconhecimento dos alunos da interdisciplinaridade utilizada para estruturar a abordagem histórica contextual do estudo de caso histórico intitulado o desenvolvimento da Termodinâmica no contexto da Revolução Industrial.

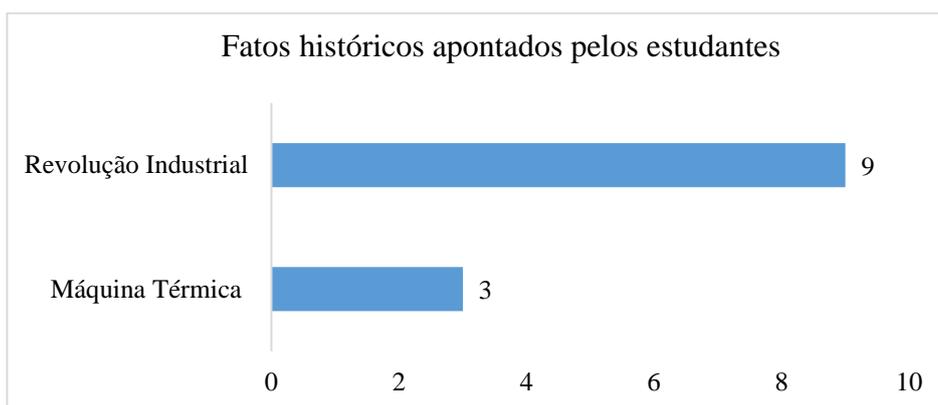
Autores como Fourez (1998) e Meirieu (2008), utilizados para discutir a importância da construção interdisciplinar de um conhecimento, pontuam que uma representação interdisciplinar deve propiciar a integração de conhecimentos de pelo menos duas caixas pretas. Salientamos aqui nosso cuidado de atender essas orientações na construção do produto educacional e, segundo o que obtivemos como resultado no gráfico 7, os alunos reconheceram essa integração, ou na leitura do material ou na mediação realizada pelo professor-pesquisador.

Com base nos estudos realizados para construção do produto educacional, e no resultado coletado a partir da sua aplicação no contexto de sala de aula, ressaltamos que uma abordagem histórica contextual, que busque a integração de aspectos internos e externos da ciência e do fazer científico, sinalizando fatores que podem influenciar a construção e aceitação de uma teoria científica é uma representação interdisciplinar. Uma representação interdisciplinar estruturada a partir de uma abordagem contextual de um estudo de caso histórico solicita a abertura de mais de duas caixas pretas, no caso fontes

primárias ou secundárias, como artigos e livros específicos, que apresentem uma discussão conceitual adequada sobre o problema estudado. Essa consulta auxilia os construtores da representação interdisciplinar a obter informações e construir novos conhecimentos sobre o problema estudado. Isso propicia a construção de uma síntese parcial, na qual os construtores realizam a integração conhecimentos, oriundos de diferentes fontes ou pontos de vista, adequando-a aos signos e linguagem que os destinatários possuem na zona de desenvolvimento real.

Quanto aos fatos históricos, apenas três alunos tinham indicado no pré-teste a Revolução Industrial como um fato histórico relacionado ao desenvolvimento das máquinas térmicas. Após a mediação promovida nos encontros 2E e 3E evidenciamos uma sensível modificação nas respostas elaboradas pelos alunos, para a questão 1(c), como podemos observar no gráfico 8.

Gráfico 8: Indicação de Fatos históricos no pós teste.



Fonte: dados da pesquisa.

A Revolução Industrial foi o fato histórico mais elencado pelos estudantes como era esperado pelo professor-pesquisador, pois o produto educacional pautou-se na construção de um estudo de caso histórico apresentando uma abordagem contextual da Termodinâmica nesse período do século XVIII. Além disso, nos encontros 2E e 3E o professor pesquisador buscou promover momentos de formação e desenvolvimento de conceitos que caracterizavam esse período. Esse processo de mediação buscou integração dos signos, instrumentos e linguagem (visual e escrita), presentes no produto educacional.

Na questão 1(d) diferentemente do pré-teste no qual nove alunos não souberam informar como as máquinas térmicas foram empregadas na sociedade do século XVIII, dez estudantes destacaram sua importância na mineração e nas fábricas que surgiram no período da revolução industrial. Os outros dois estudantes destacaram seu emprego no

setor militar, fato destacado no produto educacional num dos boxes disciplinares, indicado na figura.

Figura 8 - Box ilustrando emprego de máquinas térmicas, nos navios da marinha inglesa.



Fonte: Produto educacional (2, p. 54).

A questão 1(e) teve resultado semelhante ao pré-teste. Ela solicitava apenas a indicação de sim ou não para a afirmação: emprego dessas máquinas alterou o cenário social da época. Todos os 12 estudantes, dois a mais que na sondagem anterior, responderam que sim, mas esse resultado não sugere melhora na zona de desenvolvimento real. Salientamos a necessidade de alterar a questão solicitando uma justificativa da resposta. Dessa forma é possível sugerir algo sobre o processo de mediação realizado no decorrer de dois encontros, de 100 minutos cada, ou sobre o produto educacional. Tanto no produto quanto nos momentos em que o professor-pesquisador fez uso dele, buscou-se promover a formação e o desenvolvimento de conceitos relacionados ao estudo de máquinas térmicas e o desenvolvimento da Termodinâmica. Com a elaboração de uma justificativa seria possível avaliar adequadamente se a abordagem histórica contextual, utilizada na presente pesquisa, possibilitou aos estudantes atribuírem importância a cultura e aos aspectos sociais na construção da ciência.

Quanto as questões 1(f) e 1(g), que no pré-teste apenas cinco alunos elaboraram uma resposta para as perguntas apresentadas no quadro 18, no pós-teste todos os 12 estudantes apresentaram respostas como as exemplificadas.

Quadro 18: Respostas dos estudantes para a influência das máquinas térmicas no contexto social.

Qual o papel desempenhado pelas máquinas térmicas no contexto do século XVIII?	<p>“Para produzir tecidos, queimar minérios, locomotivas” (E. 04)</p> <p>“Bombeamento de água das minas para aumentar a produção”. (E. 06).</p> <p>“Para aumentar os estudos referente ao calor” (E.07).</p> <p>“Aumentar a produção e reduzir os custos com a mão de obra”. (E.08).</p> <p>“Aumentar a produtividade” (E.12).</p>
Como esse tipo de equipamento pode ter influenciado o contexto social do século XVIII?	<p>“No desemprego, no funcionamento das necessidades da população, que ocasionou doenças e mortes”. (E.04).</p> <p>“Aumentar a produção e reduzir os custos com a mão de obra” (E. 06).</p> <p>“As máquinas podem fazer o que um homem não conseguiu, melhora na mão de obra” (E.07)</p> <p>“Aumentou a migração de pessoas e maior produtividade” (E.08).</p> <p>“Com a invenção destas máquinas, houve maior expectativa de vida, onde muitas pessoas migram do campo p/ cidade” (E. 12).</p>

Fonte: Dados da pesquisa.

Todos os doze estudantes responderam as questões 1(f) e 1(g), apresentadas no quadro 17. Para facilitar a comparação selecionamos como exemplos apenas as respostas elaboradas pelos cinco sujeitos que responderam as mesmas no pré-teste.

Considerando todas as respostas elaboradas para 1 (f) observa-se que a maioria dos estudantes indica fatores sociais relacionados ao processo de Revolução Industrial e apenas o (E.07) associou o desenvolvimento de máquinas térmicas com o fazer científico. Além de aumentar o quantitativo de respondentes evidenciamos indícios que sugerem modificações no processo de formação de conceitos. Isso fica claro, por exemplo, na reflexão apresentada por (E.06) que considerou que o papel das máquinas era “gerar mais empregos” e após interação com os textos, mediada pelas discussões orientadas pelo professor-pesquisador pontuou sua importância no “bombeamento de água das minas para aumentar a produção”.

Considerando que nenhum dos estudantes manteve sua resposta e que elas apresentam aspectos externos e internos do fazer científico consideramos esses indicativos como avanços na zona de desenvolvimento real deles. Dessa forma a mediação realizada apresentou efeitos positivos na formação de conceitos sobre a temática.

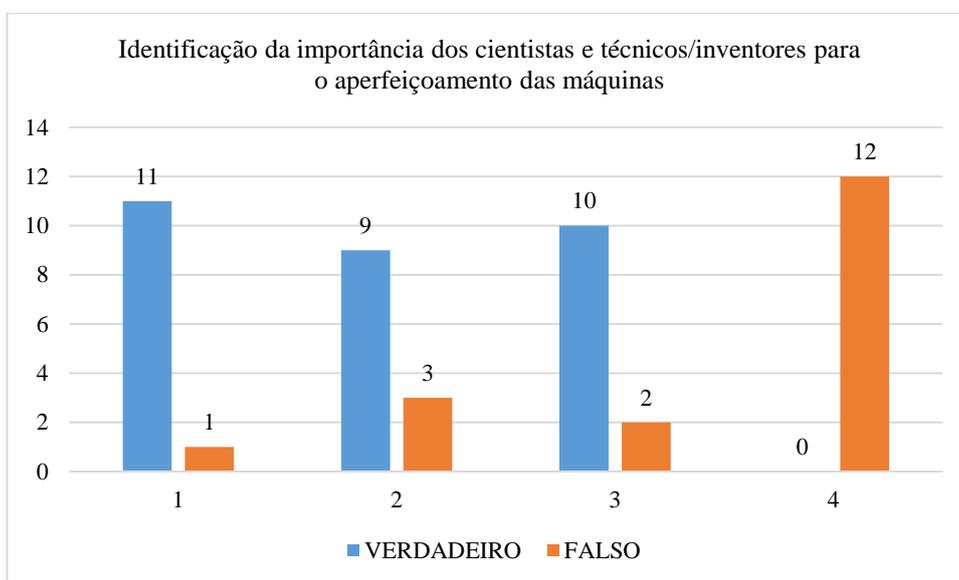
Muitas das respostas da questão 1(g) listam como impactos das máquinas térmicas na sociedade o aumento do desemprego, o êxodo rural a exploração da mão de obra almejando o aumento da produtividade. Muitos desses aspectos foram destacadas nas caixas disciplinares do produto educacional e explicitados na discussão mediada pelo professor pesquisador. Em vários momentos destacou a relação entre o desenvolvimento

dos equipamentos e dos estudos sobre o calor com o interesse social de aumentar os lucros e a concentração de renda nas mãos da burguesia.

Chamamos atenção para a resposta elaborada por (E12) que no pré-teste destacou “que foi nessa época que as coisas começaram a evoluir” e no pós-teste “Com a invenção destas máquinas, houve maior expectativa de vida, onde muitas pessoas migram do campo p/ cidade”. Nos dois casos evidenciamos que ele atribui um valor positivo ao emprego das máquinas térmicas, sugerindo que o emprego da tecnologia melhora a vida do homem, destacando sua importância no contexto social.

