



FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BAURU

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA**

Douglas Augusto Galbiatti

**A INTERAÇÃO ENTRE OS ALUNOS EM ATIVIDADES DE
DEMONSTRAÇÃO EXPERIMENTAL ABERTA NUM CURSO DE
LICENCIATURA EM FÍSICA: UM ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO
CONCEITUAL SOB A PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL**

BAURU

2014

Douglas Augusto Galbiatti

**A INTERAÇÃO ENTRE OS ALUNOS EM ATIVIDADES DE
DEMONSTRAÇÃO EXPERIMENTAL ABERTA NUM CURSO DE
LICENCIATURA EM FÍSICA: UM ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO
CONCEITUAL SOB A PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência, da Área de Concentração em Ensino de Ciências e Matemática da UNESP/Campus Bauru, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência, sob orientação do Prof. Dr. Eder Pires de Camargo.

BAURU

2014

Galbiatti, Douglas Augusto.

A interação entre os alunos em atividades de demonstração experimental aberta num curso de licenciatura em Física: um estudo do desenvolvimento conceitual sob a perspectiva histórico-cultural / Douglas Augusto Galbiatti, 2014.

152 f.

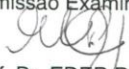
Orientador: Eder Pires de Camargo

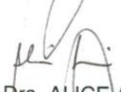
Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2014.

1. Abordagem de ensino. 2. Demonstração experimental. 3. Calor e temperatura. 4. Interação Social. 5. Atividades didáticas. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE DOUGLAS AUGUSTO GALBIATTI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.

Aos 07 dias do mês de fevereiro do ano de 2014, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-graduação da Faculdade de Ciências, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. EDER PIRES DE CAMARGO do(a) Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Profa. Dra. ALICE ASSIS do(a) Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Guaratingueta, Prof. Dr. MARCOS PIRES LEODORO do(a) Metodologia de Ensino - Universidade Federal de São Carlos, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de DOUGLAS AUGUSTO GALBIATTI, intitulado "A interação entre os alunos em atividades de demonstração experimental aberta num curso de Licenciatura em Física: um estudo do desenvolvimento conceitual sob a perspectiva histórico-cultural.". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. EDER PIRES DE CAMARGO


Profa. Dra. ALICE ASSIS


Prof. Dr. MARCOS PIRES LEODORO

Agradecimentos

O reconhecimento daqueles que são e foram primordiais para o desenvolvimento cognitivo e intelectual de qualquer pessoa tem extrema relevância em qualquer prática profissional.

Tratando-se do trabalho que será exposto nesta dissertação, recordamo-nos de muitas pessoas que nele tiveram algum tipo de participação, e essa recordação sempre se dá nos momentos mais oportunos, à medida que refletimos sobre toda a jornada para a finalização do trabalho.

Primeiramente, quero agradecer aos meus pais, Cristiane e Valdenir, pelo amor, dedicação, ensinamentos e exemplos, que me permitiram atingir meus objetivos e nunca desistir de meus sonhos e anseios. Foram eles que moldaram a minha personalidade e, por isso, agradeço-lhes agora e sempre.

Também desejo agradecer a todos os professores que passaram pela minha vida, pois hoje percebo, com absoluta clareza, que se eles fossem diferentes do que foram sob a perspectiva com que eu os percebia, eu não seria a pessoa que sou hoje. Portanto, a todos os professores que tive no período pré-universitário, meu muito obrigado.

A minha irmã Gabriela, agradeço por todos os momentos em que mais aprendi do que ensinei, pelas muitas risadas e pela descontração nos momentos mais áduos.

A minha namorada Letícia, companheira que escolhi e pela qual fui escolhido, agradeço por todos os momentos de apoio e compreensão frente às muitas barreiras de entendimento que enfrentei em inúmeros momentos de solidão na realização desse trabalho.

Agradeço a todos os professores com que tive contato em âmbito universitário, pelos conhecimentos trocados e pelas experiências compartilhadas. Porém, agradeço a alguns deles de maneira especial. Agradeço às professoras Alzira Cristina Stein-Barana e Deisy Piedade Munhoz pela oportunidade, assim que ingressei à universidade, de inserção no projeto Brinquedoteca Científica, no qual comecei a me interessar pela pesquisa em Ensino de Física; agradeço aos professores Eugênio Maria de França Ramos, Maria Antônia Ramos de

Azevedo e Jorge Roberto Pimentel, pelos vastos diálogos sobre vários assuntos, pelo incentivo e pelo crédito depositados em mim. Jamais me esquecerei de vocês.

Também agradeço a todos os colegas de pós-graduação, e especialmente a alguns com quem aprendi muito mais do que esperava – Thiago Mendonça, William Vieira Gonçalves, Fabiana Hencklein, Pâmela Figueiredo, Hawbertt Rocha Costa, Marisa Salina, Carol Avelino, Rafael Rigolon, Michel Carnio e tantos outros que a mim enriqueceram através da convivência.

Agradeço também à Profa. Elisabete Aparecida Andrello Rubo, que muito colaborou com a realização desse trabalho.

À CAPES, pelo oferecimento da bolsa que me permitiu dedicação exclusiva na realização do trabalho.

Às funcionárias da Faculdade de Ciências que tanto nos auxiliam no Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Gethiely S. Gasparini e Andressa C. Talon, e, principalmente, à funcionária Denise B. Felipe, pelo trabalho amigo e atencioso.

Por fim, agradeço aos colegas do grupo de pesquisa ENCINE (Júlio Carvalho, Edval de Viveiros, Estéfano Vizconde Veraszto, André Tato, Jéssica Lopes e outros de que não me recordo agora), que muito contribuíram comigo e com o decorrer dessa pesquisa e, especial e principalmente, ao Prof. Dr. Eder Pires de Camargo, meu orientador, que me norteou no decorrer desse curso de mestrado e proporcionou a realização deste trabalho a partir do momento em que, no ano de 2010, aceitou meu pedido de orientação e muito colaborou para a ampliação do meu campo de conhecimentos em relação ao ensino de ciências.

Tenho certeza de que ainda tenho muito a aprender com todos vocês. Muito obrigado a todos.

Lista de Quadros

Quadro	Página
Quadro 2.1: Equívocos relativos a calor e temperatura (SOZBILIR, 2003).	39
Quadro 5.1: Modelo explicativo para a exposição dos dados.	81
Quadro 5.2: Transcrição do Encontro 1 – Experimento “Aquecendo Balões”.	83
Quadro 5.3: Transcrição do Encontro 2 – Experimento “Quantidade de calor igual, temperatura diferente”.	89
Quadro 5.4: Transcrição do Encontro 3 – Experimento “Hand-bubbler”.	96
Quadro 5.5: Transcrição do Encontro 4 – Experimento “Termoscópio de Galileu”.	102
Quadro 5.6: Transcrição do Encontro 5 – Experimento “Motor Stirling”.	106
Quadro 5.7: Modelo explicativo para a categorização dos dados.	112
Quadro 5.8: Categorização dos argumentos do sujeito Aldo.	112
Quadro 5.9: Categorização dos argumentos do sujeito Juca.	114
Quadro 5.10: Categorização dos argumentos do sujeito Pedro.	115
Quadro 5.11: Categorização dos argumentos do sujeito Beto.	116
Quadro 5.12: Categorização dos argumentos do sujeito Júlio.	117
Quadro 5.13: Categorização dos argumentos do sujeito Oscar.	118
Quadro 5.14: Categorização dos argumentos do sujeito Eva.	119
Quadro 5.15: Categorização dos argumentos do sujeito Toni.	121
Quadro 5.16: Categorização dos argumentos do sujeito Tânia.	121
Quadro 5.17: Categorização dos argumentos do Grupo 1.	122
Quadro 5.18: Categorização dos argumentos do Grupo 2.	124
Quadro 5.19: Argumentos socializados no Encontro 1.	126
Quadro 5.20: Argumentos socializados no Encontro 2.	126
Quadro 5.21: Argumentos socializados no Encontro 3.	127

Quadro 5.22: Argumentos socializados no Encontro 4.	128
Quadro 5.23: Argumentos socializados no Encontro 5.	128

Lista de Figuras

Figura	Página
Figura 1: Balões de Festa	61
Figura 2: Aparato experimental (copos e fonte de energia)	62
Figura 3: Hand-bubbler	64
Figura 4: Termoscópio de Galileu	65
Figura 5: Ciclo Stirling	68
Figura 6: Ciclo de Carnot	69
Figura 7: Motor Stirling	69

*As pessoas que são loucas o suficiente
para achar que podem mudar o mundo
são aquelas que o mudam.*

Steve Jobs (Comercial “Pense Diferente” da Apple, 1997).

