



Pedro Henrique Lopes Amantêa

Concepções alternativas de estudantes acerca do Calor e o desenvolvimento histórico do conceito: Investigando com a História da Ciência pode corroborar para o processo de desobstaculização

Caraguatatuba

2022

PEDRO HENRIQUE LOPES AMANTÊA

Concepções Alternativas de estudantes acerca do Calor e o desenvolvimento histórico do conceito: Investigando com a História da Ciência pode corroborar para o processo de desobstaculização

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus de Caraguatatuba para obtenção do título de graduado em Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Dr. Alex Lino

Caraguatatuba

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação do IFSP Câmpus Caraguatatuba

Amantêa, Pedro Henrique Lopes

A484c Concepções alternativas de estudantes acerca do Calor e o desenvolvimento histórico do conceito: investigando como a História da Ciência pode corroborar para o processo de desobstaculização. / Pedro Henrique Lopes Amantêa. -- Caraguatatuba, 2022.
48 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Alex Lino.
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) -- Instituto Federal de São Paulo, Caraguatatuba, 2022.

1. Física. 2. Conceito de Calor. 3. História da ciência. 4. Obstáculos epistemológicos. I. Lino, Alex, orient. II. Instituto Federal de São Paulo. III. Título.

CDD: 530



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO
PAULO**

**CÂMPUS CARAGUATATUBA
FUC COORD CURSO SUP LICENC MATEMATICA**

OFÍCIO N.º 100/2022 - CMAT-CAR/DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

Nome: AMANTÊA, Pedro Henrique Lopes

Título: CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ESTUDANTES ACERCA DO CALOR E O DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO
CONCEITO: INVESTIGANDO COMO A HISTÓRIA DA CIÊNCIA PODEM CORROBORAR PARA O PROCESSO DE DESOBSTACULIZAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, campus Caraguatatuba para a obtenção do título de graduado em Licenciatura em Física.

Aprovado em: 1, Agosto de 2022

Banca Examinadora

Prof(a). Alex Lino

Instituto Federal de São Paulo – Câmpus de Caraguatatuba

Julgamento: Aprovado

Prof(a). Luis Fernando Viviani Thomazini

Instituto Federal de São Paulo - Câmpus Caraguatatuba

Julgamento: Aprovado

Prof(a). Priscila Enrique de Oliveira

Instituto Federal de São Paulo – Câmpus Caraguatatuba

Julgamento: Aprovado

Documento assinado eletronicamente por:

- Alex Lino, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/08/2022 10:48:49.
- Luis Fernando Viviani Thomazini, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/08/2022 10:49:29.
- Priscila Enrique de Oliveira, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO , em 08/08/2022 10:35:27.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/08/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 389721

Código de Autenticação: 78230df2d5



OFÍCIO N.º 100/2022 - CMAT-CAR/DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

AVENIDA BAHIA, 1739, INDAIÁ, CARAGUATATUBA / SP, CEP 11665-071

Dedico à minha família, amigos, professores e Abel Ferreira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família: Pai, Mãe e Madrasta. Sem eles nada disso seria possível.

Agradeço à todos professores que passaram por minha vida até este momento, desde a pré-escola, até os professores sensacionais que fizeram parte da minha trilha na graduação.

Em especial, agradeço meu orientador, Alex Lino, por propiciar um auxílio gigantesco em minha(nossa) produção.

Agradeço, também, todos os meus amigos que me ajudaram em todo o processo da vida.

Por fim, agradeço a Sociedade Esportiva Palmeiras, simplesmente por existir.

RESUMO

O seguinte trabalho teve por objetivo traçar comparações entre as concepções alternativas de estudantes de diversos níveis de escolaridade acerca do conceito de calor com os pensamentos que percorreram a história do desenvolvimento deste mesmo conceito, no intuito de propor mecanismos de origem histórica para ultrapassar essas barreiras do conhecimento. Com o auxílio das teorias dos obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard (2005) e Guy Brousseau (1983), verificamos se determinadas concepções alternativas dos estudantes sobre o conceito de calor poderiam ser identificadas e definidas como obstáculos epistemológicos. Para essa verificação, planejamos a aplicação de questionários em instituições de ensino variadas e níveis de ensino diferentes, analisando e categorizando as concepções dos entrevistados a respeito da natureza do calor, em seguida comparamos essas concepções com as ideias alternativas encontradas no estudo do desenvolvimento histórico do mesmo conceito. Essa comparação nos possibilitou identificar os seguintes obstáculos epistemológicos: a compreensão do Calor como um tipo de substância e a compreensão do Calor como o movimento das moléculas de um corpo. O estudo histórico do desenvolvimento do conceito de calor também nos possibilitou identificar os mecanismos de superação desses obstáculos, os quais podem ser utilizados no contexto escolar levando em consideração a sua transposição didática e os níveis de complexidade onde serão aplicados.

Palavras-chave: Conceito de calor; História da Ciências; Obstáculos Epistemológico

ABSTRACT

The following work aimed to draw up comparisons between the alternative conceptions of students of different levels of education about the concept of heat with the thoughts that went through the history of the development of this same concept, in order to propose mechanisms of historical origin to overcome these barriers of knowledge. With the help of theories of epistemological obstacles by Gaston Bachelard (2005) and Guy Brousseau (1983), we verified whether certain alternative conceptions of students about the concept of heat could be identified and defined as epistemological obstacles. For this verification, we plan to apply questionnaires in institutions of varied teachings and different levels of teaching, analyzing and categorizing the interviewees' conceptions about the nature of heat, then compared these conceptions with the alternative ideas found in the study of the historical development of the same concept. This comparison allowed us to identify the following epistemological obstacles: the understanding of heat as a type of substance and the understanding of heat as the movement of the molecules of a body. The historical study of the development of the concept of heat also allowed us to identify the mechanisms of overcoming these obstacles, which can be used in the school context taking into account their didactic transposition and the levels of complexity where they will be applied.

Keywords: Heat concept; History of Science; Epistemological Obstacles.

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1 - Percentual de respostas obtidas de acordo com a idade.	31
Gráfico 2 - Percentual de respostas obtidas de acordo com a formação.	31
Gráfico 3 - Percentual da convicção dos participantes com suas concepções prévias sobre o Calor.	32
Gráfico 4 - Percentual das concepções de Calor dos participantes de acordo com a questão 6. .	37
Gráfico 5 - Percentual das concepções dos participantes sobre o Calor na questão.	42

SUMÁRIO

1 Introdução	12
2 Fundamentação Teórica.....	15
2.1 A Concepção do Calor ao Longo da História	19
3 Objetivos	28
3.1 Objetivos Específicos.....	28
4 Metodologia	29
5 Resultados e Discussão	31
6 Considerações Finais	44
7 Referências	48

1 Introdução

A História da Ciência (HC) vem demonstrando ser de grande utilidade no ensino de Física (THOMAZ et al, 1994; BARROS E CARVALHO, 1998; NEVES, 1998; MARTINS, 2007; SILVA, FORATO e GOMES, 2011 e 2013; VITAL e GUERRA, 2017; GUIMARÃES e CASTRO, 2019; ARTHURY, 2020) principalmente quando utilizada para contextualizar o pensamento divergente trazido pelo aluno no ambiente escolar, com os modelos históricos da ciência. Como o apontamento feito por Gil-Pérez e Carrascosa (1985), que indicam que existe um certo paralelismo entre essas concepções divergentes/alternativas dos estudantes e o desenvolvimento da História da Ciência e, também, que esse paralelismo não parece ser apenas uma coincidência, mas sim uma maneira similar de analisar e resolver problemas (apud BARROS E CARVALHO, 1998).

Nesse sentido, a HC pode contribuir com o ensino de física, visto que pesquisas apontam para um potencial didático-pedagógico do seu uso no processo de ensino-aprendizagem nas aulas de ciências (MARTINS, 2007). Dessa maneira, o uso desta ferramenta histórica pode auxiliar no desenvolvimento do letramento científico num contexto de ensino caracterizado por inúmeras barreiras e obstáculos, onde nos deparamos com uma educação, ainda, bancária¹, cuja visão que se têm da ciência permeia a atenção na transmissão de resultados, exposição de conteúdos e resolução excessiva de exercícios (ARTHURY, 2020). Assim, o paralelismo apontado por Gil-Pérez e Carrascosa (1985) pode ser fundamental para tratar aspectos da Natureza da Ciência nas aulas de física, deixando um pouco de lado essa prática mecanizada que não leva em consideração as etapas e aspectos da ciência.

Com esse panorama favorável à utilização da HC no ensino das ciências, é necessário, porém, contextualizar a situação emergencial do ensino das ciências, que é cercado de barreiras que dificultam a compreensão do conteúdo (PIETROCOLA, 2002).

Barreiras essas que podem estar relacionadas à compreensão de conceitos da área da termodinâmica, principalmente os de calor e temperatura, por estudantes e pessoas de todas as idades. De acordo com o que é visto nas aulas de Física, muitos estudantes acabam por

¹ Em sua obra intitulada *Pedagogia do Oprimido*, Paulo Freire (1974), criticava o formato do ensino brasileiro da época, na qual utilizava o termo “bancário” como referência aos depósitos bancários, pois, na visão de Freire, os professores enxergavam os alunos como se fossem bancos, no qual depositavam o conhecimento e o aluno tinha por obrigação “guardá-lo”.

confundir calor e temperatura, ou compreendem o calor como uma substância e a temperatura como algo intrínseco ao material, ou, ainda, entendem o calor como um movimento interno das partículas (THOMAZ et al, 1994).

A compreensão de conceitos como o calor é extremamente importante para o Ensino de Física, já que estão diretamente relacionados à conceitos chaves da própria Física. E, a má interpretação, ou a compreensão alternativa sobre esses conceitos pode gerar obstáculos no ensino que dificultam o processo de ensino-aprendizagem experimentado pelos estudantes. Deste modo, trabalhar com essas concepções divergentes dos estudantes, de modo a transformar seus significados partindo da perspectiva “errada” do conhecimento (e conseqüentemente mais próxima da concepção do aluno), se torna uma possibilidade para que haja a manutenção de um processo escolar coeso e eficiente ao que tange a relação de ensino-aprendizagem.

Desta forma, neste trabalho pretende-se verificar se as concepções alternativas dos estudantes acerca do conceito de calor podem ser classificadas como obstáculos epistemológicos e como a HC pode contribuir com mecanismos de superação dessas dificuldades.

Quando olhamos para a história da ciência, podemos encontrar inúmeras concepções que se assemelham aos conhecimentos trazidos pelos estudantes durante as aulas de Física.

Dentre tais concepções vistas na história, no campo da Termodinâmica, podemos destacar duas que foram rivais, mais enfaticamente entre as décadas de 1780 e 1840, a teoria do calor como partícula (calórico) e a teoria cinética do calor (LINO, 2016). Tais concepções históricas da natureza do Calor podem ser evidenciadas, também, nas concepções alternativas dos estudantes sobre o mesmo conceito, no qual as interpretações sobre o Calor dos estudantes, muitas vezes, se assemelham com as aferidas historicamente.