No gráfico 9 temos os resultados da questão 2 que solicitava que os alunos julgassem como verdadeiro ou falso afirmações apresentadas na legenda.

Gráfico 9: Concepções sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas (pós-teste).



Legenda: 1. O desenvolvimento da compreensão do funcionamento das máquinas térmicas ocorreu na área teórica para depois ter contribuições da área prática; 2. O desenvolvimento da compreensão do funcionamento das máquinas térmicas ocorreu na área prática para depois ter contribuições da área teórica; 3. Os cientistas foram importantes para a compreensão do princípio de funcionamento das máquinas térmicas; 4. Os técnicos/inventores não foram importantes para a compreensão do princípio de funcionamento das máquinas térmicas.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Em comparação com o pré-teste, apenas as respostas do tópico 4 - Os técnicos/inventores não foram importantes para a compreensão do princípio de funcionamento das máquinas térmicas – permaneceram com os mesmos resultados: os 12 estudantes assinalaram como falsa a afirmação. Isso sugere que na zona de desenvolvimento real está fortemente ligada à concepção de que as contribuições teóricas antecedem as práticas. Esse entendimento também é evidenciado nos demais resultados

evidenciados no gráfico 9, tópicos de 1 a 3: os estudantes valorizam as contribuições teóricas, apesar deles apontarem que os inventores e técnicos foram importantes para o aperfeiçoamento das máquinas térmicas.

Ressaltamos que a contradição evidenciada nas respostas dos tópicos 1 e 2 sugerem que os estudantes não compreenderam adequadamente a questão, e que o processo de mediação foi falho em diferenciar o que seriam as contribuições das áreas prática e teórica. Mesmo o professor-pesquisador ter frisado o que também estava destacado no produto educacional, ou seja, que a contribuição prática antecedeu a teórica no caso do estudo das máquinas térmicas e seu princípio de funcionamento, isso aparentemente não ficou claro.

Comparando os resultados com o pré-teste (gráfico 3) evidenciamos a inversão no quantitativo de respostas no tópico 2, do gráfico 9 o que poderia sinalizar que os estudantes mudaram o entendimento sobre o reconhecimento da influência da criatividade e da imaginação no processo de construção do conhecimento. Entretanto, os resultados do tópico 1 indicam a negação disso e sugerem que a interação realizada não modificou a zona de desenvolvimento real. Prevaleceu a visão divulgada em muitos materiais didáticos e aulas de ciências como discutido em trabalhos como o de Teixeira, Freire-Júnior e El-Hani (2009).

Na terceira questão, as 12 respostas indicaram a possibilidade de uma teoria científica passar por mudanças no decorrer da história. Esse resultado é congruente com o evidenciado no pré-teste e sugere que os estudantes já concebiam de forma básica que as teorias científicas são construções humanas e passíveis de modificações. Novamente pontuamos a necessidade de modificar a questão, inserindo uma justificativa para a resposta elaborada pelo estudante, pois assim seria possível inferir algum julgamento sobre a interação com o produto educacional e a mediação realizada pelo professor-pesquisador.

Esse aspecto também desse ser considerado nas demais questões desse questionário, pois apesar de evidenciarmos um aumento no quantitativo de respostas que na quarta questão indicaram que as condições sociais são importantes para o desenvolvimento da ciência (11 estudantes), na quinta atribuíram que o processo de desenvolvimento científico não é realizado de forma individual (9 estudantes) e, na sexta consideram o processo de construção das máquinas térmicas não ocorre em um laboratório com práticas científicas rígidas, a falta de uma justificativa não possibilita

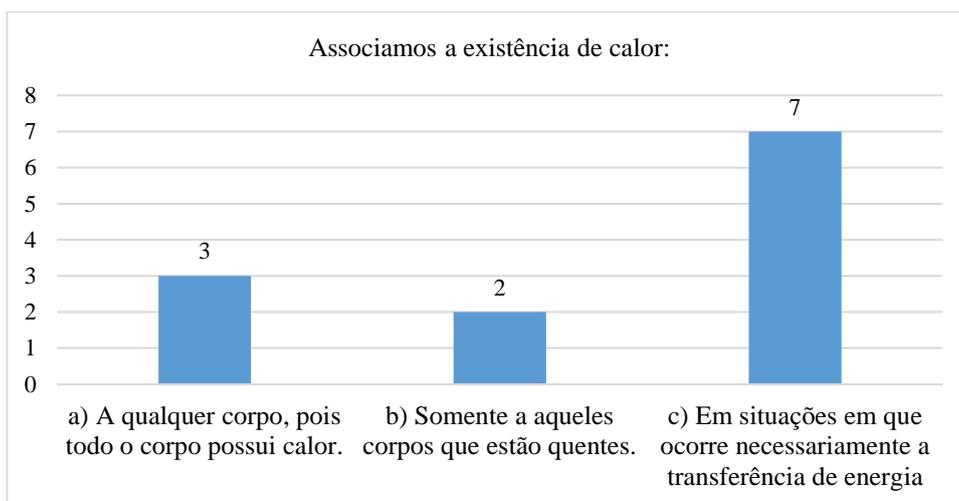
tecer uma avaliação adequada. Os resultados indicam apenas que mais estudante reconhecem que a ciência é uma construção coletiva, que as condições sociais influenciam as práticas científicas e os cientistas e estas também exercem influência na sociedade.

5.1.2.2 Sobre concepções de Termodinâmica

Após a leitura individual dos textos que compõem o produto educacional desenvolvido nessa pesquisa de mestrado e posterior leitura coletiva e discussão, mediada pelo professor-pesquisador, os estudantes responderam as questões sobre concepções de Termodinâmica. No encontro 4E os estudantes responderam as questões sobre Natureza da Ciência e Termodinâmica, novamente, após a utilização do produto educacional, nos encontros 2E e 3E.

No gráfico 10 temos os resultados obtidos para a primeira questão.

Gráfico 10: Resultado da questão 1 do pós- teste de Concepções de Termodinâmica.

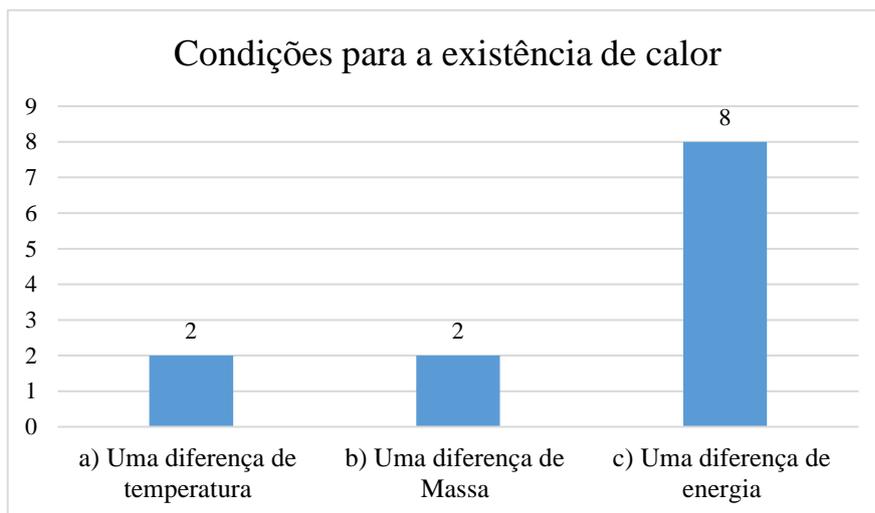


Fonte: Dados da Pesquisa.

Em comparação com os resultados do pré-teste não temos diferenças significativas: a maioria dos estudantes associam a existência do calor a situações que envolve a transferência de energia, diminuiu a quantidade de alunos que atribuem a existência de calor a qualquer corpo, mas aumentou a quantidade que considera sua existência relacionada apenas a corpos quentes. Isso não nos permite sugerir um avanço na sua zona de desenvolvimento real balizado pelas concepções científicas que auxiliam esse processo, pois a maioria passou de seis para sete alunos.

Esses resultados continuam semelhantes aos apresentados na literatura, como o realizado no trabalho de Martins e Rafael (2010). Para a segunda questão é apresentado no gráfico 11 as respostas dos estudantes relacionadas a condição para a existência de calor.

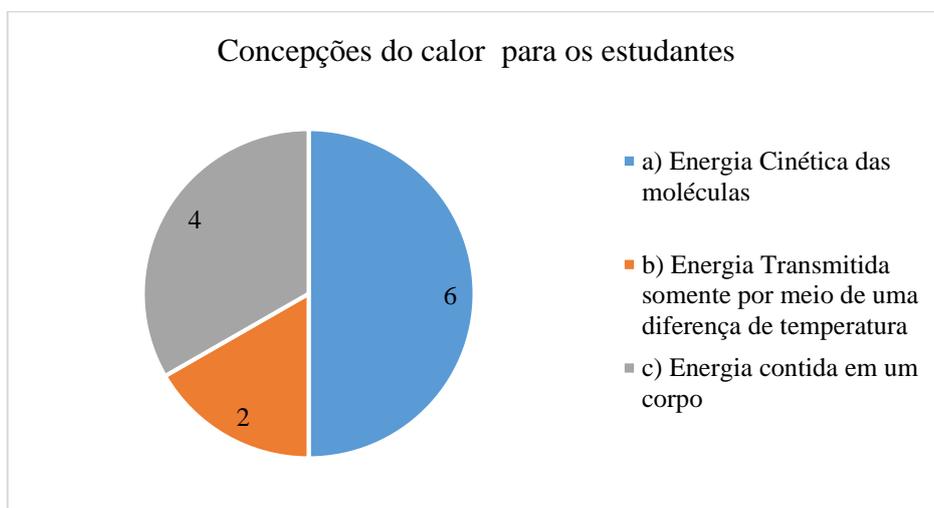
Gráfico 11: Resultado da questão 2 do pós- teste de Concepções de Termodinâmica.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados apresentados no gráfico 11 apresentam uma diferença significativa em comparação com o pré-teste: diminui a indicação em relação a diferença de temperatura, aumenta a que considera a necessidade de diferença de energia, mas temos duas indicações sinalizando a diferença de massa, antes não explicitada. No gráfico 12 temos os resultados da questão 3.

Gráfico 12: Resultado da questão 3 do pós-teste de Concepções de Termodinâmica.



Fonte: Dados da Pesquisa.

No gráfico evidenciamos que seis dos estudantes assinalaram que o calor é a energia cinética das moléculas, dois a mais que no pré-teste. Quatro mantiveram o entendimento de calor como algo contido num corpo, mantendo o quantitativo de interpretação substancialista, resultado também evidenciado em pesquisas como as de Köhnlein e Peduzzi (2002) e Louzada, Elia e Sampaio (2015). E, apenas dois estudantes mantiveram a concepção de calor como energia transmitida somente por meio de uma diferença de temperatura.