GALBIATTI, D. A. A interação entre os alunos em atividades de demonstração experimental aberta num curso de licenciatura em Física: um estudo do desenvolvimento conceitual sob a perspectiva histórico-cultural. 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Campus de Bauru Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2014.

RESUMO

Neste trabalho, estudamos os resultados relativos à aplicação de uma abordagem de ensino fundamentada na teoria histórico-cultural sobre a argumentação de estudantes do primeiro ano de um curso de licenciatura em Física, a respeito dos conceitos de calor e temperatura, de forma a responder à seguinte questão: quais são os resultados relativos à argumentação emergente do processo de formação de conceitos dos alunos, acerca dos conceitos de calor e temperatura, decorrentes da interação entre os alunos, mediados por atividades de demonstração experimental aberta? Com a constituição de dados realizada através de gravações de áudio e vídeo dos encontros com os sujeitos de pesquisa e se fundamentando na teoria histórico-cultural, juntamente com a análise textual discursiva, elaboramos três categorias de análise dos argumentos expressos por eles: complexos, pseudoconceitos e conceitos. E, a partir delas, foi possível observar que, com o decorrer da realização das atividades, os estudantes se aproximaram gradualmente do pensamento por conceitos sobre os conceitos de calor e temperatura. As características da abordagem de ensino desenvolvida e os resultados obtidos embasam a afirmação de que atividades pautadas sobre a interação entre os diferentes sujeitos contribuem para a modificação na argumentação e constituem uma possibilidade didática em relação à abordagem de transmissão/recepção de conhecimento.

palavras-chave: abordagem de ensino; demonstração experimental; calor e temperatura; interação social; atividades didáticas.

ABSTRACT

In this work we study the results for the implementation of a teaching approach based on cultural-historical theory about students argumentation of the first year of a degree course in physics about the concepts of heat and temperature, in order to answer the next question: what are the results concerning the emerging argumentation process of forming concepts of students about the concepts of heat and temperature, resulting from the interaction between the students mediated by open experimental demonstration activities? With the establishment of data held by audio and video recordings of meetings with the students and grounding in cultural-historical theory along with discursive textual analysis, define three categories of analysis of the arguments expressed by them: complex, pseudo-concepts and concepts. And from them, it was observed that over the course of carrying out the activities, students gradually brought together by concepts of thought about the concepts of heat and temperature. The characteristics of the educational approach developed and the results obtained underlie the claim that activities based on the interaction between the different individuals contributing to the change in argument and constitute a didactic ability compared to the traditional approach.

key-words: teaching approach; experimental demonstration; heat and temperature; social interaction; didactic activities.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO - MOTIVAÇÃO PARA O TRABALHO	14
1 REFERENCIAL TEÓRICO: VIGOTSKI E O PAPEL DA ARGUMENTAÇÃO	18
1.1 Do desenvolvimento cognitivo à interação social através da argumentação	18
1.2 As nuances do pensamento e as possibilidades de argumentação	22
1.3 O entendimento e a definição de “argumentação”	25
1.4 As distintas abordagens laboratoriais: seus limites e potencialidades	28
1.4.1 Abordagem de ensino: sequência didática e atividades de demonstração experimental aberta	31
1.4.2 Características dos experimentos utilizados	33
1.5 O papel da matemática no ensino de física: os conceitos físicos e os modelos matemáticos	34
2 JUSTIFICATIVA	37
3 O PROBLEMA E OS OBJETIVOS DE PESQUISA	41
3.1 A definição do problema	41
3.2 Objetivo geral	42
3.3 Objetivos específicos	43
4 METODOLOGIA DE PESQUISA	46

4.1 O método de pesquisa	48
4.1.1 Contribuição para a formação dos sujeitos	51
4.1.2 Os conceitos de calor e temperatura	53
4.1.2.1 As discussões sobre os conceitos de calor e temperatura	56
4.2 A abordagem de ensino	57
4.3 A relação entre professor/pesquisador e alunos	76
4.4 Referencial de análise de dados	77
5 ANÁLISE DOS DADOS	80
5.1 Categorias de análise: da definição aos resultados	81
5.2 Apresentação dos dados constituídos	83
5.3 Categorização: expondo os resultados	111
5.4 Metatexto: o novo emergente e a discussão dos resultados	129
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	133
7 REFERÊNCIAS	135
APÊNDICE	139
ANEXO – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	151

INTRODUÇÃO - MOTIVAÇÃO PARA O TRABALHO

Esta introdução será destinada a apresentar as motivações, tanto extrínsecas quanto intrínsecas, que levaram à idealização e à realização da pesquisa que culminou na produção do trabalho que é aqui apresentado na forma de dissertação.

Para sermos fiéis aos acontecimentos que nos levaram a constituir como objeto de pesquisa uma abordagem de ensino baseada em uma sequência didática predefinida e na realização de atividades de demonstração experimental aberta, temos que rebuscar memórias do início de nosso período de graduação, onde o entendimento que tínhamos da vivência universitária ainda era muito pequeno e limitado.

Nos primeiros dias de graduação, nossa perspectiva das atividades realizadas na universidade muito se assemelhava à compreensão ingênua da natureza da ciência (PRAIA, 2007) e nosso pensamento era fundamentado sobre a perspectiva técnica do conhecimento (CONTRERAS, 2002). Era então, de forma estruturada, clara e livre de perturbações que vislumbrávamos o horizonte das realizações universitárias. É relevante destacarmos, para que nossa dissertação se torne mais inteligível, que somos licenciados em Física.

Não demorou muito para que pudéssemos nos compreender totalmente inseridos no universo da graduação em Física. Realizando cálculos complicados e cursando disciplinas difíceis, era clara a nossos olhos a possibilidade de desvendar o universo, de compreender a verdade por baixo do véu da natureza e decifrar a essência de tudo aquilo que nos rodeia. Estávamos cientes de que o caminho para o entendimento da mais tenra estrutura da natureza já havia se iniciado.

No entanto, com o passar dos anos, chegaram as disciplinas de nosso curso de graduação que eram intituladas de pedagógicas (título que as diferenciava daquelas disciplinas denominadas de específicas, as quais tratavam **especificamente** dos conceitos e leis físicas), título que não compreendi até a presente data, pois na formação de licenciandos em Física, disciplinas de caráter pedagógico são extremamente específicas.