Nesta perspectiva, a comparação entre as concepções de estudantes acerca do Calor, com os pensamentos que percorreram a HC, será necessária para a categorização dessas concepções em obstáculos epistemológicos. A grande vantagem da categorização de uma concepção alternativa em obstáculo epistemológico está na possibilidade que se abre em comparar esse obstáculo com outros encontrados na própria História da Ciência e, assim, observar quais mecanismos de superação foram utilizados para ressignificar esse conhecimento.

Contanto, a utilização da HC para caracterizar formas de pensamento que percorreram a história na intenção de produzir analogias com os pensamentos dos alunos de ciências tem potencial de induzir a mudanças conceituais de pensamentos divergentes, fomentando

significados para as informações aprendidas (SILVA et al, 2013. abut DELIZOICOV et al).

Por conseguinte, este projeto, terá como alçada a análise das divergências conceituais que vierem a surgir na interpretação e entendimento do conceito de calor em estudantes de diversos níveis e docentes e, as concepções divergentes analisadas servirão como ponte de analogia com os modelos científicos que percorreram a história, visto que Pérez e Carrascosa (1985) apontam para esse paralelismo entre essas concepções alternativas dos estudantes e os pensamentos históricos da ciência. Tal paralelismo pode vir a corroborar e embasar o uso da HC no processo de *desobstaculização* dessas concepções divergentes.

2 Fundamentação Teórica

O modo com que fazemos e concebemos a ciência nos dias de hoje permeia uma série de barreiras que dificultam a abstração e entendimento dos alunos de física. Para Pietrocola (2002, p.89):

os conceitos nela presentes são por demais abstratos, mantendo uma relação indireta com situações presentes no cotidiano; estão relacionados às situações de observação que invariavelmente requerem equipamentos sofisticados, presentes apenas nos laboratórios; envolvem um estilo de raciocínio muito diferente daquele vulgarmente empregado pelas pessoas.

Essa característica da ciência nos permite assumir o quão distante ela está da realidade de quem a estuda (PIETROCOLA, 2002). Dessa forma, portanto, para grande parte dos professores e pesquisadores, é consenso a utilização da História da Ciência (HC) como uma ferramenta para promover a construção dos conhecimentos científicos em sala de aula (THOMAZ et al, 1994; BARROS E CARVALHO, 1998; NEVES, 1998; MARTINS, 2007; SILVA, FORATO e GOMES, 2011 e 2013; VITAL e GUERRA, 2017; GUIMARÃES e CASTRO, 2019; ARTHURY, 2020) e, o que os estudos apontam (MARTINS, 2007), tem corroborado na percepção de concepções prévias de alunos que se assemelham com os modelos científicos que percorreram própria a história (BARROS E CARVALHO, 1998).

Essa inserção de conteúdos históricos vinculados aos conteúdos abordados em aula se torna um caminho de grande potencial a ser seguido pelos professores de ciências (SILVA, FORATO e GOMES, 2013). Nessa linha da utilização dos modelos históricos temos a afirmação de Castro (1995) que diz que “Ignorar a dimensão histórica da Ciência reforça uma visão distorcida e fragmentada da atividade científica” (apud BARROS e CARVALHO, p. 83, 1998), ou seja, ao desprezar esses aspectos históricos da construção desse determinado conhecimento se despreza o papel do pensamento divergente nesse processo.

Tal cenário, para Barros e Carvalho (1998), acaba fomentando obstáculos para o ensino da ciência, fazendo com que os estudantes acabem por interpretar a ciência de maneira indutivista, em que essa imagem da ciência é:

baseada em observações e experimentações não sujeitas a ideias apriorísticas, com a desconsideração do papel das hipóteses e teorias, ignorando-se o papel da comunidade científica, os equívocos, as crenças metafísicas, os compromissos epistemológicos, os dilemas éticos etc (BARROS E CARVALHO, 1998, p.83).

Dessa forma, o senso comum que permeia o ambiente e a cultura daquele estudante também pode ser fonte destas concepções alternativas como um obstáculos daquele conhecimento experimentado pelo aluno (ARAÚJO E MORTIMER, 2015).

Posto este panorama, acreditamos que a HC pode contribuir no processo pedagógico, enquanto uma ferramenta metodológica, para o Ensino de Física. Entretanto, a formação dos professores deve contribuir com esses aspectos contextualizados e a simples consideração de elementos da história na formação dos professores das áreas científicas não garante que será feita essa contextualização histórica nas aulas de ensino de ciências, muito menos uma reflexão mais crítica e aprofundada do papel da HC no campo didático das ciências (MARTINS, 2007).

Baseado nos estudos que incentivam o uso da HC no ensino, no paralelismo aparente entre as concepções alternativas com os pensamentos históricos da ciência dos estudantes (PÉREZ E CARRASCOSA, 1985) e de acordo com as barreiras apontadas por Pietrocola (2002), pode-se comparar tais concepções de estudantes com o pensamento de Gaston Bachelard (2005) acerca dos obstáculos epistemológicos na finalidade de verificar se realmente podem ser categorizados como tal.

Vale a pena salientar a importância dessas categorizações, uma vez que, ao classificarmos uma concepção alternativa de um estudante como obstáculo epistemológico, podemos utilizar os mesmos mecanismos que os estudiosos utilizaram durante a história para ultrapassar esse conhecimento divergente (LINO, 2016). Do mesmo modo que temos esse paralelismo das dificuldades dos estudantes, podemos, também, ter uma aproximação das motivações históricas que permitiram o desenvolvimento desse determinado conceito em alguma época que se tinha uma dificuldade análoga ao que se nota hoje. Deste modo, esses mecanismos históricos podem ser utilizados como um tipo de ferramenta metodológica em sala de aula, levando em consideração os fatores de transposição didática e os níveis de complexidade da série onde são aplicados, na intenção de ultrapassar os obstáculos epistemológicos.

Para Bachelard, esses obstáculos são uma estagnação ou regressão ao conhecer. Se caracteriza como um conhecimento, ou uma concepção, e não como alguma dificuldade, ou falta do conhecimento (BACHELARD, 2005). Bachelard salienta que esses obstáculos aparecem:

No âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos

epistemológicos (BACHELARD, 2005, p.17).

Desse modo, para Bachelard (2005), tem-se, portanto, que “a assimilação de noções equivocadas e divergentes por parte dos alunos, sejam elas advindas dos seus conhecimentos empíricos ou dos conhecimentos que a escola proporciona, poderá resultar no estabelecimento dos obstáculos epistemológicos” (apud GOMES E OLIVEIRA, p. 97, 2007). Tais obstáculos epistemológicos são inerentes ao conhecimento, em que se constituem de acomodações referidas ao que já se conhece (GOMES E OLIVEIRA, 2007).

De acordo com Lecourt (1980) os obstáculos epistemológicos “preenchem a ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico e restabelece a continuidade ameaçada pelo progresso do conhecimento científico. São encarados como resistências do pensamento ao pensamento” (apud GOMES E OLIVEIRA, 2007, p.97). Ou seja, os obstáculos epistemológicos atuam na fronteira dos conhecimentos comuns e científicos e, dessa maneira, reforça uma barreira que “impermeabiliza” a construção do conhecimento pelo indivíduo.

Outro pensador que corrobora com essa perspectiva é o matemático francês Guy Brousseau (1983). Brousseau aplicou a teoria dos obstáculos epistemológicos de Bachelard no âmbito da didática matemática. Em seu estudo, Brousseau categorizou tais barreiras por suas origens, em que afirma que podem ser de cunho epistemológicos, didáticos, ontogênicos ou culturais. De acordo com Brousseau (1983), para que uma concepção alternativa verificada em um grupo de estudantes possa ser caracterizada como obstáculo epistemológico, ela deve ter algum tipo de relação com as dificuldades oriundas do desenvolvimento histórico do mesmo conceito em estudo.

Como apontado por Gomes, Forato e Silva (2011, p.3), “muitos dos alunos e professores trazem concepções prévias sobre a natureza da ciência e como e por quem esta é desenvolvida”. Sendo assim, tais concepções podem, portanto, se assemelhar com a ideia de obstáculos epistemológicos propostos por Bachelard e, a mudança dessas interpretações requer uma estratégia e planejamento de ensino que seja adequada e funcional. A HC, de acordo com Santrock (2009, apud GOMES et al. 2011), pode contribuir imensamente neste processo de superação, no qual possibilita o rompimento dessas barreiras que dificultam o entendimento sobre os processos da ciência num ato de confronto de ideias sobre o “fazer ciência”.

Neste aspecto, e na intenção também de aferir o paralelismo apontado por Pérez e Carrascosa (1985) entre as concepções alternativas dos estudantes e os pensamentos históricos

da ciência, iremos nesta pesquisa abordar com mais especificidade esse confronto de ideias com respeito a natureza do calor e seus aspectos, históricos e pedagógicos.

Quando analisamos a história envolta da natureza do calor, aferimos a incidência de inúmeras disputas de correntes de pensadores/cientistas sobre a natureza dúbia deste conceito (LINO, 2016). Especificamente, no século XIX, os estudos envolvendo os fenômenos ligados ao calor corroboraram na aparição de novas abordagens científicas que possibilitaram o estudo de sistemas físicos de uma perspectiva macroscópica, resultando no que conhecemos hoje como Termodinâmica (PÁDUA, 2009).

Nesta perspectiva, podemos destacar duas concepções que foram rivais, mais enfaticamente entre as décadas de 1780 e 1840, a teoria do calor como partícula (calórico) e a teoria cinética do calor (LINO, 2016). A primeira definia calor como algo substancial presente nos corpos podendo ser liberado e absorvido nas variações de temperatura. O segundo modelo explica o calor como movimento das partículas de um corpo. Ambas estão equivocadas quando comparamos com a definição aceita de calor: energia em trânsito motivada pela diferença de temperatura. Dessa forma calor é uma quantidade de energia térmica trocada entre dois corpos até que se atinja o equilíbrio térmico.

Esses dois modelos de calor que são equívocos encontrados na história da ciência podem ser percebidos também nas concepções de estudantes de diferentes níveis de ensino (THOMAZ et al, 1994). Tais modelos podem ser percebidos em experimentos simples do cotidiano dos alunos. Por exemplo, ao observar a dilatação de alguns materiais no aquecimento, o estudante pode pensar que este material esteja absorvendo matéria, e que por sua vez, pode fazer com que se perceba o calor como substância. Já na observação da água borbulhando enquanto está fervendo, o observador pode ter a sensação de calor como movimento, devido a movimentação da água no recipiente.