Esse resultado nos leva a sugerir que o ensino formal é pouco eficaz na construção de conceitos, mesmo quando propicia a interação com um produto educacional que elaborado com o objetivo de favorecer a apresentação de conceitos a partir de diferentes pontos de vista, tal como numa abordagem histórica contextual. Os resultados nos levam a concordar com Köhnlein e Peduzzi (2002, p. 32) de que “[...] a resistência à mudança é uma característica forte das concepções alternativas, independentemente do grau de estudo”. Eles pontuam como concepções comuns entre os alunos o entendimento de que:

[...] o calor é geralmente associado a uma fonte ou a um estado; utiliza-se tanto o calor como a temperatura para designar um estado quente [...] interpreta-se também a temperatura como a medida da mistura de calor e de frio dentro de um objeto [...] a maioria dos alunos consideram que a temperatura de fusão e ebulição é independente da massa de gelo e água respectivamente [...] uma das dificuldades que apresentam os alunos a respeito do conceito de calor é a diferenciação deste como processo frente a uma propriedade interna da matéria como muitas vezes se associa [...] a transmissão de calor através de uma barra metálica explica-se como a acumulação deste em uma parte da barra que vai propagando-se como um fluido ao outro extremo da mesma (KÖHNLEIN e PEDUZZI, 2002, p. 26).

Essas concepções espontâneas com pouco poder preditivo, tal como as apresentadas na citação anterior, geralmente prevalecem na zona de desenvolvimento real dos alunos. Em alguns casos elas permanecem, mesmo após iniciativas que atuam na zona de desenvolvimento proximal, promovidas pela leitura e discussão de conceitos relacionados ao estudo do calor, como a promovido nessa pesquisa, por exemplo.

Concordamos com a discussão apresenta por esses autores que pontuam que a física térmica é um dos conhecimentos disciplinares mais complexos de se ensinar e aprender. Ela implica na formação de conceitos sobre os fenômenos térmicos em nível microscópicos, visão de partículas, e modificação da zona de desenvolvimento real em relação as concepções construídas, a partir de observações macroscópicas.

Os resultados só nos permitem afirmar que as concepções espontâneas ainda persistem e provavelmente dificultam o avanço da zona de desenvolvimento real dos estudantes. Mantemos o entendimento de que uma atividade de ensino utilizando a abordagem histórica contextual pode contribuir para potencializar as concepções científicas dos estudantes, visto que é bem diferente de uma atividade formal de interação com a zona de desenvolvimento proximal.

Para a quarta questão oito estudantes apontaram que a água a 0°C apresenta menos energia estando a 0°C do que o gelo com a mesma temperatura. Dois consideraram que a água apresenta mais energia e outros dois que tem igual quantidade. Em comparação com o pré-teste evidenciamos que se manteve o perfil subjetivo, intuitivo, concreto e de fácil explicação, que geralmente tem pouco poder explicativo (SIMÕES-NETO e AMARAL, 2017). Em relação a quinta questão, diferentemente do pré-teste, todos os estudantes indicaram que as barras de aço, com temperatura de 20°C e 100°C, entram em equilíbrio térmico após certo tempo de contato, como podemos evidenciar nos exemplos indicados no quadro 19.

Quadro 19: Resultado da questão 5 do pós-teste de Concepções de Termodinâmica.

“Sim, pois elas podem se agrupar de um só lado da caixa”. (E.03)

“Não, pois terá que haver uma energia ” (E.04).

“Apenas se ocorrer algum movimento” (E.07)

“ Não, ela vai apenas se agruparem ” (E.08)

“Sim, por que elas irão ficar menos agitadas” (E.10)

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados demonstram que os estudantes conseguiram estabelecer de forma integral a coexistência entre as concepções espontâneas e científicas. Na sexta questão os estudantes precisavam escolher entre três alternativas o que ocorre quando se insere um termômetro, num recipiente com água que apresenta temperatura mais elevada que a ambiente, está com valor de 21° C. Os resultados indicam que apenas três estudantes apontaram que a energia interna está relacionada com a mudança para o estado a vapor. Três responderam que é o calor contido nela e seis estudantes indicaram a temperatura. Isso reflete as concepções espontâneas dos estudantes, com isso a abordagem histórica possibilitou o avanço conceitual dos estudantes, porém eles ainda utilizam as concepções

espontâneas para elucidar as suas compreensões sobre o calor, demonstrando que é necessário aprofundar as discussões sobre o calor utilizando várias estratégias.

Na questão 7 e 8 evidenciamos que as concepções espontâneas ainda estão sendo utilizadas de forma preponderante pelos estudantes. Isso sugere que a atividade realizada com os alunos não influenciou no avanço da zona de desenvolvimento real dos estudantes, porém consideramos que essa é uma mudança que ocorre de forma lenta e gradual. Precisamos reforçar o conceito de energia interna, pois ele ainda não se desenvolveu de forma plena, sendo necessário atuar na zona de desenvolvimento proximal dos estudantes para promover avanços conceituais.

Ao avaliarem a situação da questão 9, na qual duas canecas de alumínio, ligadas e revestidas de isopor, continham cada uma 1 litro de água, uma com temperatura de 80°C e a outra 20°C. Após certo tempo de contato verifica-se que ambas se encontram a uma temperatura média de 50°C. Questionados sobre o que achavam sobre a possibilidade de ocorrência do processo inverso, ou seja, que cada 1l de água, com 50°C, voltem às temperaturas que anteriormente eram de 80°C e 20°C, apresentaram respostas como as indicadas no quadro 20.

Quadro 20: Concepções dos estudantes sobre irreversibilidade.

<p>“Não, a menos que exerça calor em uma delas”. (E.02). “Não, pois o calor já vai ser dividido. Eles não voltam na mesma temperatura” (E.05). “Não, porque o calor não diminuiu só aumenta ” (E.09). “O calor da caneca de 80° C é transferido para a de 20° C, ficando igualador” (E.11). “Sim, porque elas equilibram o calor” (E.12).</p>

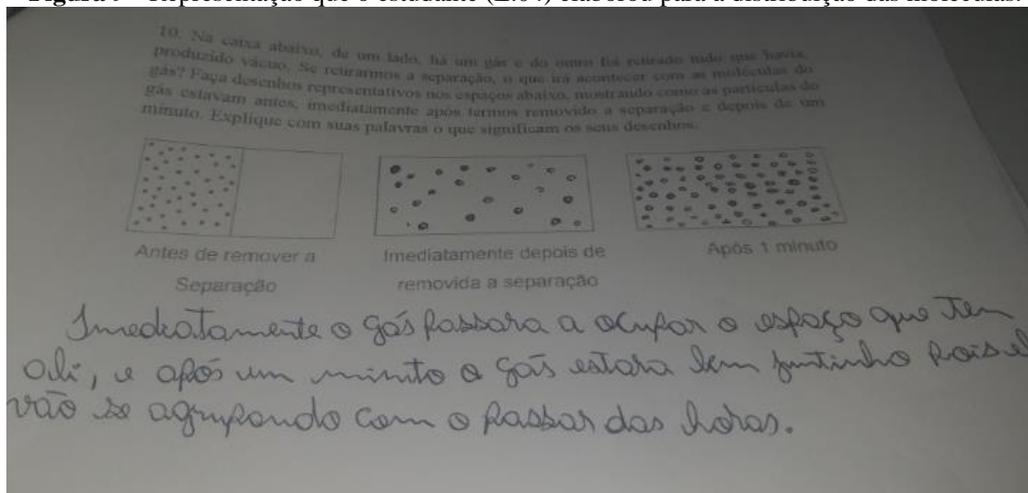
Fonte: Dados da pesquisa.

Respostas como as apresentadas no quadro 20 sinalizam as construções elaboradas pelos alunos como justificativa. Elas sugerem que eles ainda não desenvolveram completamente o entendimento da irreversibilidade. Uma causa provável para esse resultado pode relacionar-se ao fato que durante o processo de mediação não se abordou de forma direta esse conceito sendo, portanto, necessário estruturá-lo de forma mais explícita.

Assim como no pré-teste evidenciamos que os estudantes relacionaram na questão 10, na qual foram solicitados a representar o estado de agitação de partículas gasosas, quando dispostas em um recipiente com maior volume evidenciamos que o afastamento das moléculas continua sendo relacionado com o grau de agitação delas.

Os estudantes continuam indicando que o conceito de entropia ainda está em processo de desenvolvimento. As respostas elaboradas pelos estudantes para a questão 10 são semelhantes ao apresentado como exemplo na figura 9.

Figura 9 - Representação que o estudante (E.04) elaborou para a distribuição das moléculas.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na justificativa elaborada por (E.04) ele afirma que as moléculas do gás se distanciam quando se retira a separação, mas não explica o motivo disso. Outro detalhe que chamou nossa atenção é que na ilustração após um minuto ele representa o reagrupamento inserindo uma quantidade maior de moléculas na caixa. Nos dois casos, não fica claro o tipo de conceito presente na sua zona de desenvolvimento real.

Como esse tipo de resposta é comum entre os 12 estudantes acreditamos que a interação com o material e a mediação não ocorreu dentro dos limites da zona de desenvolvimento proximal e dessa forma não contribuíram com a construção de conceitos. Após as interações promovidas nos encontros 2E e 3E evidenciamos que os alunos continuaram explicando a possibilidade das moléculas do gás espontaneamente se concentrem, todas de um único lado do caixa, mobilizando concepções semelhantes as empregadas no pré-teste. Além de apresentarem ideias relacionadas ao conceito de energia e de força, também empregam palavras como movimento e agitação. Podemos evidenciar essa relação nos exemplos apresentados no quadro 21.

Quadro 21: Concepções sobre a espontaneidade das moléculas.

“Sim, pois elas podem se agrupar de um só lado da caixa”. (E.03)

“Não, pois terá que haver uma energia ” (E.04).

“Apenas se ocorrer algum movimento” (E.07)

“ Não, ela vai apenas se agruparem ” (E.08)

“Sim, por que elas irão ficar menos agitadas” (E.10)

Fonte: dados da pesquisa.

Os exemplos apresentados no quadro 21 sugerem que o conceito de espontaneidade ainda está em desenvolvimento. A interação com o produto educacional não ocorreu na zona de desenvolvimento proximal e os resultados sugerem que ele precisa contemplar, com maior abrangência, os conceitos de entropia e os processos de irreversibilidade e de espontaneidade. O desenvolvimento desses conceitos no contexto de uma atividade de ensino deve promover a realização de procedimentos analíticos e descritivos. No quadro 22 apresentamos algumas das respostas elaboradas para a questão 12, na qual os alunos tinham que explicar o que aconteceria com um monte de areia, depositado num terreno, sujeito a ação do tempo, por determinado período.