Foi nessas disciplinas que começamos a nos perguntar qual era realmente a nossa prática profissional perante a universidade e à sociedade, da qual a primeira faz parte. O que realmente sabíamos? Qual era o nosso papel na sociedade? Será que o conhecimento do qual

estávamos nos apropriando e que pensávamos compreender, até então, afetava a vida cotidiana das pessoas que nos rodeiam? Qual era a finalidade da nossa formação enquanto licenciandos em física?

No instante em que surgiram essas questões, atentamo-nos ao fato de que, talvez, nossa certeza de conhecimento não fosse assim tão grande e imergimos em uma crise de entendimento daquilo que estávamos fazendo. Não uma crise de caráter destrutivo e maçante, mas uma crise em que muito discutimos e indagamos a nós mesmos e aos outros, colegas e professores, tanto das disciplinas pedagógicas quanto das específicas, sobre aquilo que estávamos estudando há alguns anos.

Foi uma fase bastante árdua, em que praticamente desapareceram todas as certezas das quais pensávamos ser possuidores, para dar lugar às dúvidas, que até hoje nos alimentam em relação a vários assuntos relacionados à Física e à natureza dessa ciência.

Nesse período, passamos a ser mais questionadores das abordagens de ensino das quais nossos professores utilizavam, das técnicas didáticas e pedagógicas que aplicavam e ao posicionamento deles frente às disciplinas. Percebemos que, apesar de termos certa quantidade de conhecimento sobre Física, muito pouco compreendíamos a fundo, pois muitas vezes nos encontrávamos perdidos em situações cotidianas sem saber onde utilizar o conhecimento que havíamos adquirido.

Chegamos a pensar que nada sabíamos. Porém, posteriormente, notamos que o que precisávamos para a melhor fundamentação do conhecimento que detínhamos era a interação com os semelhantes e alguém que já tivesse passado por aquilo que estávamos vivendo. E foi justamente dessa maneira que tomamos consciência da natureza do conhecimento científico do qual havíamos nos apropriado ou ainda estávamos por nos apropriar e que conseguimos perceber a natureza social do conhecimento científico e o papel da ciência e do cientista na sociedade.

Foi através da intervenção realizada pelos professores das disciplinas pedagógicas que cursamos e de alguns outros professores das disciplinas específicas do curso de Física que passamos a perceber a ciência como uma atividade fundamentalmente humana e, em consequência disso, repleta de equívocos e adequações, ou seja, como uma realização suscetível a falhas e que não é inerte em relação ao âmbito social. A ciência não é neutra ou livre de preconceitos e interesses, pois sua prática depende de investimento de capital, e este

último surge de relações estritamente sociais, fazendo da ciência um produto das relações entre os seres humanos.

Assim surgiu nossa motivação extrínseca para a realização da pesquisa que é apresentada nesta dissertação. Mas, e quanto à nossa motivação intrínseca?

Continuando em nossa jornada pela memória, em determinado período do quinto semestre da graduação, começamos a tomar consciência de tudo que foi descrito acima, e uma insatisfação muito grande com a abordagem de ensino que nos era aplicada começou a surgir, pois nos fazíamos perguntas do tipo: por que demoramos tanto tempo para compreender a natureza da ciência? Será que realmente compreendemos as atividades experimentais que realizamos? Já não nos recordávamos de muitas delas! Será que realmente compreendemos os conceitos físicos aos quais fomos anteriormente apresentados, ou somente nos utilizamos deles para fazermos cálculos, pois quando tentávamos utilizá-los em argumentações com colegas, percebíamos que havíamos compreendido muito pouco!

Dessa maneira, começamos a imaginar qual seria a forma de uma abordagem de ensino que suprisse as necessidades que tínhamos. Como esta abordagem seria aplicada? Ela realmente seria geradora dos resultados que esperávamos? E, então, começamos a ter contato com os textos dos pesquisadores da área de Ensino de Física, e pudemos perceber que muitas pessoas haviam tido, assim como nós, preocupações relativas ao ensino da disciplina de Física, tanto em relação à aprendizagem de conceitos, como com aquisição de habilidades ou capacidade interpretativa, com compreensão teórica ou realização experimental, e então, compreendemos que poderíamos nos apoiar em construções de vários autores dessa já citada área de pesquisa, para dar corpo àquilo que inicialmente era uma ideia.

Porém, o corpo de trabalho de tal abordagem e a tomada da decisão de transformar nossa ideia inicial em um objeto de pesquisa surgiu através do contato com o Prof. Dr. Eder Pires de Camargo, que já de início (mesmo quando ainda não tinha conhecimento completo de nossa ideia) concordou em nos orientar.

Através do contato com o professor Eder a ideia de aplicação de nossa abordagem de ensino ficou mais clara e tomou forma. Estruturamos nossa abordagem sobre o escopo de uma sequência didática que clarificou nossa atuação enquanto professor e nos permitiu um entendimento mais profundo das possibilidades e limitações dela. Delineamos nossa

abordagem através do contato com os textos de Zabala (1998), que nos permitiu criar a sequência didática de trabalho que será apresentada adiante.

No entanto, não é suficiente que tenhamos uma abordagem de ensino e que acreditemos em suas potencialidades no que tange à relação ensino/aprendizagem, se não soubermos de que maneira observá-la e analisá-la. Dessa maneira, apresentamos aqui o problema de pesquisa que nos guiou na realização de nosso trabalho: quais são os resultados relativos à argumentação emergente do processo de formação de conceitos dos alunos acerca dos conceitos de calor e temperatura, decorrentes da interação entre os alunos, mediados por atividades de demonstração experimental aberta?

Feito isso, expomos uma síntese dos capítulos que compõem essa dissertação e suscitam a busca pela resposta à questão apresentada acima:

No capítulo 1 dissertamos a respeito do referencial teórico-metodológico vigotskiano e definimos os termos e a estrutura de base para a realização da pesquisa. Esse é o capítulo que delimita o escopo geral do trabalho.

O capítulo 2 expõe a justificativa e as razões pelas quais julgamos relevante a realização dessa pesquisa. E, no capítulo 3, apresentamos o problema e os objetivos de pesquisa que delinearam todas as ações realizadas.

No capítulo 4 estruturamos a metodologia elencada para a efetivação das atividades, tanto no que tange aos referenciais para a pesquisa qualitativa quanto às ferramentas e métodos de constituição de dados.

No capítulo 5 apresentamos a forma de análise de dados, as categorias e os resultados emergentes do processo de categorização dos argumentos socializados pelos sujeitos no decorrer da realização das atividades.

No capítulo 6 apresentamos considerações sobre a realização e os resultados da pesquisa e, no capítulo 7, expomos todas as referências utilizadas.

A partir disso, é possível iniciar a apresentação da pesquisa, na esperança de que a mesma venha contribuir para a área de ensino de ciências, e particularmente, para o ensino da ciência que desde a adolescência nos encanta, a Física.

1 REFERENCIAL TEÓRICO: VIGOTSKI E O PAPEL DA ARGUMENTAÇÃO

1.1 Do desenvolvimento cognitivo à interação social através da argumentação

No desenvolvimento do trabalho que é exposto nessa dissertação, utilizamos a teoria histórico-cultural de Vigotski como referencial teórico-metodológico das atividades e da abordagem de ensino proposta (que engloba a participação e norteamto das atividades pelo docente, a sequência didática desenvolvida e as categorias de análise que serão posteriormente apresentadas).

Fundamentamo-nos nessa teoria para observarmos e analisarmos as práticas argumentativas dos sujeitos de nossa pesquisa, alunos do primeiro ano do curso de graduação em Física de uma universidade pública brasileira. A partir das ideias apresentadas por Vigotski (2001) em seus estudos, criamos a maneira através da qual delineamos todo o trabalho que é apresentado aqui.