Por conseguinte, posto este panorama teórico, este trabalho estará alinhado na possibilidade de haver uma certa relação entre os obstáculos encontrados historicamente e as concepções alternativas dos estudantes para, assim, propor mecanismos para superação desses obstáculos, os mesmos utilizados historicamente.

De princípio, devemos compreender que os mecanismos para superação de um obstáculo epistemológico são meios que possibilitam que a dificuldade em questão seja ultrapassada, como explicitado por Lino (2016):

Entendemos como mecanismos de superação de um obstáculo epistemológico àqueles pelos quais uma dificuldade pode ser transpassada, um meio que permite desobstaculizar um determinado conhecimento. No entanto, como já foi observado anteriormente, estes mecanismos de superação não são capazes de anular a concepção alternativa, assim como não foram capazes de apagar a história dessas contradições, já que as encontramos analisando os trabalhos dos personagens contribuintes desse desenvolvimento (LINO, 2016, p.55).

Em contrapartida, devemos nos atentar ao fato dos mecanismos de superação não eliminarem a concepção alternativa por completa. De acordo com Lino (2016, p.55):

sabemos, pelo paralelismo válido entre o construto histórico e cognitivo de um conhecimento, que estes mecanismos não apagam por completo os equívocos, estes ainda possuem uma espécie de propriedade persistente por sua inerência ao conhecimento.

Ou seja, as concepções alternativas, enquanto obstáculos epistemológicos, podem ser ressignificadas a partir de mecanismos de superação, entretanto, tais mecanismos não possibilitam uma ressignificação completa (no sentido de substituir por completo a concepção alternativa), uma vez que tais obstáculos são inerentes ao conhecimento. Assim, é necessário tomar certo cuidado quanto a utilização destes mecanismos num âmbito escolar para a ressignificação das concepções alternativas de estudantes.

Posto esse panorama, no próximo subcapítulo, iremos apresentar algumas das principais concepções (alternativas) históricas dos cientistas e pensadores sobre o conceito e a natureza do Calor, juntamente dos mecanismos de superação utilizados pelos mesmos para ultrapassarem/superarem essas concepções divergentes.

2.1 A Concepção do Calor ao Longo da História

Ao longo da história diversas concepções distintas sobre a natureza do calor permearam a consciência humana. Na antiguidade, mais especificamente no período compreendido entre os séculos VI a.C. e II a.C., duas escolas de pensamento disputaram a explicação mais racional para a matéria e, conseqüentemente, a compreensão da natureza do calor. De um lado, a escola atomista, que defendia a teoria de que a matéria era formada de diversos átomos movimentando-

se no vazio, que se combinavam entre si para formar as substâncias e o mundo. Como pensadores que defendiam essa teoria podemos citar o filósofo pré-socrático, Demócrito (~460 a.C.), que foi um dos precursores desse pensamento, e o filósofo grego, Epicuro (341-270 a.C.). De outro lado, a escola dos quatro elementos, que acreditava na união dos quatro elementos primordiais (Terra, Água, Ar e Fogo), em diferentes proporções, para formar tudo o que vemos e, filósofos como Empédocles (493-433 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.) propunham que o elemento Fogo era o responsável pelos fenômenos do calor (SILVA et al, 2013).

Outra interpretação histórica que se tem registro é a alquimia. Ela, que por sua vez, não tem um ponto inicial de partida muito bem definido, em que se tem registros e documentos de origem persa, egípcia, chinesa, árabe e grega. Esse tipo de ciência antiga se relacionava à prática da metalurgia, na qual acreditavam que os alquimistas “compreendiam os segredos mais íntimos da matéria (SILVA et al, 2013, p.500). Por esse pensamento se destacou no antro do Renascimento, inúmeras experiências, redescobertas de textos e documentos antigos, navegações marítimas que culminaram em diversas descobertas, puderam auxiliar esse estudo. Basicamente os alquimistas acreditavam que os fenômenos que se relacionavam com as trocas de calor aconteciam devido a um tipo de substância purificadora que se associava com o elemento primordial postulado na Antiguidade, Fogo. Mais tarde essa substância seria batizada de *Alcahest* por Paracelsus (1493-1541) (SILVA et al, 2013).

Ambas as correntes históricas de pensamento foram fundamentais para a evolução dos conceitos térmicos e para a evolução da própria Termodinâmica. Entretanto, para fins analíticos da pesquisa, e para uma categorização mais facilitada, nos restringiremos por explicitar mais detalhadamente as concepções sobre a natureza do calor que permearam o século XVII e XIX, a teoria do calor como substância e a teoria do calor como movimento das partículas de um corpo. Esses estudos foram de extrema importância pois geraram no que hoje conhecemos por Termodinâmica, o ramo da Física que estuda as transformações em um sistema termodinâmico de acordo com a quantidade de calor recebido ou cedido pelo/ao sistema. Mesmo essas concepções sendo distintas entre si devemos compreender a importância de ambas no processo de desenvolvimento da compreensão da natureza do Calor. Como salientado por Lino (2016, p.240), “devemos enfatizar que tais concepções sobre a natureza do calor, apesar de distintas, foram complementares ao longo do desenvolvimento da Termodinâmica”.

Primeiramente precisamos ter o entendimento de que a Termodinâmica só começa a ser

desenvolvida, de fato, no início do século XIX, mesmo as máquinas térmicas já existindo e sendo utilizadas desde o fim do século XVIII. Isso se deve ao fato das concepções da época sobre as transformações térmicas e sobre o calor girarem em torno de uma interpretação da realidade explicada apenas mecanicamente (LINO, 2016). Como explicitado por Lino (2016, p.240):

A concepção de um mundo que poderia ser explicado pela mecânica, implica em um atraso significativo da termodinâmica, pois a vemos, de fato, ser construída apenas no início do século XIX. As máquinas térmicas já existiam no fim do século XVIII e início do século XIX, mas, apesar de serem térmicas, a Ciência de seu funcionamento era baseada unicamente em princípios mecânicos.

Desta forma, em muitas ocasiões os engenheiros da época buscavam o aprimoramento dessas máquinas sem uma ciência relacionada. Apenas com as ideias e trabalhos de S. Carnot (1796-1832) a relação entre o funcionamento das máquinas térmicas e o Calor começa a ser estabelecida (LINO, 2016).

Posto este breve panorama do desenvolvimento e das concepções Antigas sobre o Calor e sua natureza, podemos, enfim, destacar as duas escolas de pensamento, rivais entre si, que interpretavam a natureza do Calor de formas análogas, no final do século XVIII. De um lado, tínhamos os cientistas que acreditavam que o Calor era um tipo de *substância*, e de outro lado, tínhamos aqueles que defendiam a noção de calor como *movimento das partículas* que constituem um corpo (LINO, 2016).

Assim, no final do século XVIII, as concepções dos cientistas da época eram distribuídas por estas duas teorias rivais sobre a compreensão da natureza do Calor. Também havia outras questões problemáticas para a serem resolvidas, como explicitado por Pádua (et al, 2009):

No final do século XVIII ainda permaneciam alguns problemas cruciais a serem resolvidos, tais como: compreender de modo inequívoco a natureza do calor, determinar precisamente a relação de conversão entre o calor e o trabalho e, estabelecer um limite para esta conversão. As soluções destes problemas levaram ao entendimento da temperatura como uma característica do sistema, ao do calor como uma manifestação de energia e à formulação das duas leis básicas da Termodinâmica. Mas, tudo isto só aconteceu no século seguinte (PÁDUA et al, 2009, p.6).

Notamos, então, que o contexto da época era rodeado de questões problemáticas sobre a natureza do Calor e a relação dela com o trabalho realizado por corpos em sistemas térmicos.

Em 1780, Lavoisier e Laplace, escrevem uma obra importante para a época denominada *Mémoire Sur La Chaleur*, na qual discorrem sobre a natureza do calor (LINO, 2016). Em um

trecho da obra eles contextualizam os pensamentos distintos que atravessavam a época sobre a natureza do Calor.

Os físicos estão em desacordo sobre a natureza do calor. Alguns o consideram como um fluido difundido por toda a natureza, o qual se encontra em todos os corpos por haver penetrado mais ou menos neles, à razão de sua temperatura e de sua disposição particular em retê-lo e pode combinar-se com eles e, nesse caso, deixa de atuar sobre o termômetro e de se comunicar de um corpo a outro, em um estado de liberdade que permite manter o equilíbrio entre os corpos, que forma o que chamamos de *calor livre*. Outros físicos pensam que o calor não é senão o resultado de um movimento insensível das moléculas da matéria. Sabemos que todos os corpos, mesmo os mais densos, estão cheios de um grande número de poros ou de pequenos vazios, cujo volume pode exceder significativamente o do material que contêm; esses espaços vazios deixam às suas partes insensíveis a liberdade de oscilar em todo sentido, e é natural pensar que essas partes estão em contínua agitação, que, se esta aumenta até um certo ponto, pode chegar a desuni-las e a decompor os corpos. É esse movimento interno o que, segundo os físicos que mencionamos, constitui o calor (LAVOISIER; LAPLACE, 1780, p. 285 apud LINO, 2016, p. 241).

Assim, no contexto dessa disputa sobre a melhor definição sobre a natureza do Calor, tivemos inúmeros cientistas que estudaram e procuram compreendê-la. Para a corrente materialista podemos citar: Gassendi (1592-1655), Black (1728 – 1799) e Lavoisier (1743-1794). Já para a corrente que acreditavam que o calor era resultado do movimento, podemos citar: Bacon (1561-1626), Boyle (1627-1691), Hooke (1635-1703), Daniel Bernoulli (1700-1782), Benjamin Thompson (1753-1814) e Humphry Davy (1778-1829), como principais contribuidores (LINDSAY, 1975; SILVA, et al, 2013 apud LINO, 2016, p.242).

O fato dessas duas teorias distintas subsistirem num mesmo período pode ser justificada por experiências elementares que podem ser explicadas pelas mesmas (LINO, 2016). Um bom exemplo dessas observações experimentais realizadas pelos cientistas que culminaram nas duas teorias, é o mencionado por Lino (2016):

O simples aquecimento de uma determinada quantidade de água dentro de um recipiente de metal. Neste podemos observar o caótico movimento da água no momento de sua ebulição, mas não observamos o mesmo com o metal. Levando em consideração uma concepção de senso comum, se calor é movimento, deveríamos também presenciar o movimento das partículas do recipiente, o que não pode ser visto. No entanto, seu aquecimento poderia ser explicado pela teoria do calor como substância, já que podemos sentir que realmente aumentou sua temperatura quando colocado em contato com um corpo mais quente. Poderíamos inferir que o corpo mais quente tenha transferido algo para o metal, já que observamos, também, o aumento de seu volume. Se ele se tornou maior, por que não dizer que absorveu *algo substancial* do corpo mais quente? Assim, o próprio senso comum pode nos mostrar que ambas as ideias podem dar uma explicação satisfatória a um determinado fenômeno físico (LINO, 2016, p.241).