Quadro 22: Concepções dos estudantes sobre a espontaneidade.

<p><i>“Ela ficara do mesmo jeito pois não terá um fator para alterá-la”.</i> (E.01)</p> <p><i>“Se não houver intervenção de nenhum ciclo, o monte de areia continuará do mesmo jeito</i> (E.02).</p> <p><i>“Depois de um tempo a areia continuará do mesmo estado que foi encontrado”</i> (E.6)</p> <p><i>“Nada, pois sem intervenção de outros a areia continuará sem modificações”</i> (E.07)</p> <p><i>“Nada, pois não teve ação para movê-las de lugar”</i> (E.8)</p>

Fonte: dados da pesquisa.

A comparação das respostas do pré-teste com as elaboradas no pós-teste evidencia que os estudantes não avançaram na zona de desenvolvimento real em relação ao conceito de entropia. É necessário estabelecer de forma mais implícita a evolução da Termodinâmica com o desenvolvimento histórico da entropia para que os estudantes possam identificar de forma mais evidente esse conceito e internalize para poder aplicar em diferentes situações.

5.2 As questões norteadoras dos textos didáticos com abordagem contextual histórica

Nos encontros 2E e 3E utilizamos o produto educacional elaborado com base no emprego da metodologia de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar. Como síntese final da representação interdisciplinar, elaboramos um produto educacional pautado na abordagem contextual de um estudo de caso histórico: o desenvolvimento da Termodinâmica no contexto da Revolução Industrial. Esse produto educacional foi dividido em duas partes Texto I - A Revolução Industrial e o desenvolvimento das máquinas térmicas, utilizado no encontro 2E e Texto II - A natureza do calor e a constituição da Termodinâmica, lido e discutido com os alunos no encontro 3E. Após a

leitura e discussão das informações apresentadas no estudo de caso histórico contido em cada um dos textos.

Para análise das respostas elaboradas pelos alunos utilizamos dos aportes teóricos que nortearam a presente pesquisa, buscando identificar características conceituais que permitissem avaliar a zona de desenvolvimento real dos estudantes, sobre os assuntos. Considerando as reflexões sobre o tipo de abordagem sobre a Natureza da Ciência, após uma pré-análise das respostas, classificamo-las como Internalista, Externalista e contextual/integrada, tomando por base evidências de características consideradas consensuais na literatura da área de ensino.

5.2.1 As questões norteadoras sobre a Revolução Industrial e o desenvolvimento das máquinas térmicas

No quadro 23 podemos observar que para a primeira questão do Texto I apenas uma das respostas tem características que remetem a utilização de uma perspectiva integrada entre as abordagens e nenhuma para abordagem internalista. A maioria dos alunos elaborou respostas como as apresentadas como exemplos no quadro 23, que remetem a características consensuais de abordagem externalista da Natureza da Ciência. Esses exemplos foram escolhidos aleatoriamente.

Quadro 23: Exemplos de respostas obtidas na questão 1 do primeiro texto histórico/didático.

Questão: Quais são os fatores que permitiram o surgimento da Revolução Industrial na Inglaterra?		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre a Natureza da Ciência
Internalista	-	-
Externalista	<p><i>“A privilegiada concentração geográfica, seus desenvolvimentos em indústrias bélicas, principalmente a marinha” (E.02).</i></p> <p><i>“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).</i></p>	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social
Contextual/ Integrada	<p><i>“Inventores competentes foram fundamentais para melhorar as máquinas e permitir a criação de condições favoráveis para a implantação de industriais em larga escala ” (E.05).</i></p> <p><i>“Fazer com que a produção fosse maior para ter maiores lucros e menos mão de obra” (E.06).</i></p>	<p>O conhecimento científico tem caráter empírico.</p> <p>O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.</p>

Fonte: dados da pesquisa.

As respostas apresentam indícios de características consensuais evidenciadas na literatura da área de ensino: 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.

No decorrer do encontro 2E buscou-se promover uma reflexão sobre o caráter cultural e social da ciência de forma a propiciar aos estudantes: reconhecerem que o conhecimento científico pode mudar com o decorrer do tempo; identificar e listar possíveis abrangências e limitações no processo de construção do conhecimento científico.

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 aos estudantes a valorizar a ciência e seu conjunto de conhecimentos. Entretanto, isso 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.

Realizar um ensino a partir de uma abordagem cultural e social da ciência contrapõem-se a forma como ela é ensinada na Educação Básica: como um dogma inquestionável, baseado em teorias que não sofrem transformações ao longo da história humana. Essas características refletem a estruturação de um ensino no modelo taylorista, ou seja, baseado na produção em larga escala e padronizada. Muitas vezes expresso em termos quantitativos de aprovações em exames, no contexto da instituição de ensino ou num nível mais amplo como os exames vestibulares/Enem.

Pontuamos a importância de um Ensino de Ciências que valorize a abordagem cultural e social da produção do conhecimento científico, que provoque o desenvolvimento de um pensamento crítico e não apenas se preocupa em fornecer informações. Um Ensino de Ciências que não tenha como objetivo apenas a memorização de conhecimentos, para posterior reprodução exames classificatórios como vestibular e Enem. Um ensino estruturado na reflexão sobre a Natureza da Ciência, que auxilie professores e alunos a romperem com a mera memorização de informações não relacionadas e que seja capaz de promover uma discussão de como a ciência se desenvolve e evolui, fomentando a construção do pensamento crítico dos estudantes.

A segunda questão respondida pelos alunos após o encontro 2E buscou orientar a reflexão sobre a necessidade do emprego das máquinas térmicas nas minas de carvão, no período da Revolução Industrial. No quadro 24 evidenciamos que nenhuma das respostas foi classificada na categoria que sugere indícios de uma abordagem internalista. Nenhuma das respostas apresentava indícios que sinalizam a importância de processos de construção científica aliada aos aspectos lógicos, experimentais. Esse resultado pode ser reflexo da forma como a questão foi formulada.

Na avaliação das respostas identificamos informações características de uma abordagem integrada ou externalista, tais como evidenciadas nos exemplos apresentados no quadro, selecionados de forma aleatória.

Quadro 24: Exemplos de respostas obtidas na questão 2 do primeiro texto histórico/didático.

Questão: Por que as máquinas térmicas à vapor foram empregadas nas minas inglesas?		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre a Natureza da Ciência
Internalista	-	-
Externalista	<p>“Porque geralmente nas escavações, cortavam os lençóis freáticos ocorrendo infiltrações, e para que retirasse à 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/ Integrada	<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 à 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: Dados da pesquisa.

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 essa 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 externo 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 essa discussão em muitos materiais didáticos, geralmente carregados de distorções conceituais, o produto educacional primou pela apresentação de informações que sinalizassem a provisoriade da ciência, bem como, a importância dos experimentos de caráter empírico no decorrer do processo.

Seguindo orientações da literatura, o professor/pesquisador, no decorrer da leitura e discussão do texto histórico, realizadas no encontro 2E, chamou atenção dos alunos para os aspectos consensuais da Natureza da Ciência. A discussão de tais aspectos, ressaltados no produto educacional, foi potencializada pela construção de uma abordagem contextual que parte do contexto da elaboração do conhecimento científico, evidenciando algumas características comuns ao processo científico e que podem ser influenciadas por aspectos culturais e sociais (MARTINS, 2015).

Ressaltamos nosso entendimento de que uma abordagem contextual deve proporcionar aos alunos a compreensão de questões relevantes como os fatores culturais, sociais e os políticos, que exercem influências sobre a ciência e a forma em que ela é desenvolvida. Uma discussão pautada na integração de fatores internos e externos ao fazer científico pode contribuir para o avanço do entendimento dos estudantes sobre a Natureza da Ciência, modificando sua zona de desenvolvimento real.

No quadro 25 apresentamos a terceira questão respondida pelos alunos, após a leitura e discussão do texto histórico, empregado no encontro 2E. 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 internalista.

Quadro 25: Exemplos de respostas obtidas na questão 3 do primeiro texto histórico/didático.

Questão: Apresente os pontos favoráveis e desfavoráveis das máquinas de Savery, Newcomen e Watt?		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre a Natureza da Ciência
Internalista	-	-
Externalista	-	-
Contextual/ Integrada	<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.

Provavelmente a forma como a questão foi formulada não possibilitou a mobilização de informações associadas à necessidade social de ampliar a produção industrial e diminuir os prejuízos no processo de extração de matéria prima. Apesar de identificarmos, na maioria das respostas, uma menção a 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, ocasionados pelas frequentes explosões.

Esperávamos nas respostas dos alunos, indícios mais explícitos da influência da abordagem contextual, no que se refere ao desenvolvimento das máquinas térmicas, almejando atender uma demanda social. Ressaltamos que na leitura e discussão do texto não tivemos como meta apresentar uma única visão de ciência para os estudantes. Buscamos promover uma reflexão sobre como o empreendimento científico é construído e que ele está sujeito a influências de fatores internos e externos aos interesses da academia. O objetivo pedagógico do encontro 2E era promover uma alteração na zona de desenvolvimento real dos estudantes, cujos resultados do pré-teste sugeriam que a maioria deles não considerava a influência do contexto social na construção do conhecimento científico.

O estabelecimento de metas e objetivos levou em consideração apontamentos defendidos por várias pesquisas na área de ensino. Autores como a de Moura e Guerra (2016), Azevedo e Scarpa (2017), Santos (2018), Schiffer e Guerra (2019) preconizam pela humanização da ciência, por meio de um ensino historicamente contextualizado, sem distorções conceituais. Ressaltam também a importância da utilização da Natureza da Ciência como estratégia mediadora de um processo de ensino, capaz de propiciar o desenvolvimento de uma concepção humanizada da atividade científica.

A quarta questão, respondida pelos estudantes após a leitura e discussão do primeiro texto histórico, no encontro 2E, apresentou uma concentração de fatores externalista, como indicado no quadro 26.

Quadro 26: Exemplos de respostas obtidas na questão 4 do primeiro texto histórico/didático.

Questão: O processo de mecanização dos meios de produção teve impactos na sociedade? Justifique		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre a Natureza da Ciência
Internalista	-	-
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>	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e

	<p><i>“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).</i></p> <p><i>“Sim, desemprego, doenças, baixos salários, exploração de mão de obra” (E.11).</i></p> <p><i>“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).</i></p>	social e vice versa.
Contextual/Integrada	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar a resposta dos alunos (E.04), (E.05) e (E.12) identificamos apontamentos diferentes dos emitidos na questão 1g) do pré-teste: “Seu papel era retirar a água, ou seja, era utilizado para bombear água de um lado para o outro” (E. 04); “Gerar mais empregos”. (E. 06); “essas máquinas foram importantes para aumentar os estudos referente ao calor, com o intuito de aperfeiçoar as máquinas térmicas, que foram importantes para o desenvolvimento da termodinâmica” (E.12).