Dito isso, é relevante destacarmos que em nenhum momento de seus escritos, Vigotski (op. cit.) escreve tratando do termo argumentação e, nem mesmo, se propõe a estudar o papel da argumentação diretamente. No entanto, em seu trabalho, está implicitamente representado o papel da argumentação, como imprescindível ao desenvolvimento cognitivo de um indivíduo, pois para esse autor o desenvolvimento cognitivo humano é estritamente social e depende do contato com indivíduos que “sabem mais” ou que são compreendidos como detentores de um “saber maior”.

Contudo, para que possamos discutir a maneira com que compreendemos o papel da argumentação, fundamentados na teoria de Vigotski (op. cit.), é necessário que dissertemos sobre a forma pela qual este autor compreende o desenvolvimento do cérebro humano.

Para Vigotski (op. cit.), o pensamento e a linguagem seguem linhas de desenvolvimento cognitivo totalmente distintas na criança, até o momento em que ela se aproxima dos dois anos de idade. A partir desse ponto, essas linhas se cruzam, ou seja, pensamento e linguagem passam a se desenvolver concomitantemente, com um sempre auxiliando o desenvolvimento do outro.

[...] a descoberta mais importante sobre o desenvolvimento do pensamento e da fala na criança é a de que, num certo momento, mais ou menos aos dois anos de idade, as curvas da evolução do pensamento e da fala, até então separadas, cruzam-se e coincidem para iniciar uma nova forma de comportamento muito característico do homem. (VIGOTSKI, op. cit, p. 130).

O que Vigotski (op. cit) compreende como “muito característico do homem” é o elo entre o pensamento e a linguagem, que não ocorre em nenhuma outra forma de vida. É a partir dessa coincidência entre pensamento e linguagem que passamos a dispor daquilo que ele chama de “fala intelectual” e “pensamento verbalizado”. Sem isso, não teríamos atingido o nível de desenvolvimento cognitivo que temos atualmente, nem como indivíduos (desenvolvimento ontogenético) e, muito menos, como espécie (desenvolvimento filogenético).

De acordo com Vigotski (op. cit.), em nossos estágios iniciais de desenvolvimento de pensamento e linguagem, dispomos, primeiramente, de um pensamento “pré-verbal” e de uma linguagem “pré-intelectual”, e é a partir do desenvolvimento desses dois estágios que alcançamos as formas mais elevadas de pensamento e linguagem. Quanto à linguagem, ela é inicialmente exterior, ou seja, tem a função de indicar algo, de nos possibilitar a comunicação com os outros seres da mesma espécie, como: pai, mãe ou alguém que está diretamente relacionado ao indivíduo em seu período inicial de vida. Podemos compreendê-la como uma linguagem para a sobrevivência, ou seja, são o choro, os gritos, os gemidos de um bebê. Nessa fase, também, a criança assimila algumas palavras proferidas pelos indivíduos que a rodeiam, mas ainda não tem o pensamento desenvolvido suficientemente para compreender os nomes, os significados e a estrutura lógica do mundo em que está inserida.

A partir daí, ainda segundo Vigotski (op. cit.), quando a criança chega aproximadamente aos dois anos de idade, o cérebro já atingiu um nível maior de desenvolvimento e a criança torna-se capaz, através do contato social, de perceber que cada coisa tem um nome, a quase compreender a relação causal das frases ditas pelos adultos, e passa àquilo que este autor chama de “linguagem egocêntrica”. Vigotski designa essa linguagem de “egocêntrica” porque ela não precisa estar direcionada necessariamente a alguém ou algo, a criança simplesmente fala, dela e para ela própria, e não se preocupa com o fato de haver um interlocutor, pois realiza um monólogo.

É de suma importância destacar que, para Vigotski, o desenvolvimento cerebral se dá a partir do relacionamento social de um indivíduo, ou seja, um indivíduo não conseguiria atingir determinados níveis de desenvolvimento cognitivo se não tivesse contato, convívio e interação social. Para Vigotski, o ser humano é um ser essencialmente social, que somente atingiu um nível elevado de desenvolvimento cognitivo devido às necessidades e expectativas da vida em sociedade, desde o surgimento dos primeiros hominídeos até atualmente.

Portanto, para Vigotski, não é o desenvolvimento cerebral biológico que permite o desenvolvimento do pensamento e da linguagem. Pelo contrário, são as relações sociais, a linguagem e suas relações com o pensamento que propiciam o desenvolvimento cerebral.

Somente para ilustrar esta ideia básica da teoria de Vigotski (op. cit.), expomos abaixo um parágrafo em que ele evidencia as relações de causa e efeito entre o desenvolvimento cognitivo de um indivíduo e as interações sociais vivenciadas por ele:

Com tudo isso revela-se um fato fundamental, indiscutível e decisivo: o desenvolvimento do pensamento e da linguagem depende dos **instrumentos de pensamento** e da experiência sociocultural da criança. (VIGOTSKI, op. cit., p. 148, grifo do autor).

Assim, retomando o raciocínio anterior, podemos notar que, na teoria vigotskiana, a linguagem passa pelos estágios de exterior e egocêntrica, e evolui desta última para se tornar interior. E “essa linguagem interior se desenvolve mediante um lento acúmulo de mudanças estruturais e funcionais. [...] ela se separa da linguagem exterior das crianças ao mesmo tempo em que ocorre a diferenciação das funções social e egocêntrica da linguagem. [...] as estruturas da linguagem dominada pela criança tornam-se estruturas básicas de seu pensamento”. (VIGOTSKI, op. cit., p. 148).

Ainda, tratando do desenvolvimento do pensamento verbal através da linguagem interior, este autor escreve:

[...] um desenvolvimento não é a simples continuação direta de **outro, mas ocorre uma mudança do próprio tipo de desenvolvimento** – do biológico para o histórico social. (VIGOTSKI, 2001, p. 149, grifo do autor).

Então, o que Vigotski (op. cit.) tenta expressar com o parágrafo acima, é justamente o fato de que, após superar certo nível de desenvolvimento básico de raciocínio, que nos diferencia dos demais seres vivos, o desenvolvimento cognitivo humano passa de biológico para histórico-social, ou seja, não é o cérebro que dita o desenvolvimento de suas funções, e sim a interação social que o indivíduo vivencia.

É de suma relevância que compreendamos, então, que, de acordo com Vigotski (op. cit.), o contato social nos propicia um desenvolvimento cognitivo que nos tornamos capazes de pensar verbalmente a partir da internalização da linguagem, e a apropriação dessa linguagem nos é possível através da tomada de posse da língua utilizada no contexto social em que estamos inseridos e da compreensão dos signos dessa língua, bem como dos objetos a que eles se referem.

Com o auxílio dos signos, o homem pode controlar voluntariamente sua atividade psicológica e ampliar sua capacidade de atenção, memória e acúmulo de informações, como, por exemplo, pode se utilizar de um sorteio para tomar uma decisão, amarrar um barbante no dedo para não esquecer um encontro, anotar um comportamento na agenda, escrever um diário para não esquecer detalhes vividos, consultar um atlas para localizar um país etc. (REGO, op. cit., p. 52).

Em síntese, é através da linguagem interior e do pensamento verbal que nos tornamos capazes de compreender os argumentos que nos são apresentados no ensino de Ciências e, em particular, de Física. O aprendizado social anterior ao aprendizado de Física nos permite compreender a língua através da qual nos serão apresentados os conceitos, princípios, equações e funções dessa ciência.