Neste trecho podemos ver que as duas teorias para a natureza do Calor podem ser explicadas a partir da simples observação de uma quantidade de água sendo aquecida. Outros experimentos elementares realizados na época também tinham essa dualidade quanto às explicações pelas duas teorias. Fato esse que fortaleceu a disputa entre ambas no período (LINO, 2016).

Sabendo dessas questões podemos, enfim, descrever como os cientistas da época compreendiam essas duas posições distintas para a natureza do Calor. A primeira concepção, Calor como *movimento* ou *vibração* dos átomos que compõem um corpo, foi sugerida em 1620, pelo filósofo inglês Francis Bacon (1561-1626). Após algumas observações do trabalho dos ferreiros, percebeu que a força aplicada sobre o metal gerava aquecimento. Também já era conhecido, na época, o método de obtenção de fogo a partir do atrito. Sabendo disto, Bacon propôs, então, que o Calor é o movimento interno de partículas muito pequenas que integram o corpo, em que a velocidade destas partículas era responsável pela temperatura do corpo (PÁDUA et al, 2009). Essa teoria, que ficou conhecida com *teoria mecânica do calor*, perdurou por cerca de um século, em que foi amplamente discutida e desenvolvida no período entre os anos de 1711 e 1765.

Essa teoria faz certo sentido quando observamos os experimentos, realizados por Thompson (1870), com a perfuração de metal pela fricção de uma broca. Thompson percebeu que a fricção da broca sobre o metal aquecia ambas as partes (tanto a broca quanto o metal). Dessa forma, fica fácil associar esse movimento da broca, com o “calor” gerado nas partes. Percebemos também que, hoje, essa definição mecânica do Calor se relacionaria com a própria definição da temperatura, no qual sabemos que a temperatura indica uma relação com quantidade de movimento/agitação/vibração dos átomos ou moléculas que compõem o corpo ou a substância em estudo (SILVA et al, 2013).

Nessa linha, a segunda teoria difundida no século XVIII por Laurent Lavoisier (1743-1794), não se relacionava com o movimento dos átomos do corpo, como a teoria mecânica, mas sim, dizia que o Calor era um tipo de *fluido*, denominado *calórico*, que era intrínseco aos corpos, preenchendo seus interiores. De acordo com a teoria, o Calor era constituído por uma substância que tinha a capacidade de adentrar o interior de todos os corpos e abandonar o interior dos mesmos com muita facilidade (PÁDUA et al, 2009). Aqui é válido salientar que essa concepção de calórico advém de uma concepção anterior que foi proposta pelo médico

alemão George Ernst Stahl (1669-1734), a concepção do *flogisto*, em que, para Stahl, o flogisto era um tipo de substância atribuído aos princípios inflamáveis de corpos com essas predisposições (SILVA et al, 2013). Assim, de acordo com Stahl:

O processo de combustão, seria baseado na presença de substâncias combustíveis como o carbono e o enxofre, que quando aquecidas por uma chama, produziam grande quantidade de calor. Enquanto na calcinação, o aquecimento levava à transformação da substância, que se tornaria *cal*. Tanto a combustão quanto a calcinação seriam devidas à presença de um princípio inflamável (flogístico), presente no fenômeno: quanto mais combustível o material, mais flogístico ele possui. Na calcinação, quem possui o flogístico é o metal inicial, enquanto que a *cal*, derivada no processo, não. Portanto, na calcinação, o produto do metal fundido seria *cal* mais flogístico, sendo que o segundo elemento é liberado no ar. Já as substâncias como enxofre e carbono possuíam muito flogisto, que liberado na atmosfera após a queima, ficaria no seu estado livre (WISNIAK, 2004 apud SILVA et al, 2013, p.505).

A partir da teoria do flogisto que a concepção do calórico foi baseada e desenvolvida. A teoria do flogisto só fora abandonada, de fato, após inúmeras experiências realizadas por Lavoisier que envolviam a calcinação e combustão com diferentes substâncias, no qual, de acordo com Silva et al (2013):

as experiências levaram Lavoisier a concluir que a combustão era uma reação química que se dava não pela presença de uma substância na matéria submetida à queima, mas na “atmosfera” em que o fenômeno ocorria, ou seja, seria um elemento presente no ar, elemento que ele denominou calórico (SILVA et al, 2013, p.516).

Posto esse panorama da compreensão da natureza do Calor ao longo de alguns períodos históricos, podemos, então, analisar como esses cientistas ultrapassaram essas concepções alternativas e conseguiram chegar na compreensão que possuímos hoje, sobre o Calor. Até chegarmos na concepção de Calor como “Energia que flui de um corpo a outro” ou “Energia em trânsito”, algumas barreiras tiveram que ser ultrapassadas e, assim, alguns mecanismos de superação apareceram neste processo de ressignificação. Praticamente todos os conceitos científicos conhecidos passaram por esse processo de ressignificação ou *desobstaculização* (LINO, 2016).

Quando observamos a história conseguimos aferir inúmeras concepções alternativas que foram permeadas de obstáculos do conhecimento. Como o desenvolvimento do conceito de Energia que, por aproximadamente um século, esteve restrito apenas ao campo da mecânica. Devido a esse período longo, Lino (2016) aferiu que essa restrição da Energia apenas para os estudos mecânicos obstaculizou o desenvolvimento do conceito para outras áreas da ciência. Ou

seja, a restrição, nesse caso, gerou os obstáculos epistemológicos na compreensão do conceito de Energia. É válido salientar, também, que no trabalho de Lino esses obstáculos observados nas concepções alternativas histórica aparecem nas concepções alternativas de estudantes, também (LINO, 2016, p.338). Nesse sentido, aferiu-se que a superação desta concepção divergente se deu no momento que os cientistas da época iniciaram investigações sobre a perda da *força viva*² em fenômenos relacionados com o movimento de corpos, como explicitado por Lino:

Sabemos que, a partir da história, o conceito de energia adquire significados diferentes, fora da mecânica, quando se iniciam as investigações das perdas de força viva nos fenômenos relacionados ao movimento dos corpos. Recorrendo a experiência podemos investigar o que ocorre com as perdas de energia cinética, em casos em que a força de atrito age sobre o corpo. Neste caso, energia cinética é convertida em energia térmica. Assim, estamos estudando as condições de aplicação deste conceito, estamos deformando o conceito primitivo no sentido de refletir sobre seus aspectos físicos (LINO, 2016, p.339).

Para a transposição didática desses mecanismos de superação em sala de aula, Lino recomenda que:

devemos mostrar ao estudante que efeitos de origem diversos podem gerar movimento, ou o movimento pode gerar efeitos diversos, inclusive que tais efeitos podem ser correspondentes sem levar em consideração o movimento. Como os primeiros trabalhos da década de 1840 nos mostraram, que o movimento poderia gerar calor, calor gerar movimento, eletricidade gerar calor, reações químicas gerar eletricidade, luz gerar calor, entre outras, são exemplos de como o conceito pode ser *deformado* (LINO, 2016, p.339).

Ou seja, aproximar os estudantes da observação de fenômenos de transformações de energia em movimento, igual fizeram os pensadores, se torna um meio com extremo potencial para que haja a *desobstaculização*.

Esse panorama sobre a *desobstaculização* do conceito de energia se fez necessário para compreendermos a maneira com que os cientistas, ao final do século XVII, puderam, enfim, compreender a natureza do Calor e, assim, ultrapassaram os obstáculos epistemológicos da época.

De antemão temos que compreender que no século XVII ainda persistia a disputa sobre a melhor compreensão do Calor (Calor como movimento ou Calor como substância). A teoria do

² Durante o século XVII ainda havia muita confusão com relação à compreensão do conceito de energia e *momentum*, e no cerne do desenvolvimento desses conceitos Leibniz (1695), em sua obra *Espécime dinâmico para admirar as leis da natureza relativas a força dos corpos e para descobrir suas ações mutuas e restitui-las as causas*, introduz o conceito de *vis viva* (força viva) para descrever o que hoje conhecemos como energia cinética.

calórico ainda era creditada por alguns cientistas, pois a tese de Carnot ³ sobre o funcionamento das máquinas térmicas era baseada nesse conceito. E a teoria do calor como movimento também era considerada por inúmeros cientistas.

Havia ainda muitas dúvidas sobre a natureza do Calor e, conseqüentemente da Energia (LINO, 2016). Nessa perspectiva temos que a concepção do Calor como uma substância obstaculizou o desenvolvimento do princípio da conservação de Energia, e o próprio desenvolvimento do conceito de Energia. Como explicitado por Lino (2016, p.340) “a interpretação do calor como uma espécie de substância obstaculizava o desenvolvimento do princípio de conservação de energia”.

Os obstáculos da explicação do Calor como uma substância apareciam na própria compreensão do conceito, no qual as experiências apoiavam a ideia do calor como essa tal substância, entretanto, essa *substancialização* se deu por uma aproximação já que não se conseguia ver, sentir e tocar essa Energia. Tal motivo levou aos obstáculos epistemológicos envolta do conceito.

A superação deste obstáculo surgiu quando os cientistas abandonaram a ideia do *calórico* (calor como substância) e começaram a elaborar uma teoria dinâmica para os processos térmicos e, nesse contexto, outra grandeza física nasceu, o conceito de *Entropia* (LINO, 2016). Nesse contexto, a energia adquire seu status abstrato a partir dos princípios de conservação e interconvertibilidade. Nesse processo, os mecanismos de superação deste obstáculo estavam relacionados à compreensão e investigação dos processos de interconvertibilidade, transformação e conservação de energia.

Tais dificuldades encontradas na história também aparecem nas concepções alternativas de estudantes (LINO, 2016). Os estudantes também possuem as mesmas confusões com relação às definições de Energia, Calor e fontes de energia que os cientistas que estudaram e auxiliaram o desenvolvimento destes conceitos. Dessa maneira, para a superação destes obstáculos e para a transposição didáticas destes mecanismos, Lino recomenda que:

o mecanismo de superação deste obstáculo deve estar relacionado ao entendimento desses processos de transformação e conservação. Mostrar ao estudante que a energia é uma grandeza que deve ser conservada por meio de suas transformações, pode fazê-lo afastar de um pensamento substancial da energia, ou ajudá-lo a superar este obstáculo. Isso pode ser feito pelo esclarecimento das diferenças entre as fontes de energia e os

³ Em 1824 Sadi Carnot elaborou uma teoria que explicava, de acordo com a física, o funcionamento das máquinas térmicas e que permitia melhorar o rendimento delas.

tipos de energia que existem na natureza, aplicando este pensamento em situações de interconvertibilidade e conservação (LINO, 2016, p.342).

Assim, mostrar os processos das transformações das formas de energia aos estudantes e esclarecer as diferenças entre as fontes e os tipos de energia pode auxiliar na ultrapassagem destes obstáculos, observados tanto nos cientistas, quanto nos estudantes.