Tais resultados sugerem que o emprego do produto educacional promoveu o Ensino de Ciências com uma visão diferente da forma descontextualizada e neutra das aulas tradicionais. Após a mediação realizada no encontro 2E os estudantes modificaram suas respostas, sinalizando o reconhecimento da influência do desenvolvimento científico no contexto social.

Esses 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 com o desenvolvimento de competências associadas ao posicionamento crítico frente a ciência e seu processo de construção. A abordagem contextual da História da Ciência pode promover o afastamento de concepções que sinalizam que a ciência e resultado do trabalho de grandes cientistas, sujeitos geniais que vivem isolados do mundo cultural e social e que não são influenciados por estes.

O emprego de uma abordagem contextual histórica, que valoriza diferentes pontos de vista do fazer científico, que materializa uma representação interdisciplinar de uma construção científica como a da Termodinâmica, pode ser uma possibilidade de enfrentamento das dificuldades enfrentadas no Ensino de Ciências na atualidade. Ela faz

frente a uma abordagem tradicionalista, presente em muitas aulas de ciências e que muitos pesquisadores apontam como problemática, como evidenciado na pesquisa bibliográfica.

A discussão de aspectos consensuais da Natureza da Ciência, a partir de uma abordagem contextual histórica, possibilita a compreensão da construção dos conhecimentos científicos no contexto social que a norteou. No caso desse trabalho, a discussão materializada no produto educacional apresenta a construção da Termodinâmica como um empreendimento social, que influencia e é influenciado pelo fazer científico: os estudos sobre o calor se desenvolveram a partir da necessidade de melhoramento das máquinas térmicas e esses equipamentos foram aprimorados com base nesse desenvolvimento científico.

No encontro em que fizemos uso do referido produto educacional buscamos favorecer a internalização dos aspectos consensuais da Natureza da Ciência, para que os estudantes, por meio das relações sociais em sala de aula, mediadas pelo professor no decorrer da leitura e reflexão do texto, não apenas copiassem dele suas respostas. O professor buscou evitar um processo mecânico de aprendizagem, promovendo discussões que favorecessem a internalização desse conjunto de conhecimentos, tornando-se parte deles.

Vale ressaltar que compartilhamos do entendimento de Schroeder, Ferrari e Mastrelli (2009) de que a internalização é um processo que advém do desenvolvimento ontogenético, que ocorre da dimensão interpessoal, ou seja, no nível interpsicológico para a dimensão intrapessoal, que representa o nível intrapsicológico. A constituição do conhecimento dos estudantes é internalizada com a transformação construtiva que ocorre a partir da interação entre as dimensões, primeiramente intersubjetivas, que são as sociais, para as intrasubjetivas. A partir dessa interação é que os significados são construídos socialmente e são internalizados, para que os estudantes construam assim, seus próprios sentidos. Diante dessa discussão as respostas fornecidas pelos estudantes permitem fornecer indicativos que está ocorrendo este processo de internalização, fomentado pela mediação que o texto histórico apresentou acerca da constituição da Termodinâmica.

5.2.2 As questões norteadoras sobre a natureza do calor e a constituição da Termodinâmica

Assim como efetuamos na análise das respostas elaboradas no encontro 2E, empregamos os mesmos aportes teóricos para avaliar as construções textuais elaboradas

pelos alunos após leitura e discussão do Texto II. Nos quadros 27 e 28, apresentamos algumas das respostas elaboradas pelos estudantes para a primeira e segunda questão do Texto II. A análise delas evidenciou características que remetem a abordagem histórica externalista. Emergiram nas ideias dos alunos a característica consensual de que o conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social (LERDMAN, 2006).

Quadro 27: Exemplos de respostas obtidas na questão 1 do segundo texto histórico/didático.

Questão: Qual a importância que as máquinas térmicas tinham para a Inglaterra?		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre a Natureza da Ciência
Internalista	-	-
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>	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.
Contextual/Integrada	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 28: Exemplos de respostas obtidas na questão 2 do segundo texto histórico/didático.

Questão: Por que Carnot, interessou-se pelo estudo das máquinas térmicas?		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre Natureza da Ciência
Internalista	-	-
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>
Contextual/Integrada	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim sendo, é evidenciado que as respostas dos estudantes estão indicando que a construção do conhecimento científico tem relação com o contexto histórico e social e os cientistas estão imersos na cultura de uma determinada sociedade e isso irá refletir nas

suas práticas científicas que no caso da Revolução Industrial, direcionou pesquisas para aperfeiçoar as máquinas térmicas. No quadro 29 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 a condição real do nível de desenvolvimento proximal dos estudantes.

Quadro 29: Exemplos de respostas obtidas na questão 3 do segundo texto histórico/didático.

Questão: Como Carnot, obteve as suas conclusões acerca das máquinas térmicas?		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre Natureza da Ciência
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.
Externalista	-	-
Contextual/Integrada	-	-

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 reconheçam a importância que ciência tem para a humanidade, demonstrando a mútua influência entre ambas. No quadro 30 apresentamos a questão 4 do Texto II e alguns exemplos de respostas elaboradas pelos alunos.

Quadro 30: Exemplos de respostas obtidas na questão 4 do segundo texto histórico/didático.

Questão: Com o avanço da industrialização, as máquinas térmicas foram as responsáveis pelo aumento das desigualdades sociais? Justifique.		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre Natureza da Ciência
Internalista	-	-
Externalista	“Sim a sociedade era impactada como a mecanização dos meios de produção e conseqüente acúmulo de dinheiro, devido a exploração de mão de obra da classe operária, cidades superlotadas e condições de vida sub-	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social.

	<p><i>humanas com enriquecimento da classe burguesa”</i>. (E.06).</p> <p><i>“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</i> (E.09).</p> <p><i>“Sim a sociedade era impactada com a mecanização dos meios de produção e conseqüentemente acúmulo de capital, resultante da exploração da mão de obra da classe operária”</i> (E.10).</p>	
Contextual/Integrada	-	-

Fonte: dados da pesquisa.

As respostas obtidas nessa questão 4 sugere que uma abordagem contextual histórica tal como a utilizada na presente pesquisa pode promover uma maior reflexão sobre como é construída uma teoria científica como a da Termodinâmica. Destacamos que além da interação com o produto educacional os alunos interagiram com o professor/pesquisado durante a leitura e reflexão das informações inseridas na textualização do estudo de caso histórico. Nesse momento salientamos que a ciência é fruto de uma construção coletiva, de um processo sujeito a erros e acertos e que os protagonistas/cientistas não são pessoas dissociadas do meio cultural e social. A concepção desse processo de mediação levou em consideração pesquisas como a de Moura e Guerra (2016), que afirmaram que a ciência é um produto cultural, que ela passa por transformações ao longo da História e que seu processo de construção está sujeito a mudanças tais como a forma em que as práticas científicas são realizadas.

Em relação a quinta questão quadro 31, um dos estudantes teve resposta que remete as características integrada enquanto outros tiveram respostas que remete a abordagem externalista. Com isso o conhecimento dos estudantes sobre ciências permite que os estudantes desenvolvam habilidades para a tomada de decisões em uma sociedade cada vez mais complexa e que demanda de um posicionamento crítico frente as questões sociocientíficas.

Quadro 31: Exemplos de respostas obtidas na questão 5 do segundo texto histórico/didático.

Questão: Quais fatores contribuíram para o estudo de Joule, acerca do calor?		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre Natureza da Ciência
Internalista	-	-
Externalista	<i>“Expansão de industrialização, implantação de fábrica de cerveja rendimentos financeiros e também para o aperfeiçoar esse equipamento”</i> (E.07).	O conhecimento científico é influenciado pelos

	<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>	contextos cultural e social.
Contextual/Integrada	<i>“Originalmente o ganho financeiro obviamente, ligado com as necessidades sociais da época” (E.05).</i> -	-

Fonte: Dados da Pesquisa.

Para a sexta questão quadro 32 é evidenciado o caráter empírico do conhecimento científico, porém devido a 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. Sendo assim, o material didático histórico permite essa abordagem de forma a não propiciar a visão de uma ciência com etapas rígidas que sempre leva a resultados esperados e sim que o conhecimento empírico faz parte do conjunto de características essenciais para entender como é construída a ciência.

Quadro 32: Exemplos de respostas obtidas na questão 6 do segundo texto histórico/didático.

Questão: Os estudos de Joule, permitiram a refutação da teoria do calórico? Justifique.		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre Natureza da Ciência
Internalista	<i>“ 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).</i> <i>“Sim, pois ele não utilizou cálculos matemáticos, que era muito considerado naquela época, porém seu estudo serviu de base para que se entenda-se o calor” (E.07).</i> <i>“Sim, pois conseguiu demonstrar a relação do trabalho e o calor que não dependia dos materiais e dos processos utilizados” (E.08).</i>	O conhecimento científico tem caráter empírico. O conhecimento científico é norteado por teorias.
Externalista	-	-
Contextual/Integrada	-	-

Fonte: Dados da Pesquisa.

A sétima questão quadro 33, explorou as contribuições de Helmholtz, Thomson e Clausius tiveram 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 acerca dos cientistas. Com isso é necessário 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, em que os estudantes buscam apenas pelas respostas corretas.

Quadro 33: 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?		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre Natureza da Ciência
Internalista	<p>“Helmholtz: <i>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</i>”. (E.06).</p> <p>“Helmholtz: <i>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</i>” (E.08).</p> <p>“Helmholtz <i>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</i>” (E.09).</p>	-
Externalista	-	-
Contextual/Integrada	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

A oitava questão quadro 34, teve as respostas que remete a abordagem externalista sendo possível estabelecer o contexto cultural e social em que as práticas científicas que auxiliaram a construção da Termodinâmica como ciência surgiu, demonstrando os cientistas que contribuíram para a sua construção, sem, no entanto, apresentá-los como gênios isolados do seu contexto cultural e social.

Quadro 34: Exemplos de respostas obtidas na questão 8 do segundo texto histórico/didático.

Questão: A sociedade influenciou nos estudos acerca da natureza do calor?		
Abordagem	Exemplos de Respostas	Características consensuais sobre Natureza da Ciência
Internalista	-	-
Externalista	“ <i>Sim de maneira interligada, eles só obtiveram conhecimento da teoria depois, disso começaram a ver como a termodinâmica era importante para a sociedade</i> ” (E.02).	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social

	<i>“Sim, ao pressionar para melhor as máquinas para eles terem mais lucros”. (E.10).</i>	
Integrada	<i>“ Sim, pois foi observando as dificuldades de extrair carvão que os cientistas aperfeiçoaram seus estudos” (E.06).</i>	O conhecimento científico é influenciado pelos contextos cultural e social

Fonte: Dados da Pesquisa.

Com isso o texto histórico é uma possibilidade de uma abordagem mais crítica e reflexiva das ciências e suas formas de construção do conhecimento, permitindo assim que os cientistas e suas condições sócio históricas, sejam compreendidas como parte do desenvolvimento da humanidade e com isso em evolução (MOURA e GUERRA, 2016).