¹A partir da compreensão dos argumentos que nos são apresentados no ensino de Física, surge a possibilidade de nos indagarmos sobre tal ciência. Porém, Vigotski (op. cit.) também destaca que essa compreensão nem sempre se dá da mesma maneira, mas que se

¹ *É relevante destacarmos o fato de que Vigotski deixa claro em seu livro “A construção do pensamento e da linguagem”, que a classificação dos estágios de desenvolvimento do pensamento é realizada a partir de um experimento, ou seja, em condições artificiais. Portanto, em nosso trabalho, tomamos as afirmações de Vigotski como aproximações do desenvolvimento do pensamento.

modifica com o decorrer do desenvolvimento cognitivo, e é esse desenvolvimento que permite uma compreensão cada vez mais clara, que trataremos a partir deste ponto.

1.2 As nuances do pensamento e as possibilidades de argumentação

Para entender a maneira através da qual nos apropriamos dos conceitos científicos, precisamos anteriormente compreender de que maneira os conceitos se formam em nosso cérebro.

Essa compreensão se torna possível através da utilização do referencial teórico de Vigotski (op. cit.), pois esse autor pesquisou a forma pela qual os conceitos são formados em nossos intelectos com o transcorrer de nossa vida social. A partir da teoria de Vigotski e de suas ideias, exprimimos as razões pelas quais delineamos nosso objeto de pesquisa, lembrando que o objeto dessa pesquisa é uma abordagem de ensino que se baseia na interação dos alunos, mediada por experimentos de baixo custo.

É comum para o ser humano, enquanto criança, ou mesmo em estágio posterior de desenvolvimento cognitivo, a utilização de termos e conceitos, mesmo antes de assimilá-los.

Quem não se lembra de ter ouvido uma nova palavra e sair usando-a mesmo antes de compreender o seu real significado? Todos nós, quando crianças, aprendemos a nos utilizar de ideias e conceitos de nossos respectivos adultos, após termos notado o papel social de cada um desses conceitos, mesmo sem compreendê-los em sua essência.

Os conceitos são a maneira através da qual expressamos nosso pensamento cotidiano. É através de conceitos que expressamos quaisquer pensamentos. Todas as palavras pressupõem determinados conceitos, pois é através delas que esses últimos adquirem suas implicações sociais.

Vigotski (op. cit.) apresenta a ideia de que a criança utiliza o conceito antes de compreendê-lo, afirmando que, quando a criança se utiliza de um conceito sem compreendê-lo, está se utilizando na verdade de um pseudoconceito, que executa a mesma função prática do conceito. É por isso que as crianças conversam normalmente com os adultos e um diálogo pode se estabelecer em uma situação assim.

[...] a criança começa antes a aplicar na prática e a operar com conceitos que a assimilá-los. O conceito “em si” e “para os outros” se desenvolve na criança antes que se desenvolva o conceito “para si”. O conceito “em si” e “para os outros”, já contido no pseudoconceito, é premissa genética básica para o desenvolvimento do conceito no verdadeiro sentido da palavra. (VIGOTSKI, op. cit., p. 198 e 199).

O que Vigotski compreende como conceito “em si” e “para os outros” é a relação prática que a criança cria com o conceito na utilização cotidiana que faz dele, mesmo quando ainda não compreende todas as implicações sociais e o significado que ele detém. Já com conceito “para si”, Vigotski se refere ao entendimento do significado e da função social de comunicação que os conceitos têm.

O autor afirma que a criança deve superar alguns níveis de pensamento para que possa atingir o pensamento por conceitos e que os adultos passam pelo mesmo processo ao longo de suas vidas quando se deparam com novos conceitos. Portanto, essa é a premissa teórica que dá sustentação para a realização dessa pesquisa, pois Vigotski afirma que os adultos passam várias vezes pelos níveis primários de pensamento quando pensam sobre novos conhecimentos.

Porém, para que possamos abordar a formação dos conceitos direcionada a nossos objetivos de pesquisa e sob nossa perspectiva metodológica, é preciso que compreendamos a forma através da qual Vigotski (op. cit.) expõe suas verificações a respeito da evolução do pensamento.

Inicialmente, o pensamento da criança é embaralhado, refere-se a um amontoado de objetos emendados sem uma caracterização uniforme que, “nas representações e na percepção da criança estão mais ou menos concatenados em uma imagem mista”. (VIGOTSKI, op. cit., p. 195).

A partir da fase acima, a criança passa para aquilo que Vigotski designa como “pensamento por complexos”. E o pensamento por complexos passa por alguns estágios. Porém, sinteticamente, ele pode ser compreendido como a fase do pensamento em que a criança associa as palavras a algo concreto, que esteja próximo a ela, que ela possa ver ou tocar, que tenha forma, cor ou cheiro que ela conheça. A fase mais evoluída do pensamento

por complexos é a dos pseudoconceitos, que já foi citada acima, e que quase pode ser compreendida como uma fase de pensamento por conceitos, mas não é, porque nessa fase a criança ainda se remete aos objetos que a rodeiam de acordo com as características concretas deles.

Vigotski (op. cit.) ainda escreve que:

Antes de mais nada, cabe observar que, no pensamento efetivamente vital da criança, os pseudoconceitos constituem a forma mais disseminada, predominante sobre todas as demais e frequentemente quase exclusiva de pensamento por complexos na idade pré-escolar. A disseminação dessa forma de pensamento tem o seu fundamento funcional profundo. A causa dessa disseminação e do domínio quase exclusivo dessa forma é o fato de que os complexos infantis, que correspondem ao significado das palavras, não se desenvolvem de forma livre, espontânea, por linhas traçadas pela própria criança, mas em determinados sentidos, que são previamente esboçados para o desenvolvimento do complexo pelos significados das palavras já estabelecidos no discurso dos adultos. (VIGOTSKI, op. cit., p. 191).

Dessa maneira, podemos perceber que passamos um grande período de nossas vidas no estágio de pseudoconceitos. No entanto, nosso pensamento continua a evoluir de acordo com o contato social e as experiências vividas até atingirmos o nível de pensamento por conceitos.

Enfim, após superar muitos obstáculos de desenvolvimento cognitivo, só “na adolescência a criança chega ao pensamento por conceitos (...)” (VIGOTSKI, op. cit., p. 228). Então, seria natural concluirmos que, uma vez atingido o nível mais elevado de pensamento, o de pensamento por conceitos, todas as pessoas que já atingiram tal nível nunca mais se utilizassem do pensamento por complexos.

No entanto, não é isso que ocorre. Apesar de termos atingido o nível de operações por conceitos, muitas vezes não nos utilizamos dele, conforme expresso por Vigotski:

No pensamento do adulto também observamos a cada passo um fenômeno sumamente importante: embora o pensamento do adulto tenha acesso à formação de conceitos e opere com eles, ainda assim nem de longe esse pensamento é inteiramente preenchido por tais operações. (VIGOTSKI, op. cit., p. 217).

É importante ressaltar que a preocupação principal de Vigotski não era a de elaborar uma teoria do desenvolvimento infantil. Ele recorre à infância como forma de poder explicar o comportamento humano no geral, justificando que a necessidade do estudo da criança reside no fato de ela estar no centro da pré-história do desenvolvimento cultural devido ao surgimento do uso do instrumento e da fala humana. (REGO, 2012, p. 25).

Temos como premissa teórica vigotskiana para a aplicação de nossa abordagem de ensino o fato de que passamos pelas fases de desenvolvimento do pensamento (desde os complexos até os conceitos) quando nos deparamos com algum conhecimento (conceitos) que até então era desconhecido, ou com algo de que há muito não tratávamos. Quando estamos expostos a tais situações, passamos a atuar com o pensamento por complexos sem que percebamos e, após passar por algumas transições de pensamento, atingimos o nível de pensamento por conceitos no que tange ao novo conhecimento.