Podemos perceber que a compreensão dos pensadores e cientistas, ao longo do tempo, sobre a natureza do Calor foi se desenvolvendo e se aperfeiçoando a partir de teorias anteriores. Em maioria, essas teorias anteriores sempre apresentavam alguma concepção ou noção equivocada com relação a teoria posterior. Essa característica da Ciência é fundamental para sua evolução, pois tudo que conhecemos hoje é baseado em algum erro anterior.

Hoje sabemos que o Calor ou a quantidade de calor trocada entre corpos, que antes era compreendido ou como movimento, ou como substância, é compreendido como uma forma especial de energia que flui entre os corpos nos processos térmicos (PÁDUA et al, 2013). Tal definição só foi alcançada após séculos de desenvolvimento histórico sobre a compreensão da natureza do Calor.

3 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo traçar comparações entre as concepções alternativas de estudantes de diversos níveis de escolaridade acerca do conceito de calor com os pensamentos que percorreram a História da Ciência (HC) no intuito de propor algumas hipóteses para ultrapassar essas barreiras do conhecimento.

3.1 Objetivos Específicos

- Conceituar o calor de acordo com o que se é aceito hoje em dia no meio científico;
- Identificar as concepções prévias dos entrevistados a respeito do calor;
- Aferir se as concepções alternativas dos entrevistados se enquadram como obstáculos epistemológicos;
- Associar as concepções prévias e alternativas dos alunos com as concepções histórica do mesmo conceito;
- Fomentar hipóteses para a utilização da HC no processo de “desobstaculização”

4 Metodologia

Como temos o objetivo de comparar as concepções dos estudantes com os pensamentos que percorreram a história a fim de verificar se são obstáculos epistemológicos, de fato, e, assim, propor algumas hipóteses (mecanismos históricos de superação) para a superação destes obstáculos, realizamos uma pesquisa de campo em formato de questionário para identificar as concepções alternativas dos estudantes. As questões que compunham este questionário foram desenvolvidas a partir de uma perspectiva que corrobore com o objetivo do trabalho, ou seja, são questões direcionadas às compreensões dos estudantes acerca do calor e à cultura pedagógica que eles foram submetidos ao longo de suas vidas. Assim, para captar tais concepções sobre o calor, utilizamos questões, tanto alternativas, quanto discursivas. Na qual, confeccionamos um formulário com 8 questões que englobava questões de caracterização (idade e formação) e questões que estão relacionadas com as compreensões dos participantes sobre o Calor e sua natureza. Desta maneira, realizamos essa pesquisa com estudantes de diversos níveis de ensino (anos finais de fundamental, médio do ensino médio e graduação) e docentes de instituições públicas. A escolha por um público heterogêneo se deu para fins analíticos, em que a aplicação dos questionários não foi feita numa situação de ensino específica, voltada ao calor, mas sim num contexto mais amplo, favorecendo nossa categorização. Desta forma, os participantes que responderam a nossa pesquisa não necessariamente tinham estudado os conceitos apresentados e/ou tinham familiaridade com a temática apresentada, sendo assim os resultados obtidos também nos fornece concepções de senso comum, em alguns casos.

Este trabalho possui um cunho qualitativo de pesquisa, em que, para a análise dos dados utilizamos a proposta de análise de conteúdo de Bardin (1977). Desta forma, para esta análise, inicialmente, organizamos as respostas obtidas de acordo com suas utilidades para a pesquisa. Nessa etapa verificamos a pertinência da resposta relacionando-a ao objetivo de pesquisa. Na sequência, iniciamos a codificação e categorização das respostas, no qual inferimos o que Bardin denomina como unidades de contexto e unidades de registro. As unidades de contexto nada mais são do que a íntegra das respostas obtidas pelo formulário, e as unidades de registro são os trechos selecionados das unidades de contexto que se relacionam com o nosso objetivo de pesquisa (no caso deste trabalho, são as concepções dos entrevistados sobre o Calor).

Assim, definidas as unidades de contexto e registro, partimos para o processo de

codificação, em que separamos todas as respostas úteis (unidades de contexto) em códigos que, para esta pesquisa, utilizamos 4 códigos: Concepção de Calor como substância, Concepção de Calor como movimento, Concepção de Calor como energia em trânsito e Concepção de Calor distinta das demais. Assim, as unidades de contextos foram analisadas de forma com que se encaixassem em algum desses 4 códigos. Feito isto, passamos para a última etapa de análise do conteúdo, a categorização das unidades de registro selecionadas. Dessa forma categorizamos essas unidades de registro de acordo com os códigos escolhidos, ou seja, selecionamos os trechos das unidades de contexto que indicavam a concepção do entrevistado (unidade de registro) e categorizamos eles de acordo com os códigos.

Posto isso, comparamos as concepções alternativas dos participantes com as que percorreram a história, na intenção de encontrar paralelismos entre elas e categorizá-las como obstáculos epistemológicos ou não, segundo a teoria de Gaston Bachelard (2005). Assim, a concepção alternativa que vier a ser categorizada como obstáculo epistemológico, poderá ser ressignificada utilizando os mesmos mecanismos que os estudiosos utilizaram durante a história para ultrapassar esse obstáculo. Para identificar esses mecanismos realizamos uma análise histórica da própria literatura e de pesquisas e/ou artigos que contemplem essa dimensão histórica da construção do conhecimento.

5 Resultados e Discussão

Após a confecção e aplicação de nosso formulário, pudemos analisar as 30 respostas obtidas. As respostas foram bem heterogêneas com relação a idade e formação, em que variaram alunos de ensino fundamental à professores. Posto isso, o percentual de respostas obtidas de acordo com as idades e formações estão representados nos gráficos 1 e 2 a seguir:

1) Qual a faixa etária você se encontra:
30 respostas

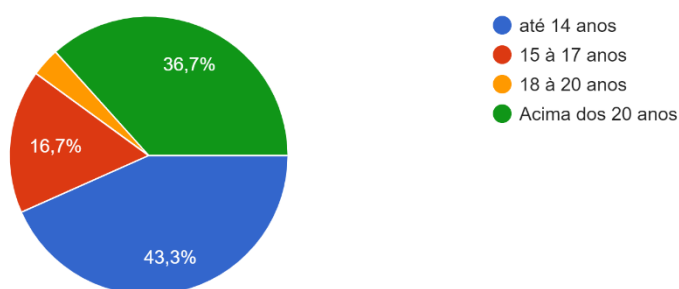


Gráfico 1 - Percentual de respostas obtidas de acordo com a idade.

Neste gráfico podemos perceber que a maioria dos entrevistados são jovens de até 14 anos de idade, seguidos de pessoas acima dos 20 anos, pessoas entre 15 e 17 e pessoas entre 18 e 20 anos.

2) Dentre as opções abaixo, você se encaixaria em:
30 respostas

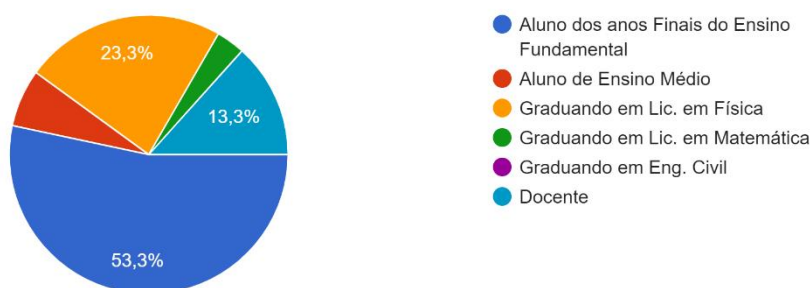


Gráfico 2 - Percentual de respostas obtidas de acordo com a formação.

Neste gráfico podemos aferir que um pouco mais da metade do público desta pesquisa são estudantes de anos finais do Ensino fundamental, o que faz sentido levando em consideração o percentual de jovens com até 14 anos exibidos no gráfico 1.

Os gráficos 1 e 2 mostram a nós que o público desta pesquisa varia entre diversas idades e níveis de escolaridade, e que podemos notar que a maioria se concentra em jovens de até 14

anos (53,3%) que estudam nos anos finais do Ensino Fundamental (43,3%). Nessa linha temos ainda que salientar o número relativamente alto de graduandos em Licenciatura em Física (23,3%) e docentes (13,3%) e os participantes que possuem idades acima de 20 anos (36,7%) e entre 15 e 17 anos (16,7%).

Posto este panorama sobre o público-alvo da pesquisa, analisamos as respostas das questões 3 e 4 do formulário. A questão 3 de caráter discursivo, fomentava a descrição breve da opinião do participante sobre o uso da contextualização histórica no Ensino de Física: “*Você acredita que a contextualização histórica no Ensino de Física pode ser uma ferramenta útil para facilitar o processo de ensino-aprendizagem? Explique brevemente*”. Já a questão 4 era uma pergunta com respostas alternativas, cujo objetivo da questão era saber se o entrevistado julgava saber a definição do Calor: “*Você sabe o que é Calor?*”.

Assim, pudemos aferir que, a partir das análises das respostas na questão 3, 97% dos participantes acreditam que a contextualização histórica no Ensino de Física é uma ferramenta útil para corroborar um melhor processo de ensino-aprendizagem. Também conseguimos notar que, de acordo com as respostas da questão 4, nenhum entrevistado julgou não saber o que é Calor, o mais próximo observado foi a certeza da dúvida. Esse percentual é representado no gráfico 3 a seguir:

4) Você sabe o que é Calor?
30 respostas

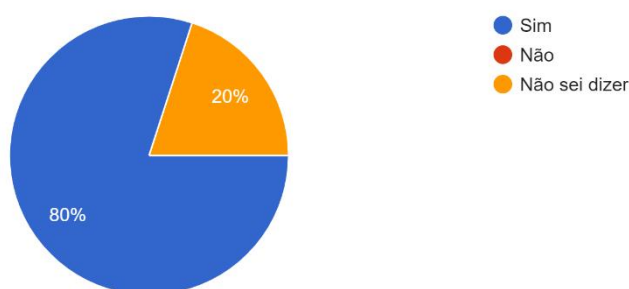


Gráfico 3 - Percentual da convicção dos participantes com suas concepções prévias sobre o Calor.

Neste gráfico conseguimos notar que a grande maioria dos participantes julgaram ter conhecimento do Calor e sua natureza.

Estes dados são interessantes pois podemos perceber que os participantes (talvez pela maioria se tratar de jovens de anos finais do Ensino Fundamental) possuem uma alta convicção em sua concepção ou seu entendimento do Calor e dos processos que o Calor está envolvido. Entretanto essa convicção não se concretiza na realidade dos fatos, de acordo com nossas análises das respostas obtidas nas questões subsequentes do formulário, as questões 5, 6, 7 e 8.

Antes das análises das questões mencionadas, é válido salientar que na sequência desta pesquisa iremos realizar uma verificação, das respostas obtidas, em paralelo às formações dos participantes.