Já em relação ao desenvolvimento da zona de desenvolvimento proximal dos estudantes é evidenciado por meio dos quadros de 27 a 34, indicativos de avanços conceituais dos estudantes obtidos durante a aplicação da sequência de ensino. Assim sendo, a aprendizagem dos conhecimentos científicos produz uma elevação no desenvolvimento dos estudantes que é internalizado e passa a constituir a zona de desenvolvimento real dos estudantes, diante disso a aprendizagem

... A aprendizagem promove o desenvolvimento intelectual, colocando em curso um conjunto de processos evolutivos que não aconteceriam sem a aprendizagem, que se torna fundamental para o desenvolvimento das funções mentais superiores (SCHROEDER, FERRARI E MAESTRELLI, 2009, p.6).

De acordo com os autores trabalhar na zona de desenvolvimento proximal dos estudantes possibilita desenvolver a autonomia, por meio da de atividades que são realizadas em conjunto em que os instrumentos de mediação (textos históricos) auxiliam na resolução de questões em cooperação, com isso os significados desenvolvem-se e passam a compor a zona de desenvolvimento real dos estudantes. Esse desenvolvimento conceitual auxilia na constituição dos conceitos científicos dos estudantes, nesse sentido os conceitos são para:

Vygotsky entende que o sujeito não assimila, não memoriza, nem decora um conceito científico, mas constrói pela grande tensão de toda a atividade do seu próprio pensamento. E completa sua argumentação sobre as conexões e influências existentes entre os conceitos cotidianos e os científicos, cujo limites se mostram extremamente fluidos. Para Vygotsky, o desenvolvimento dos conceitos científicos apoia-se em um nível de maturação dos conceitos cotidianos, que atinge grau cada vez mais elevado conforme a criança segue cronologicamente o seu percurso escolar. Os conceitos cotidianos não se encontram, digamos, protegidos na consciência infantil, muito menos estão separados dos conceitos científicos, mas se encontram em um único e contínuo

processo interativo. A construção conceitual não tem a sua origem nos conflitos entre duas formas de pensamento. O que ocorre são relações de caráter muito mais complexo e positivo. Os processos deliberados de ensino se revelam como sendo uma das principais fontes e força orientadora no desenvolvimento dos conceitos da criança- a aprendizagem escolar é um fator decisivo para o desenvolvimento intelectual dos estudantes (SCHROEDER, FERRARI E MAESTRELLI, 2009, p.10-11).

Dessa forma, os conceitos científicos são construídos durante o processo de aprendizado escolar e o material didático aliado com a prática docente permite que os estudantes realizem atos de pensamento interligado com os seus conhecimentos espontâneos, possibilitando que estes fiquem mais elaborados e com maior poder explicativo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou responder a seguinte questão de pesquisa: Quais as contribuições de uma sequência de ensino mediada pelo estudo de caso histórico da Revolução Industrial podem propiciar para a zona de desenvolvimento proximal de concepções consensuais de Natureza da Ciência para discentes do 2º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Pedro Mendes Fontoura em Coxim-MS?

Assim sendo, concluímos que a abordagem histórica pautada no estudo de caso histórico em uma abordagem contextual da Revolução Industrial, possibilitou o desenvolvimento proximal de concepções consensuais de Natureza da Ciência. Diante disso, evidenciamos que o avanço conceitual da zona de desenvolvimento real dos estudantes aconteceu de forma variada conforme as suas respostas para o pós-teste.

Em relação a produto educacional 1 este é a representação pormenorizada da construção histórica da Termodinâmica, orientado pela abordagem externalista e internalista, possibilitando uma riqueza de detalhes que permite a reconexão entre os saberes. Sendo que essa representação pode ser utilizada pelo docente para que ele determine a profundidade em que se deseja abrir as caixas pretas desses saberes adequando a abordagem histórica conforme seu objetivo pedagógico, ou mesmo para aprofundar algumas das caixas pretas apresentadas no produto 2.

Nesse sentido, com a utilização do produto educacional 2 foi possível auxiliar os estudantes com a construção do conhecimento em relação a Termodinâmica, favorecendo a interligação dos saberes que se encontra dissociados nas disciplinas escolares, possibilitando uma visão mais ampla sobre a Termodinâmica e sua relação com a sociedade permitindo assim que os estudantes sejam cidadãos críticos frente aos problemas sociocientíficos da sociedade contemporânea.

Observamos com o desenvolvimento da sequência de ensino que os estudantes apresentaram diversas dificuldades e possibilitou reflexões sobre a sequência no sentido de apresentar melhorias nela. A primeira delas foi a quantidade de textos apresentados que foi o principal aspecto negativo apresentado no diário de bordo deles sobre a sequência isso pode ser melhorada no sentido de não apenas reduzir o tamanho dos textos, mas sim focar em um aspecto histórico da Termodinâmica por exemplo, a elaboração da 1º Lei da Termodinâmica.

Um outro aspecto que emergiu foi em relação as questões, inicialmente no questionário de concepções de Termodinâmica (pré-teste), que apresenta nas questões de 9 a 12 conceitos relacionados a Entropia, que não foi abordado de forma aprofundado no produto 2, mas que faz parte do desenvolvimento histórico da Termodinâmica, sendo que essas questões podem ser adequadas em aplicações futuras. Já nas questões utilizados no segundo e no terceiro encontro o desafio centrou-se em fomentar a reflexão dos estudantes sobre as suas respostas para que eles não sejam reprodutores de respostas prontas e sim construam seu conhecimento propiciando o avanço da zona de desenvolvimento real. No questionário final (pós-teste) observamos na quinta questão que as concepções espontâneas ainda persistem nas respostas dos estudantes, isso está relacionado com a dificuldades que os mesmos têm em aplicar os conceitos espontâneos e científicos em diferentes situações, já que os conceitos espontâneos são persistentes na zona de desenvolvimento real dos estudantes e dificilmente são superadas.

Somando-se a isso, o intervalo de tempo utilizado na presente sequência com 8 aulas de 50 minutos cada, foi um fator importante pois com o tempo escasso não foi possível contemplar todos os aspectos consensuais de Natureza da Ciência e aprofundar os micros episódios históricos relacionados a Termodinâmica e também com esse intervalo de tempo os estudantes ainda não conseguem estabelecer diferenças entre os conceitos espontâneos e científicos. Diante desse panorama obtivemos o indicativo da 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 isso, não emergiu todos os aspectos consensuais de Natureza da Ciência apontado como plausível 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-se ser uma estratégia eficaz para a inserção da Natureza da Ciência no Ensino Médio. Permitindo o avanço da zona de desenvolvimento real dos estudantes e apontou um caminho promissor para favorecer a discussão da Ciência, Tecnologia e Sociedade, possibilitando o processo de

alfabetização científica dos estudantes, um dos objetivos da Educação Científica na sociedade contemporânea.

REFERÊNCIAS

- ALLCHIN, D. Pseudohistory and Pseudoscience. **Science & Education**. v.13, n. 3, p. 179-195, 2004.
- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the Nature of (whole) Science. **Science & Education**, v. 95, n. 3, p. 518–542, 2011.
- ALLCHIN, D. The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies for Nature of Science Education. **Science & Education**, v. 21, n. 9, p. 1263-128, 2012.
- 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.
- ALLCHIN, D. ANDERSEN, and H. M. NIELSEN, K. H. Complementary approaches to teaching nature of science: Integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. **Science & Education**, v. 98, n.3, p. 461–486, 2014.
- 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.
- ASSIS, K, R. História e Filosofia da Ciência no Ensino De Ciências e o debate universalismo versus relativismo. **Revista Brasileira de História da Ciência**. v.7, n. 2, p. 149-166, 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.
- BAGDONAS, A. **Controvérsias envolvendo a natureza da ciência em sequências didática sobre cosmologia**. 2015. 266 f. Tese de doutorado em Ensino de Ciências, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BALDOW, R. MONTEIRO-JÚNIOR, F, N. Os livros didáticos e suas omissões e distorções na História e no desenvolvimento da Termodinâmica. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. v.3, n.1, p. 3-19, 2010.
- BARBOSA, J, P, V. BORGES, A, T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.23, n.2, p. 182-217, 2006.

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

BARROS, H, L, de C. Processos Endotérmicos e Exotérmicos: Uma visão atômico-molecular. **Química Nova na Escola**. v.31, n.4, Novembro, 2009.

BARBOSA, F, T. AIRES, J, A. A Natureza da Ciência e a Formação de Professores. Um diálogo necessário. **Actio Docência em Ciências**. v. 3, n.1, p. 115-130, 2018.

BASTOS, F. **História da Ciência e ensino de Biologia. A pesquisa médica sobre a febre amarela (1881-1903)**. 203f. 1998. Tese de Doutorado em Educação- Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

BOGDAN, R. S. BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 12.ed. Porto: Porto, 2003.

BOSS, S, L, B. et al. A utilização de Traduções de Fontes primárias na formação inicial de professores: Breves Considerações sobre dificuldades de leitura e entendimento. **A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências- A pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula**. São Paulo, Escrituras, 2016, p. 171-197.

BRASIL. MEC. PCN+: **Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE, Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/coxim/panorama>. Acesso em 05/05/2019.

BRASIL. MEC. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

CALLEGARIO, L, J. et al. A História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão. **Revista Virtual de Química**. V.7, n.3, p. 977-991, 2015.

CARVALHO, A. M. P. e GIL -PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 2011

CARVALHO, B, C. GOMES, L. C. Análise história do conceito de calor nos trabalhos de Joule e Implicações para o Ensino de Física. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 22, n.3, p. 264- 290, 2017.

CASTRO, P, M, A. FERREIRA, L, N. Representações sociais de calor por estudantes de graduação em Química. **Química nova na escola**. v. 37. n. especial, p. 26-34, 2015.

CERVO, A, L. SILVA, R, da. BERVIAN, P, A. **Metodologia Científica**. 6 ed. Rio de Janeiro: Pearson, 2007.

CINDRA, J, L. TEIXEIRA, O, P, B. Discussão conceitual para o equilíbrio térmico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.21, n. 2, p. 176-193, 2004.

COVOLAN, S, C, T. **O conceito de entropia num curso destinado ao Ensino Médio a partir das concepções prévias dos estudantes e da História da Ciência.** 2003. 122f. Dissertação de Mestrado em Educação. Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

COVOLAN, S, C, T. SILVA, D. A entropia no Ensino Médio: Utilizando concepções prévias dos estudantes e aspectos da evolução do conceito. **Ciência & Educação**, v.11, n.1, p. 98-117, 2005.

CRUZ, A, C, S, da. **Ensino de Ciências, Educação Ambiental e a Formação de Professores: Uma conexão necessária a caminho da cidadania.** 180f. 2011. Dissertação de Mestrado Em Ensino de Ciências. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.