Então, é isso que ocorre quando nos deparamos com os conceitos científicos no caso de Física e é a partir dessa premissa que apresentamos nessa dissertação todo o trabalho que realizamos na análise das potencialidades e dos limites de nossa abordagem de ensino. A partir disso, buscamos captar a argumentação dos estudantes envolvidos em nossa pesquisa a respeito dos conceitos físicos de calor e temperatura e observar se a argumentação dos mesmos, a respeito destes conceitos, foi ou não se modificando no decorrer das atividades de demonstração experimental aberta, pois é através da argumentação (forma de interação social) que admitimos que os estudantes expressam seu nível de compreensão dos conceitos, que será analisado de acordo com as categorias apresentadas mais adiante.

1.3 O entendimento e a definição de “argumentação”

A argumentação vem sendo discutida há séculos e as formas de expressar diferentes tipos de argumentos são discutidas em muitos trabalhos da área de ensino de ciência, alguns deles bastante recentes.

Portanto, levando-se em conta que analisamos os argumentos dos sujeitos para responder ao problema dessa pesquisa, devemos dissertar sobre a argumentação e expor o entendimento que temos desse termo.

De acordo com Wenzel (apud MENDONÇA e JUSTI, 2013, p. 190), a argumentação é composta por três formas diferentes: a retórica, a dialética e a lógica. E, para elucidar essas três formas de argumentação, citamos ainda Mendonça e Justi:

Segundo a perspectiva retórica, um bom argumento consiste na produção de discurso (escrito ou falado) que efetivamente auxilia membros de um grupo social a resolver problemas e tomar decisões. De forma geral, o propósito principal da retórica é a persuasão, empregada na escolha entre alternativas. Na perspectiva dialética, um bom argumento consiste da organização sistemática de uma interação (por exemplo, debate e discussão) com vistas à produção das melhores decisões possíveis. Finalmente, segundo a perspectiva lógica, um bom argumento é constituído de afirmativas sustentadas por evidências e razões suficientes e relevantes. (WENZEL apud MENDONÇA e JUSTI, op. cit., p. 190)

Nessa perspectiva, compreendemos que as atividades que realizamos com os sujeitos de pesquisa contêm as três formas de argumentação, pois o caráter interativo das atividades, juntamente com a sequência didática utilizada, pressupõe e acarreta o surgimento dessas três formas, de maneira que os sujeitos tentam convencer seus pares por meio das evidências obtidas nas demonstrações experimentais em uma interação sistemática definida pela atuação do professor/pesquisador.

Entendemos, segundo Assis (2005), que a produção de argumentos permite ao sujeito a interação com seus pares, de forma que:

A existência da argumentação pressupõe uma perspectiva dialógica que se institui mediante a relação mundo-pensamento-linguagem, uma vez que a característica humana de pensamento, conhecimento e funcionamento psicológico, expressa em suas atividades, é mediada pela linguagem e tem a gênese na dimensão sócio-histórica. (ASSIS, 2005, p. 40)

É através dos argumentos que os diferentes sujeitos de pesquisa socializam suas hipóteses explicativas e buscam justificar suas opiniões sobre os fenômenos físicos observados nos diferentes experimentos e, para isso, utilizam-se dos conceitos de calor e temperatura, de acordo com as definições de situação elaboradas pelo professor/pesquisador. Isso está de acordo com a “forma como atualmente o conhecimento científico é compreendido (não é estático e absoluto; não está baseado em leis e generalizações universais, mas em modelos, evidências e justificativas plausíveis)” (MENDONÇA e JUSTI, op. cit., p. 194).

(...) o propósito da argumentação é **justificar** ou **refutar** um ponto de vista oposto a partir de um conjunto de **pró-argumentos** (razões a favor) e **contra-argumentos** (razões contra). (...) a argumentação tem como finalidade **aumentar (ou diminuir) a aceitabilidade** de um ponto de vista controverso a partir de justificativas que visam o convencimento de uma audiência (o próprio sujeito, um interlocutor ou uma variedade de pessoas). (VAN EEMEREN et. al. e BILLIG apud MENDONÇA e JUSTI, op. cit., p. 193).

Compreendemos ainda, em conformidade com Assis (op. cit.), que:

(...) na medida em que o sujeito faz enunciações sobre o objeto de estudo, ocorre a construção do conhecimento, o que implica no fato de que qualquer estratégia metodológica, utilizada em sala de aula, institui uma relação de dependência entre construção do conhecimento acerca do conteúdo trabalhado, do pensamento e da linguagem. Para a produção do conhecimento não basta a interação entre sujeito/objeto e o desenvolvimento das estruturas mentais do mesmo. O que compele o sujeito ao conhecimento é o ato de falar sobre o objeto, de modo que o objeto é constituído pelo sujeito na sua relação com o outro. (ASSIS, op. cit., p. 41).

Sendo que nessa pesquisa os objetos (entidades concretas ou abstratas sobre as quais os sujeitos pensam) são as montagens experimentais utilizadas e o sujeito é motivado a falar (construir argumentos) de acordo com os construtos de Wertsch, que serão trabalhados mais adiante.

É possível, portanto, designarmos sinteticamente a maneira com que a “argumentação” é entendida no escopo dessa dissertação.

Compreende-se a argumentação como um processo de interação social em que há a continuidade de uma ideia, realizada através da socialização de formulações conceituais espontâneas e científicas, levando-se em consideração o processo de formação de ambas, segundo o referencial teórico-metodológico da teoria histórico-cultural (LABORDE, 1996).

Com “continuidade de uma ideia”, expressamos o raciocínio de que uma fala argumentativa nasce sempre de uma fala anterior de mesma natureza. Por fim, nessa dissertação, a argumentação é entendida como meio de comunicação de informações de um sujeito a seus pares através do qual se estabelece a interação social (BEDNARZ, 1996).

1.4 As distintas abordagens laboratoriais: limites e potencialidades

Uma de nossas proposições, no que tange à pesquisa de nossa abordagem de ensino, é a realização de atividades experimentais. Considerando que atividades dessa natureza podem ser desenvolvidas em ambiente laboratorial, como foram em nosso trabalho de pesquisa, é necessário que apresentemos as distintas abordagens laboratoriais possíveis, para que, finalmente, possamos explicitar aquela de que nos utilizamos para o embasamento de nossas atividades.

Fundamentando-nos no texto de Pinho Alves (2000), observamos as diferentes formas de abordagem laboratorial e podemos nos posicionar frente à variedade de enfoques possíveis.

Começemos pelas **experiências de cátedra ou laboratório de demonstrações**, que são as muito conhecidas demonstrações experimentais em que o professor é sempre o protagonista e aos estudantes fica reservado o papel secundário e passivo de ouvintes.

Agora destacamos o **laboratório tradicional**, muito criticado nas publicações que tratam da experimentação e das diversas metodologias laboratoriais. O laboratório tradicional ou convencional, como destacado por Pinho Alves (op. cit.), é aquele em que se atribui ao aluno a responsabilidade e a obrigação de manipular os equipamentos experimentais. As atividades nessa abordagem experimental são regidas por um roteiro estruturado e inflexível, que engessa as ações dos alunos. Há também, nessa abordagem, a inflexibilidade das estruturas experimentais, ou seja, não há a possibilidade de manipulação e modificação das montagens experimentais.