Também devemos enfatizar que, para nossas análises, interpretamos a noção de Calor como temperatura como sendo a concepção de Calor como movimento. Assim, todas as concepções sobre o Calor que vieram a se enquadrar como temperatura foram codificadas nesta perspectiva. Decidimos por considerá-las desta maneira porque acreditamos que a concepção de Calor como temperatura pode se associar com a própria definição da temperatura: que indica o nível de movimento das moléculas que compõem o corpo.

Por conseguinte, as próximas questões analisadas tinham por objetivo coletar as concepções prévias/alternativas dos participantes sobre o Calor e suas manifestações. Dessa maneira, propomos as questões contextualizando-as em fenômenos vistos no cotidiano. Tais como, o resfriamento de uma xícara de café exposta ao ar livre por um certo período de tempo, o borbulhamento de uma quantidade de água aquecida em um fogão e a dilatação de um metal a partir do contato com chama de uma vela.

Desta forma, a questão 5, *“Imagine o seguinte cenário: um copo de café quente está sobre uma mesa. Depois de um determinado tempo este copo, que antes tinha uma temperatura maior que a do meio, entra em equilíbrio térmico com o meio (tanto o meio quanto o copo ficam com a mesma temperatura). De acordo com sua experiência com o Ensino de Física, descreva brevemente onde se dá a manifestação do Calor nesse cenário.”*, nos propiciou algumas concepções distintas como respostas, concepções essas que foram codificadas e categorizadas numa perspectiva qualitativa corroborada pela teoria de análise de conteúdo de Bardin (1977). Dessa forma, os trechos das respostas obtidas que demonstram as concepções sobre o calor dos entrevistados (unidades de registro) foram codificados de 4 maneiras: Concepção de Calor como substância, Concepção de Calor como movimento, Concepção de Calor como energia em trânsito e outras concepções. Veja na tabela 1 a seguir:

TABELA 1. Codificação das unidades de registro das concepções alternativas sobre o Calor coletadas a partir da questão 5 do formulário.

Códigos	Evidências aferidas
	<ul style="list-style-type: none"> • [...]o calor se manifesta no ar. • Está na parte exterior. • o calor está na parte exterior do copo. • O calor tá no lado exterior do copo.

<p>Calor como substância</p>	<ul style="list-style-type: none"> • O calor está na parte exterior do copo. • Na temperatura ambiente[...] • No copo. • O copo de café quente. • Na mesa. • Do clima. • O copo de café quente.
<p>Calor como movimento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Na temperatura do café quente. • O calor começa a diminuir para entrar em equilíbrio térmico com o ambiente e com a mesa[...] • O calor se dá da temperatura maior do copo que diminui ao decorrer do tempo devido a troca que ocorre. • com o ar em volta do copo. • O corpo transfere temperatura para o ambiente até eles ficarem com equilíbrio térmico[...]
<p>Calor como energia em trânsito</p>	<ul style="list-style-type: none"> • [...]pela troca de calor com o ambiente. • Isso se chama troca de calor e é um princípio da termodinâmica. • [...]Essa energia em trânsito é a manifestação do calor. • O calor é a energia térmica em trânsito. • O calor sempre transita espontaneamente do corpo mais quente, de maior temperatura, para o corpo mais frio, de menor temperatura. Portanto o calor do copo foi transferido para o meio e para a mesa, e após um tempo entraram em

	<p>equilíbrio térmico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • [...]o calor é a energia transmitida de meio com. mais calor para o com menos e assim entrando em equilíbrio. • A manifestação de calor provém do copo de café que resfriou-se devido a temperatura ambiente.
Outras concepções de calor	<ul style="list-style-type: none"> • O calor está perdendo a força. • Não sei. • O copo começa a esfriar, ficando na temperatura do ambiente, ou esfria completamente, mas o líquido e o copo com o passar do tempo que vai esfriar eles ficam na mesma temperatura. • Não sei dizer. • Sim.

De acordo com as informações apresentadas na tabela, podemos notar que as concepções sobre a manifestação do calor nesse cenário comum, de nosso cotidiano, são bastante análogas e distintas. No qual apenas 7 respostas (23%) se adequam a definição aceita pela comunidade científica do Calor, como ele sendo uma energia em trânsito. Também podemos aferir que a concepção mais predominante foi a de Calor como uma forma de substância pertencente ao material, na qual obtivemos 11 respostas (37%) com esta percepção. As concepções de Calor como uma forma de movimento molecular (aqui enquadrámos também a concepção de Calor como sendo a temperatura) também aparece dentre as respostas, não com tanta intensidade como as anteriores, mas ainda sim num bom montante para considerar, em que notamos 5 concepções (17%) nesta linha de raciocínio. Outro ponto importante que notamos nas respostas, foi o número de pessoas que não conseguiram responder onde ocorria manifestação do Calor no cenário proposto ou que possuíam concepções análogas a essas codificadas, no qual foram 7 os participantes (23%) que se enquadraram nesse código.

Percebemos, então, que a concepção sobre o calor predominante nestas respostas foi a

concepção do Calor como ele sendo uma substância intrínseca a cada corpo. No qual, os participantes associavam o Calor a algo ou alguma coisa presente no copo ou no ambiente. Também vale salientar o número relativamente alto de concepções sobre o Calor como um movimento molecular, em que muitas respostas associavam a manifestação do Calor com a definição da temperatura (ou confundindo com a temperatura ou associando o Calor como movimento das partículas do corpo).

Nessa linha, separamos as concepções codificadas anteriormente de acordo com a formação dos participantes. Assim, na tabela 2 a seguir temos essas categorizações:

TABELA 2. Concepções codificadas na questão 5 do formulário de acordo com a formação dos participantes.

	16 Alunos de anos finais do Ensino Fundamental	7 Licenciandos em física	4 Docentes
Calor como substância	9 concepções (56%)	Não teve	2 concepções (50%)
Calor como movimento	1 concepção (6%)	3 concepções (43%)	Não teve
Calor como energia em trânsito	1 concepção (6%)	4 Concepções (57%)	1 concepção (25%)
Outras concepções	5 concepções (31%)	Não teve	1 concepção (25%)

Com esses dados percebemos que a maioria dos alunos de anos finais de Ensino Fundamental (56%) compreendem o Calor como essa substância intrínseca a cada corpo. Também notamos que os licenciandos em física, em sua maioria (57%) possuem concepções fiéis à aceita pela comunidade científica, o Calor como energia em trânsito. Esse fato se deve, muito provavelmente, pela bagagem de conhecimento que possuem devido a seu curso. Entretanto, uma parcela significativa desses licenciandos (43%), ainda confundem a manifestação do Calor com o conceito de temperatura. Entre os docentes, os dados apontam, também, para a tendência aferida entre os alunos de ensino fundamental, de conceber o calor como uma substância (50%).

A próxima questão (6) do formulário tinha um cunho alternativo de resposta, no qual tinha como intenção a análise das concepções sobre a propagação do Calor num cenário comum

a todos nós, o aquecimento de uma quantidade de água no fogão. Dessa forma, a questão, “Quando colocamos uma jarra de água no fogão para ferver percebemos que, conforme a água vai sendo aquecida pelo fogo, ela começa a "borbulhar". De acordo com esse cenário e com sua experiência no Ensino de Física, assinale a alternativa que melhor descreva a manifestação do Calor nesse caso:”, apresentava algumas respostas distintas dentre as opções, e que variavam de acordo com os códigos trabalhados nesta pesquisa e citadas anteriormente. O gráfico 3 a seguir nos mostra o percentual de concepções sobre o Calor nesse cenário

6) Quando colocamos uma jarra de água no fogão para ferver percebemos que, conforme a água vai sendo aquecida pelo fogo, ela começa a "borb...hor descreva a manifestação do Calor nesse caso:
30 respostas

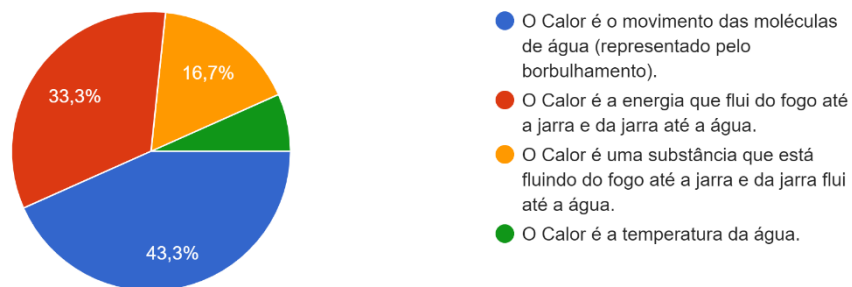


Gráfico 4 - Percentual das concepções de Calor dos participantes de acordo com a questão 6.

Neste gráfico podemos observar que a tendência de Calor como movimento (43,3%) e como substância (16,7%) ainda prevalecem. Entretanto, nesse cenário observamos que, por se tratar de um fenômeno visual, que dá margem a compreensão do Calor como movimento (devido ao borbulhamento), essa concepção mecânica apareceu com maior índice. Também, observamos que a concepção aceita cientificamente, de Calor como energia em trânsito, aparece em uma quantidade significativa (33,3%). Esse fato se deve, talvez, ao direcionamento, proposital, que demos as opções de respostas, colocando entre as opções essa definição correta.

Na sequência desta pesquisa, a questão 7, “De acordo com as Leis da Termodinâmica, sabemos que um corpo, quando aquecido, dilata (aumenta) sua área, comprimento ou volume. Sabendo dessa característica imagine uma barra de ferro que está sendo aquecida por uma chama de uma vela e, por isso, aumenta seu comprimento em alguns milímetros. Vamos supor que tínhamos uma barra de 1 metro de comprimento antes do aquecimento, e depois do aquecimento ela aumentou em 1cm seu comprimento, ou seja ficou maior. Nesse caso, a manifestação do calor ocorre em que momento? Descreva brevemente sua concepção.”, era uma questão de cunho discursivo (como a questão 5) que apresentava uma contextualização

sobre a dilatação de um metal a partir do contato com a chama de uma vela. Neste cenário, a ideia era que os participantes analisassem essa dilatação e discorressem sobre a manifestação do Calor.

De antemão devemos salientar que, para fins analíticos, analisamos e interpretamos as concepções que relacionam o Calor (ou suas manifestações) com a “dilatação” que a barra sofre como uma concepção de Calor como substância. Assim, concepções como “*No momento em que a chama da vela passa a aquecer o ferro e ele se dilata*” ou “*Na hora que cresce 1 cm*” foram categorizadas enquanto concepções de Calor como substância. Categorizamos essas concepções desta forma pois, o fato de um corpo dilatar e aumentar seu tamanho pode ser explicado a partir da ideia de absorção de algum tipo de substância (calórico), como aferido na análise dos estudos históricos sobre o conceito.