DAMASIO, F. PEDUZZI, L, O, Q. A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: Uma proposta por meio de episódios históricos de ciência. **Labore em Ensino de Ciências**. v. 1, n.1, p. 14-34, 2016.

DANIELS, H. **Vygotski e a Pedagogia.** Tradução- Milton Mota. São Paulo: Loyola, 2003.

DINIZ-JÚNIOR, A, I. SILVA, J, R, R, T, da. AMARAL, E, M, R. Zonas do perfil conceitual de calor que emergem na fala de professores de Química. **Química Nova na Escola**. v.37, n. especial 1, p. 55-67, 2015.

DRIVER, et al. Construindo o conhecimento científico na sala de aula. Tradução: 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 (Brasil): Editora Livraria da Física, p. 3-21, 2006.

FORATO, T, C, de M. **A natureza da ciência como saber escolar: Um estudo de caso a partir da História da Luz.** Vol. 2. 222f. 2009. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

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. Se représenter et mettre em oeuvre l'interdisciplinarité à l'école. Tradução: Paulo Ricardo da Silva Rosa. **Revue des sciences de l'éducation**. v. 24, n.1, p.31-50, 1998.

FOUREZ, G. (org.), **Approches didactiques de l'interdisciplinarité**, Deboeck Université, Bruxelles, 2002.

- GUERRA, A. BRAGA, M. REIS, J. C. History, Philosophy, and Science in a social perspective: A Pedagogical Project. **Science & Education**. v. 22, n.6, p. 1485-1503, 2003.
- GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**. v.7, n.2, p. 125-153, 2001.
- GOLDFARB, A, M, A. **O que é História da Ciência**. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- GOMES, L, C. A Ascensão e queda da teoria do calórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.29, n.3, p. 1030-1073, 2012.
- GOMES, L. C. A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem- parte 1. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.32, n.2, p. 407- 441, 2015.
- GOMES, L. C. A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem- parte 2. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.32, n.3, p. 738-768, 2015.
- GONZÁLEZ, A, G, G. **Bases conceituais da Teoria Histórico Cultural: Implicações nas práticas pedagógicas**. 192f. 2012. Dissertação de Mestrado em Educação. Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.
- GRINGS, E, T, O. CABALLERO, C, MOREIRA, M, A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da Termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n.4, p. 463-471, 2006.
- HÜLSENDEGER, M, J, V, C. A história da ciência no ensino de termodinâmica: Um outro olhar sobre o ensino de física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. v.9, n.2, p.1-16, 2007.
- KÖHNLEIN, J.; PEDUZZI, S. S. Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura. **Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 2(3) 2002
- KUHN, T, S. **A tensão essencial**. Tradução: Marcelo Amaral Penna-Forte. Rio Claro: Editora Unesp, 2011.
- LABURÚ, C, E. NIAZ, M.A. A lakatosian framework to analyze situations of cognitive conflict and controversy in students' understanding of heat energy and temperatura. **Journal of Science Education and Technology**, v.11, n.3, 2002.
- LAKATOS, I. **History of Science and its rational reconstructions**. Cambridge, Cambridge University Press, 1978.
- LEÃO, D, M, M. Paradigmas contemporâneos de Educação: Escola Tradicional E Escola Construtivista. **Cadernos de Pesquisa**, s/v, n. 107, p. 187-206, 1999.
- LEDERMAN, N. G. Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. FLICK & N. G. LEDERMAN (Eds.). **Scientific inquiry and Nature of Science**. Dordrecht: Springer, p. 301–317, 2006.

LEDERMAN, N, G.; Nature of Science: Past, Presente and Future. In: ABELL, S.K.; LEDERMAN, N.G. (Eds). **Handbook of research on Science education**. MAHWAH, N. J. Nova Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2007, p. 831-879, 2007.

LONDERO, L. A História e Filosofia da Ciência na Formação de Professores de Física: Controvérsias curriculares. **História da Ciência e Ensino: Construindo interfaces** v. 1, n.11, p. 18-32, 2015.

LOUZADA, A, N. ELIA, M, de F. SAMPAIO, F. F. Concepções alternativas dos estudantes sobre conceitos térmicos: Um estudo de avaliação diagnóstica e formativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.37, n.1, p. 1538-1- 1538-7, 2015.

LINHARES, M. B. M, ESCOLANO, A. C. M. ENUMO, S. R. F. **Avaliação Assistida: Fundamentos, Procedimentos e Aplicabilidade**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2006.

LURIA, A, R. **Pensamento e Linguagem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1987.

MAGALHÃES, G. SALATEO, R. História da Ciência e crescimento econômico; a produção de artigos de história da química em periódicos brasileiros (1974-2004). **Revista Brasileira de História da Ciência**, v.8, n.2, p. 16-25, 2015.

MARQUES, N, L, R. ARAÚJO, S, V. Investindo na formação de professores de ciências do ensino fundamental: Uma experiência em Física Térmica. **Experiências em Ensino de Ciências**. v.5, n.3, p. 131-152, 2010.

MARTINS, A, F, P. RAFAEL, F, J. Uma investigação sobre as concepções alternativas de alunos do Ensino Médio em relação aos conceitos de calor e temperatura. **Anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1-10, 2010.

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. Sobre o papel da História da Ciência no Ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**. v.9: 3-5, 1990.

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, p. 115-145, 2004.

MARTINS, R.de. A. Introdução a história das ciências e seus usos na educação. (pp. 21-34). In: Silva, C, C. (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MARTINELLI, N, R.B.; MACKEDANZ, L, F. Abordagens da História da Ciência no Ensino de Ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **ANAIS**. Florianópolis: ENPEC, 2017. p. 1-9.

MATO GROSSO DO SUL, Secretária de Estado de Educação, **Referencial Curricular-Ensino Médio**, 2012. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbmxiGv1emF2YXJnYXNhcjFlXZvc3xneDpjNzY2MzRhMTFkZDE2NmY>. Acesso: 01.05.2019.

MATO GROSSO DO SUL, Secretária de Estado de Educação, **Projeto Político Pedagógico da Escola Estadual Pedro Mendes Fontoura**, 2018. Disponível em: <http://www.sistemas.sed.ms.gov.br/ProjetoPoliticoPedagogico/Visualizar.aspx?PPPID=PDEUGRhbuVg>= Acesso: 01.05.2019

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

MEDEIROS, A. Entrevista com o Conde Rumford: da teoria do calórico ao calor como uma forma de movimento. **Física na Escola**. v. 10, n.1, p. 4-16, 2009.

MEIRIEU, P. **A pedagogia entre o dizer e o fazer**: a coragem de começar. Porto Alegre: Artmed, 2008.

MELLO, V, D, S. DONATO, M, R, A. O pensamento iluminista e o desencantamento do mundo: Modernidade e a Revolução Francesa como marco paradigmático. **Revista Crítica Histórica**. v.2, n.4, p. 248-264, 2011.

MONTEIRO, M, A, A. et. al. Proposta de Atividade para abordagem do conceito de entropia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.26, n.2, p. 367-378, 2009.

MORTIMER, E, F. AMARAL, L, O, F. Quanto mais quente melhor calor e temperatura no ensino de termoquímica. **Química nova na escola**. n.7, p. 30-34, Maio de 1998.

MOURA, B, A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história da ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**. v.7,n.1, p.32-46, 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.

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.

OLIVEIRA, A, M, de. GEREVINI, A, M. STROHSCHOEN, A, A, G. Diário de Bordo: Uma ferramenta metodológica para o desenvolvimento da alfabetização científica. **Revista Tempos e Espaços em Educação**. v.10, n.22, p. 119-132, 2017.

OLIVEIRA, C, A, I, de. **A tecnologia como projeto de trabalho: Estratégia de ensino e aprendizagem de ciências no 9º ano do Ensino Fundamental**. 170f. 2017.

Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

OLIVEIRA, J, R, S, de. A perspectiva sócia histórica de Vygotski e suas Relações com a prática da Experimentação no Ensino De Química. **Alexandria-Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.3, n.3, p. 25-45, 2010.

OLIVEIRA, R.A. SILVA, A.P.B. A História da Ciência no Ensino: Diferentes enfoques e suas implicações na compreensão da ciência. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Anais. Campinas: **ENPEC**, 2011, p. 1-12.

OLIVEIRA, M, K, de. **Vygotsky: Aprendizado e Desenvolvimento Um processo Sócio Histórico**. São Paulo: Scipione, 1993.

OLIVEIRA, R, J, de. SANTOS, J, M. A energia e a Química. **Química Nova na Escola**. n. 8, Novembro, p. 19-22, 1998.

PALMA, C, R. et al. Um levantamento de teses e dissertações de um programa de pós-graduação sobre a aproximação da História da Ciência e o Ensino de Ciências. **Actio: Docência em Ciências**. v.2, n.1, p. 401-419, 2017.

PASSOS, J, C. Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.31, n.3, p. 3603-1- 3603-8, 2009.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 151-170.

PERREIRA, M, M. SOARES, V. ANDRADE, V, A, de. Escrita como ferramenta indicativa das possíveis contribuições de uma atividade investigativa sobre temperatura para a aprendizagem. **Experiências em Ensino de Ciências**. v.6, n.3, p. 118-132, 2011.

PIFER, A. AURANI, K, M. A teoria analítica do calor de Joseph Fourier: uma análise das bases conceituais e epistemológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.37, n.1, p. 1603-1-1603-9, 2015.

PÓRLAN, R, M, J. **El diario del professor**. Sevilha: Díada Editora, 1997.

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**. 355 p. Tese de doutorado em Educação para Ciências, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

QUEIRÓS, W, P de. NARDI, R. DELIZOICOV, D. A produção técnico-científica de James Prescott Joule: Uma leitura a partir da epistemologia de Ludwik Fleck. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 19, n.2, p. 99-116, 2014.

RAMOS, L, W, C. et al. A construção de um aplicativo interativo como recurso didático para conceitos Termodinâmicos. **Actio: Docência em Ciências**. v.2, n.1, p. 474-492, 2017.

REILY, L. **Escola inclusiva: linguagem e mediação**. Papirus editora, 2004.

ROSA, P. R. da S. **Instrumentação para o Ensino de Ciências**. Campo Grande: Editora da UFMS, 2010.

ROSA, P, R, da S. **Uma introdução à pesquisa qualitativa em ensino**. Campo Grande: Editora UFMS, 2015.

ROTHBERG, D. QUINATO, G, A, A. Ensino de Ciências e CTS: Contribuições ao aperfeiçoamento de situações de aprendizagem sobre Entropia e Degradação de Energia. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. v.9, n.1, p. 179-206, 2006.

SANTOS, A, C, G, G, dos. **Contribuições da História da Ciência no processo de Ensino e Aprendizagem de Citologia**. 154 f. 2017. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2017.