Os objetivos explicitados do laboratório tradicional, como deixa claro Pinho Alves, são a elaboração de relatórios experimentais, gráficos, análise de resultados experimentais e comentários sobre os erros nos resultados.

Outra abordagem que se mostra relevante no escopo dessa exposição é aquela designada por Pinho Alves como **laboratório divergente**. De maneira distinta do laboratório tradicional, nessa abordagem os estudantes têm abertura para tomar decisões em relação às medidas a serem efetuadas, às hipóteses iniciais e às formas de montagem e execução dos experimentos. Essas possibilidades de tomada de decisão tornam-se possíveis aos estudantes após um momento de familiarização com as medidas a serem realizadas, os fenômenos a serem observados, etc e, a partir disso, o estudante toma decisões de como proceder (PINHO ALVES, 2000).

Apresentadas essas três abordagens laboratoriais das quais, a nosso ver, as duas primeiras são as mais utilizadas tanto em âmbito superior de ensino quanto em nível médio, podemos refletir a respeito daquilo que está previsto nas atividades práticas (DOURADO, 2001) que realizamos, pois elas mesclam características de cada uma das três abordagens.

Em nossa pesquisa, estudamos os resultados de uma abordagem de ensino que, como o exposto no início desse texto, estrutura-se a partir de uma sequência didática preestabelecida. A execução dessa sequência didática parte de uma premissa comum para a realização de todas as atividades práticas, que é a execução de **demonstrações experimentais abertas** (ARAÚJO e ABIB, op. cit.).

De maneira distinta do que se possa imaginar ao se ler “demonstrações experimentais”, esse tipo de demonstração, que é classificada como aberta, possibilita a participação dos estudantes no que tange à discussão da montagem experimental, à discussão

dos fenômenos observados, ao delineamento da atividade e ao debate das hipóteses de explicação desses fenômenos.

Nesse tipo de demonstração, e na realização das mesmas em nosso trabalho, a interação social é primordial, pois de acordo com Vigotski (op. cit.) é a partir da interação com os parceiros de convívio que os estudantes se desenvolvem cognitivamente e, dessa maneira, evoluem no que tange à argumentação.

No entanto, não é nosso objetivo criarmos uma comparação entre a abordagem que propomos para a realização das atividades práticas e aquelas aqui expostas através do trabalho de Pinho Alves (op. cit.). Esta comparação faz-se desnecessária, à medida que, de acordo com Vigotski (op. cit.), as abordagens laboratoriais de demonstração tradicional e divergente também proporcionam o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, pois, segundo esse autor, aprendemos a partir da imitação, ou seja, buscamos imitar (com todas as particularidades individuais) as realizações daqueles que nos rodeiam e que compreendemos como “parceiros mais capazes”.

Assim sendo, é perfeitamente possível que, através dessas abordagens, os estudantes também se desenvolvam cognitivamente em relação ao entendimento dos conceitos científicos. Seria absurdo negarmos o fato de que, para alguns estudantes, as abordagens aqui descritas, não necessariamente as que utilizamos nessa pesquisa, geram evolução cognitiva, pois alguns atingem altos níveis de compreensão dos conceitos científicos a partir delas.

Mas então, para que propormos uma abordagem distinta fundamentada em **demonstrações experimentais abertas** (ARAÚJO e ABIB, op. cit.)? A partir da abordagem que propomos, objetivamos proporcionar aos estudantes uma interação maior do que aquela que seria possibilitada pelas demais abordagens, tanto entre eles próprios quanto entre eles e o professor/pesquisador.

Outra característica de nossa sequência didática é a utilização de materiais de baixo custo para a confecção dos experimentos. Dessa nossa escolha, poderiam surgir alguns questionamentos, como: por que utilizar experimentos de baixo custo se a pesquisa foi realizada em contexto universitário? Não havia laboratórios equipados disponíveis?

A resposta a esses questionamentos surge na medida em que esclarecemos as potencialidades advindas da realização de atividades práticas com experimentos de baixo

custo, pois almejamos a tomada de consciência dos alunos participantes dessa pesquisa no que tange ao potencial de ensino implicado na realização delas (SANTOS et. al., 2004).

Optamos por realizar as atividades com experimentos de baixo custo para que os sujeitos de nossa pesquisa (licenciandos em Física) pudessem notar que não são necessárias montagens experimentais sofisticadas ou de custo elevado para que se torne possível a discussão dos conceitos e fenômenos físicos, não só os ligados aos conceitos de calor e temperatura, mas uma enorme quantia deles. A partir do contato com as atividades, esperamos que esses sujeitos possam utilizar-se de atividades como essas em suas realizações futuras enquanto professores de Física.

Nossa escolha por essas atividades se materializou no contexto da discussão proposta por Borges (2002), na qual ele apresenta o fato de que muitos professores não se utilizam de atividades práticas pois não dispõem de um laboratório com materiais sofisticados, em um ambiente previamente estruturado. Buscamos, então, evidenciar a nossos sujeitos de pesquisa que um laboratório, muitas vezes, não constitui uma medida necessária ao estudo dos conceitos físicos.

Borges (op. cit.) aponta também para o fato de que, apesar de estarem de acordo quanto à relevância das atividades práticas, os professores que as realizam fazem-nas de maneira estruturada e fechada, o que pouco contribui para o desenvolvimento dos estudantes quanto aos conceitos e princípios científicos, tornando difícil a reflexão crítica dos mesmos quanto à natureza do conhecimento científico. Dessa forma, o trabalho de Borges sustenta a realização de nossas demonstrações experimentais abertas de baixo custo, tanto pelo caráter elucidativo das mesmas quanto pelo aspecto formativo, pois, para ele, há a necessidade da implantação de atividades práticas de caráter aberto na formação dos estudantes em que haja o envolvimento cognitivo dos mesmos e em que eles possam expressar as suas intenções e expectativas. O uso de atividades abertas representa uma possibilidade formativa para os licenciandos, que serão futuros professores.

1.4.1 Abordagem de ensino: sequência didática e atividades de demonstração experimental aberta

A abordagem de ensino que desenvolvemos para a realização dessa pesquisa é o todo formado pela sequência didática e pelas atividades de demonstração experimental aberta (ARAÚJO e ABIB, 2003, p. 181).

Portanto, o que entendemos como “abordagem de ensino” é a execução das atividades de demonstração experimental delineada pela sequência didática que desenvolvemos.

Mas, afinal, o que é uma sequência didática? E o que são atividades de demonstração experimental aberta?

Uma “sequência didática” é, como o próprio nome já diz, uma sequência de passos que são utilizados para a realização de atividades didáticas (ZABALA, 2010). Dessa maneira, a partir das sequências didáticas, pode-se observar e acompanhar os passos realizados em uma determinada atividade didática.

A sequência didática desenvolvida para a efetivação das atividades didáticas que realizamos nessa pesquisa se fundamenta na teoria histórico-cultural do desenvolvimento na medida em que se estrutura sobre a interação entre os alunos e nas atividades de demonstração experimental aberta que permitem e proporcionam essa interação. Para tratar das características das atividades de demonstração experimental aberta, citamos Araújo e Abib (2003):

(...) as atividades de demonstração/observação aberta incorporam outros elementos, apresentando uma maior abertura e flexibilidade para discussões que podem permitir um aprofundamento nos aspectos conceituais e práticos relacionados com os equipamentos, a possibilidade de se levantar hipóteses e o incentivo à reflexão crítica, de modo que a demonstração consistiria em um ponto de partida para a discussão sobre os fenômenos abordados, com possibilidade de exploração mais profunda do tema estudado. (ARAÚJO e ABIB, 2003, p. 181).