Por conseguinte, iremos considerar que essas concepções de Calor que se relacionam com a dilatação da barra de ferro como uma concepção de Calor como Substância. Assim, a tabela 3 na sequência nos apresenta as concepções obtidas e já codificadas e aferidas dos participantes para este cenário:

TABELA 3. Codificação das unidades de registro das concepções alternativas sobre o Calor coletadas a partir da questão 7 do formulário.

Códigos	Evidências aferidas
Calor como substância	<ul style="list-style-type: none"> • O calor está na chama[...] • [...]O fogo passa o seu calor para o ferro[...] • Está no pavio da vela. • O calor está na vela. • O calor está na vela. • [...]devido a alta temperatura às moléculas “vai” expandindo. • No momento em que a chama da vela passa a aquecer o ferro e ele se dilata. • [...]quando está frio as partículas se movem mais devagar, assim diminuindo o metal quando ele se contrai, e aumentando sua área quando ele se dilata.

	<ul style="list-style-type: none"> • No momento de contato da vela, porque aquece a barra de ferro e faz com que ela tenha um breve derretimento[...] • Na hora que cresce 1cm. • No momento em que o fogo da vela começa a aquecer o ferro fazendo com que ele dilata. • Na dilatação? • O calor se dá através da chama da vela que aquece a barra fazendo com que a mesma se dilate e aumente seu tamanho. • Na dilatação.
Calor como movimento	Não teve.
Calor como energia em trânsito	<ul style="list-style-type: none"> • O calor está presente no momento em que a energia térmica da chama da vela é transferida para a barra de ferro que será aquecida por esta[...] • A vela por processo de irradiação aqueceu a barra de ferro, esse aquecimento ocorreu, devido a transferência de energia da vela para a barra. • Conforme as moléculas passam calor para outras[...] • O calor da chama é transferido pela chama da vela para a barra de ferro[...] • [...]a vela fornece calor para a barra por meio de irradiação[...]
	<ul style="list-style-type: none"> • Não sei.

Outras concepções de calor	<ul style="list-style-type: none"> • Não entendo esses processos na física. • Não sei entendi “nd”. • Quando o fogo encosta no ferro. • Não sei dizer
-----------------------------------	---

De acordo com os dados apresentados nesta tabela, conseguimos aferir que a grande maioria dos participantes (53%), ao se depararem com esse cenário da dilatação de um metal por seu aquecimento, concebem o Calor (ou a transferência do Calor da chama da vela para a barra metálica) como uma substância que está relacionada com o ato da dilatação da barra. Também notamos que a concepção de Calor como movimento não apareceu em nenhuma das concepções para este contexto, enquanto as concepções de Calor como a energia em trânsito tiveram percentuais de aparição relativamente satisfatórios (20%). Acreditamos que esses resultados indicam que em cenários que as trocas de Calor resultam na dilatação dos corpos, os estudantes e professores tendem a conceber que essa dilatação ocorre por causa de alguma substância (calórico) que é absorvida e resulta no aumento (ou expelida e resulta na diminuição) do corpo em questão. Essa ideia de substância como a responsável pela dilatação ou contração de corpos também é aferida historicamente, aonde vimos que os pensadores observavam a dilatação dos corpos, e explicavam esse fenômeno pela absorção dessa substância (calórico) para o aumento do tamanho.

Desta maneira, percebemos que o exemplo de uma barra de metal dilatando a partir do contato com a chama de uma vela realçou muitas concepções que se relacionam com o ato observacional da dilatação da barra. Em que, o “movimento” de dilatação da barra aos olhos dos participantes, se relacionaria com o movimento das moléculas do corpo como sendo essa a manifestação do Calor, nesse cenário específico.

Posto isto, podemos analisar também essas respostas a partir da categorização por formação dos participantes. Assim, a tabela 4 a seguir nos mostra a quantidade de aparições de cada concepção codificada (unidades de registro) sobre o Calor de acordo com a escolaridade dos participantes:

TABELA 4. Concepções codificadas na questão 7 do formulário de acordo com a formação dos participantes.

	16 Alunos de anos finais do Ensino Fundamental	7 Licenciandos em física	4 Docentes
--	---	---------------------------------	-------------------

Calor como substância	12 concepções (76%)	3 concepções (43%)	2 concepções (50%)
Calor como movimento	Não teve	Não teve	Não teve
Calor como energia em trânsito	Não teve	4 Concepções (57%)	Não teve
Outras concepções	4 concepções (24%)	Não teve	2 concepções (50%)

A partir destes dados, aferimos que as concepções neste contexto tendem, de acordo com a maioria dos dados, a acreditar que uma substância está relacionada ao aumento do comprimento da barra de metal. Assim, notamos que para este cenário, da dilatação de uma barra de metal as concepções de Calor como movimento não aparecem em nenhuma resposta, o que contraria o cenário da questão 5, que teve respostas também distintas, porém, mais distribuídas (2 concepções prevaleceram, Calor como substância e movimento). Como nenhum entrevistado concebeu Calor como movimento neste cenário, temos que os dados referentes aos licenciandos em física e docentes são parelhos aos apresentados na tabela 2, entretanto, o que seria concepção como movimento naquela situação (questão 5) nesta situação (questão 7) de dilatação virou concepção de Calor como substância, ou seja, os percentuais são iguais extrapolando essas diferenças.

Por fim, a última questão do formulário (8), “*Se tivesse que definir Calor como uma das alternativas abaixo, como definiria?*”, nos forneceu um panorama sobre as concepções dos estudantes sobre o Calor num formato fechado de resposta (alternativa), em que possuía como opções algumas concepções distintas. O percentual no gráfico 4 representa as concepções dos entrevistados para a questão 8:

8) Se tivesse que definir Calor como uma das alternativas abaixo, como definiria?

30 respostas



Gráfico 5 - Percentual das concepções dos participantes sobre o Calor na questão.

Neste gráfico podemos notar que a maioria dos participantes (40%) responderam que o Calor é a energia em Trânsito, resultado um pouco análogo quando comparado com as questões discursivas, que fomentavam que as concepções principais eram de Calor como substância e movimento.

Com os dados obtidos nesta questão, pudemos notar uma certa divergência das concepções quando comparadas com os dados das questões discursivas. Na questão 8, a maioria dos participantes (40%) assinalaram que definem o Calor como a energia em trânsito, ou que flui de um corpo a outro. Seguido da concepção de Calor como movimento (33,3%) e, ainda, uma concepção de Calor como a sensação térmica (20%). Esses resultados podem ser explicados pelo direcionamento da questão, que apresentou as concepções já formuladas nas opções, e pela falta de um cenário contextualizado para analisar e refletir (como no caso das questões 5, 6 e 7). Essa falta de um cenário para analisar pode ter contribuído para que os participantes, após percorrerem todo o formulário (isso por si só já lhes deu alguma vantagem para responder assertivamente a questão), alcançassem a resposta correta, em maioria, nesta questão.

Por conseguinte, os dados obtidos em todas essas questões analisadas, nos propiciaram um meio para conseguirmos aferir o paralelismo apontado pela literatura entre as concepções alternativas de estudantes e as concepções históricas. Em que, em nossas análises pudemos inferir que as concepções dos participantes tendem a se relacionarem com os dois pilares principais: A concepção do Calor como substância e a concepção do Calor como movimento. Também não devemos nos deixar esquecer que muitas concepções apresentadas aqui representam a definição aceita pela comunidade científica, porém, em menor índice e, na maioria das aparições dessas concepções, o responsável por tal ou era um licenciando em física, ou um docente. Duas categorias de formação que podem ou já passaram por um processo de

ensino-aprendizagem no âmbito dos fenômenos térmicos.

Também vale salientar que, a partir das análises, percebemos que dependendo do cenário ou do formato da questão (alternativa ou discursiva) as respostas variavam. Isso se deu, talvez, pelo fato de que, em questões alternativas, uma das respostas é a correta (ou seja, mesmo se o participante não souber ele tem uma chance probabilística de acertar) e, em questões discursivas, o participante precisava discorrer sobre o tema.

Outro ponto importante foi o dos cenários contextualizados, em que cada cenário representava as manifestações do Calor com perspectivas diferentes. Assim, aferimos que para cada situação, em média, os participantes tendiam a conceber o Calor de maneiras diferentes, na qual, quando havia uma situação com algum tipo de movimentação (borbulhamento da água, por exemplo) as concepções tendiam ao Calor como movimento, e quando havia alguma situação que o Calor estava se transferindo espontaneamente (como no caso da xícara de café) ou que havia a dilatação de um corpo as concepções eram, majoritariamente, de Calor como uma forma de substância. Nessa linha, pudemos notar, também, certa confusão com relação às definições de Calor e Temperatura, no qual muitas vezes os participantes relacionavam a temperatura com a manifestação do Calor, nos cenários propostos. Para nossas análises entendemos que essa confusão se categorizava na concepção de calor como movimento, levando em consideração a própria definição de temperatura.

Posto esse panorama, conseguimos notar diversos paralelismos entre essas concepções colhidas, dos participantes, e as concepções histórica sobre o Calor e sua natureza. Ao comparar as concepções alternativas dos participantes com as históricas sobre o mesmo conceito, pudemos observar que as muitas dificuldades aferidas podem ser vistas, também, na história do desenvolvimento do Calor (como a confusão na definição de Calor e temperatura) e muitas concepções desta pesquisa se assemelham com as vivenciadas na história, como a ideia de uma substância (calórico) ser responsável pelos processos envolvendo as trocas de Calor e a ideia de Calor como o movimento das moléculas do corpo aquecido (ou resfriado).

6 Considerações Finais

Após a análise de todos os dados obtidos e da literatura sobre História da Ciência e Ensino de Física, percebe-se que o paralelismo apontado pelas literaturas entre as concepções alternativas de estudantes (e docentes) e as concepções que aparecem na HC sobre o Calor (e sua natureza) pode ser inferido. Uma vez que a concepção aceita cientificamente sobre o Calor como “energia em trânsito” pouco se apresentou, enquanto outras concepções distintas, cuja maioria se assemelhou com as concepções históricas do mesmo conceito, foram aferidas em maiores quantidades. Concepções do Calor como movimento e substância prevaleceram em nosso contexto de pesquisa, no qual as duas concepções representaram, em média, pouco mais de 50% do total aferido entre todos os entrevistados em todas as questões. Também é válido salientar que a concepção de Calor como substância foi o grande obstáculo do conhecimento aferido, em que, em algumas situações chegou a ser a concepção de 76% de um grupo categorizado (como no caso das concepções de estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental na questão 7).