SANTOS, M, E, V, M, dos. Ciência como cultura- Paradigmas e implicações epistemológicas na Educação Científica Escolar. **Química Nova**. v.32, n. 2, p. 530-537, 2009 (a).

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.

SASSERON, L, H. DUSCHI, R, A. Ensino de Ciências e as práticas epistêmicas: O papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.21, n.2, p. 52-67, 2016.

SCHEID, N. FERRARI N. DELIZOICOV D. Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 157-181, 2007.

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.

SCHROEDER, E. **A Teoria Histórico-Cultural do Desenvolvimento como Referencial para análise de um processo de ensino: A construção dos conceitos científicos em aulas de ciências no estudo da sexualidade humana**. 388f. 2008. Tese de Doutorado Em Educação Científica e Tecnológica. Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciências da Educação, Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SCHROEDER, E. FERRARI, N. MAESTRELLI, S, R, P. A construção dos conceitos científicos em aulas de ciências: Contribuições da teoria histórico-cultural do desenvolvimento. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **ANAIS**. VII. 2009. Florianópolis. ENPEC. 15p. 2009.

SCHROEDER, E. FERRARI, N. MAESTRELLI, S, R, P. A construção dos Conceitos Científicos em Aulas de Ciências: A Teoria Histórico-Cultural do desenvolvimento como referencial para análise de um processo de ensino sobre sexualidade humana. **Alexandria- Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.3, n.1, p. 21-49, 2010.

SILVA, A, P, B. FORATO, T, C, de, M. GOMES, J, L, de A, M, C. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.30, n.3, p. 492-537, 2013.

SILVA, G. R. da. ERROBIDART, N, C, G. Elaboração de uma representação interdisciplinar da História da Termodinâmica. **Areté- Revista Amazônica de Ensino de Ciências**. v. 12, n. 25, p. 55-71, 2019.

SILVA, J, L, de P, B. Por que não estudar entalpia no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**. n. 22, p. 22-25, 2005.

SILVA, O, H, M. LABURÚ, C, E. NARDI, R. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.25, n.3: p.383-396, 2008.

SILVEIRA, F. L. MOREIRA, M. A. Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n.1, p. 75–86, 1996.

SIMÕES-NETO, J, E. AMARAL, E, M, R, do. Uma proposta para o Perfil Conceitual de Energia nos contextos do Ensino de Física e da Química. **Anais**. XI. 2017. Florianópolis. ENPEC. 9 p. 2017.

SIQUEIRA, A, C, de A. O significado de Filosofia na Metafísica de Aristóteles e sua influência no pensamento de Heidegger. **Revista de Estudos dos Pós-graduandos em Filosofia**. v.8, n.18, p. 1-13, 2016.

SIQUEIRA, J, B.; GAERTNER, R. Ilhas de 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. especial, p. 160-175, 2015.

SIRGADO, A, P. O social e o cultural na obra de Vygotski. **Educação e Sociedade**. vol.21, n.71, pp.45-78, 2000.

SOUZA, M, A, S, de. SILVA, B, V, da C. Calor, Temperatura, Poções e Magia: O uso do RPG como ferramenta avaliativa em aulas de Física do Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.9, n.1. p. 73-89, 2014.

SOUZA, R, da S. SILVA, A, P, B, da. ARAUJO, T, S. James Prescott Joule e o equivalente mecânico do calor: Reproduzindo as dificuldades do laboratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.36, n.3, p. 3301-3309, 2014.

SOUZA, V.C.A. JUSTI, R.S. Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem e a história da ciência. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**. v. 11, n. 2, p. 385-405, 2012.

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.

TEIXEIRA, E, S. FREIRE-JÚNIOR, O. EL-HANI, C, N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da Natureza da Ciência de estudantes de Física. **Ciência & Educação**. v. 15, n.3, p. 529-556, 2009.

TRINDADE, D, F. História da Ciência: Uma possibilidade interdisciplinar para o ensino de ciências no Ensino Médio e nos cursos de formação de professores de ciências. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v.4, n.2, p. 257-272, 2011.

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.

VYGOTSKY, L, S. **A formação Social da Mente**. O desenvolvimento de processos psicológicos superiores. Michael Cole, Org. Tradutores: José Cipola Neto, Luis Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L, S. **Pensamento e Linguagem**. Tradução: Jeferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

ZANETIC, J. A Proposito do Artigo de B. Hessen Sobre O 'Principia' de Newton. **Revista de Ensino de Física**, v. 6, n.1, p. 33-36, 1984.

APÊNDICE 1: TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)
TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO/TALE

Você está sendo convidado (a) como participante da pesquisa, intitulada:

“A TEORIA HISTÓRICO CULTURAL COMO ESTRATÉGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICO- CONTEMPORÂNEA DA TERMODINÂMICA”

Neste estudo pretendemos propor e analisar as contribuições que uma sequência didática pode proporcionar ao processo de ensino aprendizagem acerca dos conceitos de termodinâmica. O motivo que nos leva a estudar esse assunto é a busca por estratégias de ensino e aprendizagem que possam contribuir para uma abordagem contemporânea visando promover a educação científica. Para este estudo adotaremos os seguintes procedimentos: O trabalho será realizado na Escola Estadual Pedro Mendes Fontoura, em Coxim, MS. Será trabalhado o 2º ano, no período matutino, totalizando 17 alunos e 1 professor. Para tanto, será desenvolvida uma sequência didática sobre a Termodinâmica em uma perspectiva Histórico Cultural. Durante a pesquisa será realizada observação do andamento das aulas, gravação em áudio das aulas, análise de atividades escritas pelos alunos. Para participar deste estudo, você não terá nenhum custo, nem receberá nenhum ressarcimento. Você será esclarecido (a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador. Nesta pesquisa pode ocorrer o risco de constrangimento em caso dos alunos não saibam responder às questões. Caso isso ocorra os alunos não serão penalizados de nenhuma forma, além disso os participantes podem deixar de responder às questões ou deixar a pesquisa em qualquer momento, sem nenhum prejuízo. Os pesquisadores irão tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Os participantes terão privacidade na hora de responder as questões das atividades, e o sigilo das respostas será mantido pelos pesquisadores.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada a pesquisa. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados ficarão arquivados com a pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você. Em caso de dúvidas quanto aos procedimentos e andamento da pesquisa, você poderá consultar:

PESQUISADORES: GEILSON RODRIGUES DA SILVA E NÁDIA CRISTINA GUIMARÃES ERROBIDART (67) 99664-3185 OU (67) 8113-3911

RUBRICA DO COORDENADOR DA PESQUISA

Em caso de dúvidas quanto a sua participação, entrar em contato com o COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA/CEP/UFMS- CIDADE UNIVERSITÁRIA, CAIXA POSTAL 549. CEP 79070-900. CAMPO GRANDE – MS- TELEFONE: (67) 3345-7187.

Eu, _____, fui informado (a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações. Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Assinatura do participante/responsável

Assinatura do Coordenador da Pesquisa

COXIM- MS _____ DE _____ DE 2018.

APÊNDICE 2: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO/TCLE

Seu (a) filho (a) está sendo convidado a participar em uma pesquisa, chamada “**A TEORIA HISTÓRICO CULTURAL COMO ESTRATÉGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-CONTEMPORÂNEA DA TERMODINÂMICA**”

Sendo assim, precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Este estudo está sendo conduzido pelos pesquisadores Geilson Rodrigues da Silva e Nádia Cristina Guimarães Errobidart. Este estudo está sendo feito com o objetivo de analisar as contribuições de uma sequência didática pode proporcionar ao processo de ensino e aprendizagem acerca da Termodinâmica. Participarão deste estudo alunos do 2º ano da Escola Estadual Pedro Mendes Fontoura no município de Coxim – MS e o professor de Química da referida turma. Não poderão participar desta pesquisa, menores de idade sem a autorização de pais ou responsáveis. A pesquisa terá a duração de duas semanas e seu (a) filho (a) participará dela por esse período. Participarão, no total, 17 estudantes da referida escola. Nesta pesquisa poderá ocorrer o risco de constrangimento em caso dos alunos não saibam responder às questões. Caso isso ocorra os alunos não serão penalizados de nenhuma forma, além disso os participantes podem deixar de responder às questões ou deixar a pesquisa em qualquer momento, sem nenhum prejuízo. A participação dos alunos resultará em acesso a informações e conhecimentos sobre “a Teoria Histórico cultural como estratégia para a construção de conceitos científicos em uma abordagem Histórico-Contemporânea da Termodinâmica”. Durante a pesquisa os alunos desenvolverão atividades escritas durante as aulas. Seu (a) filho (a) não será pago para participar desta pesquisa. Os resultados deste projeto servirão de base para ampliar o conhecimento a respeito do Ensino em Ciências, especificamente no conteúdo de Termodinâmica. Todos os dados coletados serão utilizados na escrita dos resultados desse estudo, sendo garantido o sigilo dos nomes de todos os participantes. Os resultados da pesquisa serão divulgados, em um primeiro momento para os participantes e depois serão apresentados em eventos ou publicados em forma de artigo científico na área de Ensino de Ciências. Se você concordar em participar do estudo, sua imagem em todo e qualquer material entre fotos, documentos, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. Você será informado periodicamente de qualquer nova informação que possa modificar a sua vontade em continuar participando do estudo. Em caso de dúvidas, entre em contato com Geilson Rodrigues da Silva, telefone (67) 99664-3185, e-mail: geilsonrodrigues367@gmail.com ou Nádia Cristina Guimarães Errobidart, telefone (67)8113-3911 e-mail: nadia.guimaraes@ufms.br.

Assinatura do participante/responsável _____

Rubrica do coordenador da pesquisa _____

Para perguntas sobre os direitos como participante no estudo pode entrar em contato com o COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA/CEP/UFMS-CIDADE UNIVERSITÁRIA, CAIXA POSTAL 549. CEP 79070-900. CAMPO GRANDE – MS- TELEFONE: (67) 3345-7187.

A participação no estudo é voluntária. Seu (a) filho (a) pode escolher não fazer parte do estudo, ou pode desistir a qualquer momento, sem ser proibido de participar de novos estudos. Este estudo apresenta os riscos classificados como mínimos, porém os participantes podem deixar de realizar as atividades ou deixar a pesquisa em qualquer momento, sem nenhum prejuízo. Os participantes terão privacidade na hora de responder as atividades escritas e o sigilo das respostas será mantido pelos pesquisadores. Seu (a) filho (a) poderá ser solicitado a sair do estudo se não cumprir os procedimentos previstos ou atender as exigências estipuladas. Você receberá uma via assinada deste termo de consentimento. Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e que meu filho (a) é voluntário (a) a tomar parte neste estudo. Nome do participante ou responsável (se menor de idade), por extenso:

Nome: _____ data _____

Assinatura do coordenador da pesquisa: _____ data _____

COXIM-MS _____ DE _____ DE 2018.