Por conseguinte, percebemos também que os entrevistados concebem o Calor de maneiras diferentes dependendo do contexto em que a manifestação dele ocorre. Em nosso corpo de questões que compunha o formulário, buscamos colocar perguntas contextualizadas com a realidade dos entrevistados e que conseguissem fomentar cenários diversos da manifestação do Calor. Dessa forma, as respostas obtidas dependiam do cenário, porém, sem se alternar dentre as duas concepções predominantes e aferidas, Calor como substância e movimento. Outro ponto importante que se notou foi que as respostas também variavam dependendo se a questão possuía alternativas ou se era necessário discorrer sobre o cenário exposto. As questões que possuíam respostas como opções obtiveram um melhor “aproveitamento”, com relação à definição do Calor, já as questões discursivas possuíam mais respostas análogas com à definição aceita pela comunidade científica. Esses resultados podem ser explicados pelo fato de as questões com alternativas para resposta já possuírem, dentre as opções, uma concepção correta cientificamente. Assim, mesmo que o participante não saiba a resposta correta, ele ainda possui uma chance probabilística de acertar. O que não ocorre nas questões de cunho discursivo.

Ao que tange nossos objetivos de pesquisa, pudemos observar que as concepções alternativas aferidas sobre o Calor nos participantes se assemelham, em maioria, com as concepções observadas na HC. Esse paralelismo já era apontado pelas pesquisas na área, sendo

assim nosso trabalho conseguiu fomentar mais argumentos para corroborar com a literatura. Assim, as concepções rivais, que permeavam os séculos XVIII e XIX, do Calor como um tipo de substância (*calórico*) e Calor como o movimento das moléculas/partículas de um corpo, puderam ser notadas, também, nas respostas dos participantes. Mesmo o percentual dessas concepções que se assemelham com as históricas sendo por volta de 50%, podemos deduzir que esse número é significativo para nossa pesquisa, pois dentre os participantes tínhamos licenciandos em física (cuja grande maioria apresentaram concepções corretas sobre o Calor) e docentes (que também apresentaram algumas concepções corretas), esse fato contribui para termos respostas corretas com um percentual considerável em nossa pesquisa. Dentre os alunos de fundamental, médio e outras licenciaturas, percebemos com muito mais ênfase esse paralelismo.

Dessa forma, ao compararmos tais concepções aferidas em nossa pesquisa com as concepções históricas, conseguimos notar que o público que não pertence ao ramo da física, ou que não possui uma formação completa, tende a compreender o Calor como os cientistas e pensadores que disputaram o desenvolvimento na HC. Assim, como podemos considerar que essa dificuldade aferida aparece no próprio ato de conhecer (por todas as experiências com o ensino de física que os participantes experimentaram durante a vida), conseguimos categorizá-las como os obstáculos epistemológicos, propostos por Bachelard (2005) e Brousseau (1983). Desta maneira, um potencial meio para ultrapassar essas dificuldades pode ser a utilização de processos ou mecanismos para a superação destes obstáculos a partir das próprias concepções alternativas/divergentes apresentadas. Esses mecanismos de superação podem corroborar com esse processo de “desobstaculização”, uma vez que, na HC, são observados que os mesmos mecanismos foram utilizados para ultrapassar essas as barreiras encontradas na época.

Quando observamos na HC, conseguimos notar que para cada barreira do conhecimento (obstáculo epistemológico) existente, um mecanismo de superação fora empregado para solucionar tal problema. Portanto, no caso da concepção de Calor como movimento, que permeou o século XVIII e que foi/é considerada uma barreira do conhecimento da época (obstáculo epistemológico), foi observado (no referencial teórico) que ela só pode ser ultrapassada por um mecanismo de superação. Mecanismo esse que tem potencial de ser transposto para a realidade atual, uma vez que as concepções alternativas sobre o Calor apresentadas neste trabalho se assemelham com as observadas na história.

Desta forma, para nosso trabalho, acreditamos que para ultrapassar essas mesmas barreiras do conhecimento apresentadas pelos entrevistados (aferidas pela análise dos dados), podemos utilizar mecanismos parecidos, em que podemos mostrar aos estudantes ou até outras

categorias de pessoas que inúmeros fenômenos podem gerar movimento, ou o movimento pode resultar nestes fenômenos. Assim como aferimos nos trabalhos do período de 1840, que indicavam que o movimento poderia gerar calor, esse calor gerar movimento, eletricidade gerar calor, reações químicas gerar eletricidade, luz gerar calor, e entre outras inúmeras transformações que observamos em nosso dia a dia (LINO, 2016). Dessa maneira acreditamos que fazer essa reflexão e discussão com os estudantes pode contribuir para que essa concepção divergente que ele possui seja ressignificada, numa perspectiva contextualizada com sua realidade.

Já na ocasião de concepções de Calor como substância (também aferido nas análises), observamos que na HC esse conceito também passou por um processo de superação. Essa concepção, que rivalizava com a concepção de Calor como movimento no mesmo período, só foi abandonada quando começaram a elaborar uma teoria dinâmica para os processos térmicos, no qual, os mecanismos de superação deste obstáculo estavam relacionados à compreensão e investigação dos processos de interconvertibilidade, transformação e conservação de energia. Assim, acreditamos que para a superação deste obstáculo em sala de aula, uma vez que os consideramos como tal, podemos mostrar para o aluno ou pessoa de outra categorização, que essa energia que flui (Calor) é uma grandeza que sempre se conserva. Ou seja, sempre está envolvida em algum tipo de transformação. Dessa forma acreditamos que essa reflexão, e até observação de algum fenômeno em sala de aula (como os exemplos utilizados no formulário), pode desviar o pensamento substancial sobre essa energia em trânsito. Assim, podemos esclarecer as diferenças entre as fontes de energia e tipos de energia, podendo até utilizar *softwares* online que demonstrem (visual) essas transformações e esses tipos de energia da natureza, este pensamento em situações de interconvertibilidade e conservação. Em que, é válido, também, o fomento, por parte do professor, das diferenças entre grandezas de estado e grandezas de processo nesse momento de aprendizagem.

Posto esse panorama, acreditamos, também, que o incentivo à pesquisa e à formação continuada aos professores é de extrema importância nos processos de identificação e superação dos obstáculos epistemológicos. Nesse sentido, cremos que estudos e/ou disciplinas focadas na compreensão e identificação dos obstáculos epistemológicos podem corroborar no processo de superação e/ou ressignificação dos obstáculos epistemológicos aferidos. Uma vez que para ultrapassarmos os obstáculos epistemológicos encontrados em uma sala, primeiro, devemos compreendê-los e identificá-los, o que não é uma tarefa muito simples. Por esse motivo acreditamos que disciplinas focadas nesses aspectos podem auxiliar as demais disciplinas ao que tange essa ressignificação dos conhecimentos.

Ainda nesta linha, cremos que trabalhar esses conceitos da História da Ciência aliado de outras disciplinas que possuam, também, algum enfoque histórico (como história e filosofia), numa perspectiva interdisciplinar, pode ser um mecanismo com potencial pedagógico imenso no processo de ensino-aprendizagem. Assim, combinar e planejar com professores de outras disciplinas atividades que relacionem os aspectos vistos na HC com o conteúdo destas outras disciplinas pode auxiliar, tanto nas aulas de física (ou ciências), quanto nas próprias aulas das outras disciplinas.

Por fim, acreditamos que nosso trabalho forneceu um conteúdo útil e com potencial de gerar pesquisas ainda mais aprofundadas e detalhadas ao que tange esses estudos e aspectos da História da Ciência no Ensino de Física. Por conseguinte, nossas análises puderam fornecer um alerta quanto as concepções alternativas de estudantes e professores acerca do conceito de Calor, identificando-as como obstáculos epistemológicos e, portanto, uma ferramenta com potencial de utilização no ensino de conceitos da termodinâmica, mais especificamente, tecendo um panorama sobre o Calor e suas compreensões históricas e atuais, com algumas hipóteses para superar as barreiras aferidas.

7 Referências

BARROS, Marcelo Alves; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. A História da Ciência iluminando o ensino de visão. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 5, n. 1, p. 83-94, 1998.

MARTINS, André. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO: HÁ MUITAS PEDRAS NESSE CAMINHO. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n. 1, p. 112-131, abr, 2007.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni. A história da ciência no ensino de física. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 5, n. 1, p. 73-81, 1998.

PIETROCOLA, Maurício. A MATEMÁTICA COMO ESTRUTURANTE DO CONHECIMENTO FÍSICO. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 19, n. 1, p. 89-109, ago, 2002.

SILVA, Ana Paula Bispo; FORATO, Cyrino de Mello; GOMES, José Leandro de A. M. CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DO CALOR EM DIFERENTES CONTEXTOS HISTÓRICOS. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 30, n. 3, p. 492-537, dez, 2013.

GOMES, Henrique José Polato; OLIVEIRA, Odisséa Boaventura de. OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UM ESTUDO SOBRE SUAS INFLUÊNCIAS NAS CONCEPÇÕES DE ÁTOMO. **Ciências & Cognição**, v. 12, p. 96-109, 2007.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. 5ª reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto Editora Ltda, 2005. 309 p.

BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. **Recherches En Didactique Des Mathématiques**, Grenoble, v. 4.2, p. 164-198, 1983.

LINO, Alex. **O desenvolvimento histórico do conceito de energia: Seus obstáculos epistemológicos e suas influências para o ensino de física**. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2016.

THOMAZ, Marília F.; MALAQUIAS, I. M.; VALENTE M. O.; ANTUNES M. J. Uma tentativa para ultrapassar concepções alternativas sobre calor e temperatura. **Gazeta de física**, v. 17, p. 10-17, 1994.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. 5ª edição. São Paulo. Editora perspectiva S.A., 1998.

GOMES, José Leandro de A. M.; FORATO, Cyrino de Mello; SILVA, Ana Paula Bispo. Temperatura e Teorias sobre a Natureza do Calor: Um Projeto de Aplicação da História e Filosofia da Ciência ao Ensino de Física. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Universidade de Campinas, 2011.

PÁDUA, Antônio Braz; PÁDUA, Cléia Guiotti; MARTINS, Ricardo Spagnuolo. A natureza do calor: passados dois séculos, será que a teoria do calórico ainda é de alguma forma uma ideia

atraente ou, até mesmo, útil? **Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 3-18, jan./junho, 2009.

ARAÚJO, Angélica Oliveira; MORTIMER, Eduardo Fleury. O perfil conceitual de Calor e sua utilização em comunidades situadas. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Águas de Lindóia, 2015.

VITAL, Abigail; GUERRA, Andreia. A IMPLEMENTAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA: UMA REFLEXÃO SOBRE AS IMPLICAÇÕES DO COTIDIANO ESCOLAR. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.19, 2017.

GUIMARÃES, Lucas Peres; CASTRO, Denise Leal. A História e Filosofia da Ciência como subsídio para uma estratégia didática sobre radioatividade. **Universidade Federal de Itajubá**, v. 8, n. 1, 2019.

ARTHURY, L. H. M. A natureza da ciência no ensino de física: entre recortes e sugestões. **Revista do professor de física**, Brasília, v.4 n. 2, p. 1-17, 2020.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 50. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011. 129 p.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa, 1977. 229 p.