É através das definições acima que estruturamos a abordagem de ensino; o problema dessa pesquisa está intrinsecamente relacionado a ela, mas, para descrevermos de maneira mais clara as atividades de demonstração experimental aberta e elencarmos nosso

problema de pesquisa, é necessário dissertar sobre as características dos experimentos que foram utilizados.

1.4.2 Características dos experimentos utilizados

Para tratarmos dos experimentos que utilizamos nessa pesquisa para a efetivação das atividades de demonstração experimental aberta, é necessário descrevermos as razões que nos levaram a definir o uso deles.

As montagens experimentais utilizadas têm um conjunto de características e finalidades que podem ser expressas segundo o papel que desempenham na estrutura da abordagem de ensino. Cada montagem experimental é mais complexa que a anterior e as atividades com cada uma delas foram realizadas de modo a gerar pontos de continuidade das discussões efetuadas em cada um dos encontros, de forma que a realização de cada demonstração experimental dependesse da anterior e uma não parecesse desvinculada da outra.

A primeira razão que determinou a escolha das montagens experimentais em questão foi a motivação gerada por elas. A motivação é estritamente necessária ao desenvolvimento cognitivo e à evolução conceitual.

E, como expressa Laburú (2006), a motivação existe em dois âmbitos distintos: o extrínseco e o intrínseco. A motivação extrínseca é externa ao indivíduo, e a intrínseca é interna, porém, com uma implicando na outra. Em outras palavras, Laburú expressa que as características de uma atividade prática com experimentos dependem tanto da estrutura delimitada pelo professor para a realização da mesma quanto do impacto motivacional gerado por cada montagem experimental.

À medida que se planejam atividades com abertura e interação suficientes para motivar os estudantes (motivação extrínseca) são geradas possibilidades para que ele sinta disposição e curiosidade para participar ativamente dessas atividades (motivação intrínseca).

A segunda intenção que nos levou ao uso desses experimentos foi a capacidade deles, sob planejamento docente, de gerar dissonâncias cognitivas (FESTINGER, 1975). A

dissonância cognitiva pode ser compreendida como a “existência de relações discordantes entre cognições” (FESTINGER, op. cit., p. 13).

Segundo Festinger, toda pessoa tenta manter um determinado grau de consonância (concordância) entre todo o conhecimento que detém e os novos conhecimentos que vai adquirindo no decorrer da vida e, quando isso não é possível, ocorre o que ele designa como dissonância cognitiva.

Relacionando a teoria da dissonância cognitiva com a teoria histórico-cultural de Vigotski, podemos dizer que o desenvolvimento cognitivo se dá quando há a diminuição da dissonância cognitiva, ou seja, quando o novo conhecimento se estabelece entre os conhecimentos prévios e aumenta-se a área cognitiva que se relaciona a um dado conceito (nenhum conhecimento é perdido ou substituído).

Dessa forma, a partir das razões descritas acima, definimos os cinco experimentos que são utilizados na pesquisa e compreendemos que as características motivacionais e de dissonância geradas nos sujeitos de pesquisa são determinadas pela atuação do professor/pesquisador no decorrer das atividades práticas, estruturadas segundo a sequência didática.

Os experimentos são os mediadores das relações interpessoais ocorrentes na realização de cada uma das cinco atividades de demonstração experimental aberta. Afirmamos isso a partir das características das ações previstas na sequência didática, em que o principal atributo é a interação social entre os diferentes sujeitos.

1.5 O papel da Matemática no ensino de Física: os conceitos físicos e os modelos matemáticos

Desde o início da pesquisa em Ensino de Física, há um debate que chama bastante a atenção. Este debate é fundamentado sobre a ligação que há entre a Física, como ciência natural, e a Matemática, da qual a primeira passou, em determinado período histórico (aproximadamente após os estudos de Galileu Galilei (1564-1642)) (LOZADA et. al., 2006), a se utilizar para representar e interpretar os fenômenos naturais.

Já houve tempos na pesquisa nessa área, em que o repúdio à matematização da Física era exacerbado, pois acreditava-se que era devido às dificuldades matemáticas e à grande ênfase dessa forma de conhecimento, dentro do escopo de conhecimentos da Física, que os estudantes não apresentavam grande interesse nessa última, passando, assim, a se compreender a Matemática como um obstáculo a ser vencido no ensino de Física.

No entanto, não compartilhamos dessa visão nessa pesquisa, à medida que, na execução das atividades de demonstração experimental aberta, fornecemos os modelos matemáticos de descrição dos fenômenos físicos ocorrentes em cada experimento, na busca por gerar os pontos de partida da argumentação que analisamos.

Ou seja, através dos modelos matemáticos presentes no material escrito (apostila) que fornecemos aos sujeitos de nossa pesquisa, apresentamos algumas evidências do caminho argumentativo que poderia ser trilhado por eles ao exporem suas hipóteses explicativas dos fenômenos em questão.

Nosso entendimento da relação entre a Física e a Matemática se aproxima daquilo que é escrito por Feynman (2012) ao tratar da estrita inter-relação entre a produção profissional dos matemáticos e da utilização que os físicos fazem desses produtos, que podemos designar como “modelos matemáticos”. Em seu raciocínio, Feynman aponta para o fato de que

(...) matemáticos preparam raciocínios abstratos prontos para serem usados quando se tenha um conjunto de axiomas sobre o mundo real. Os físicos conferem sentido a todas as suas frases. (...) Física não é matemática, assim como matemática não é física. Uma ajuda a outra. Na física você precisa compreender a conexão entre palavras e o mundo real. (FEYNMAN, 2012, p. 61).

Esse mesmo autor ainda expõe a ideia de que a Matemática não é apenas uma ferramenta da qual o físico se utiliza, mas um arcabouço de conhecimentos do qual o físico pode tomar posse para refletir e conjecturar sobre a natureza. É com essa percepção que fornecemos aos estudantes os modelos matemáticos de descrição dos fenômenos físicos presentes nas atividades de demonstração experimental, ou seja, com essa ação demos a eles um material de que poderiam se apropriar para conjecturarem sobre tais fenômenos.

Sobre a imbricada relação entre Física e Matemática, Lozada et. al. (op. cit.) escreve que:

Os modelos matemáticos exercem um papel relevante em todo o desenvolvimento da Física, uma vez que compõem uma tríade fundamental para esta área da Ciência: a Física, acima de tudo, apoia-se em formulação teórica, elaboração de um modelo matemático compatível e experimentação (LOZADA, op. cit., p. 2).

É possível ainda, sobre a citação acima, dizer que todo o conhecimento já existente dentro dos variados campos de conhecimento da Física não se restringe a surgir a partir da tríade exposta. Muitos outros fatores subjetivos a cada cientista estão sempre implicados na produção de conhecimento científico.

São numerosos os exemplos na história da ciência, em que houve grandes embates filosóficos e profissionais entre grandes físicos, em que não só os fatos mensurados eram discutidos, mas também as opiniões pessoais fundamentadas nas mais diversas crenças e convicções.

No entanto, podemos assumir que o conhecimento físico atual se fundamenta sobre essa tríade, sem jamais deixar de notar a subjetividade inerente a toda e qualquer atividade social, em que se inclui a Física e qualquer outra Ciência. Compreendido isso, fica evidente que, dentro do escopo de nossa pesquisa, a Matemática é compreendida como fundamental para o trabalho a respeito dos conceitos físicos de calor e temperatura.

Portanto, para nós, a Matemática não é mera ferramenta de atuação profissional para os estudantes de Física, mas é a estrutura utilizada para alicerçar o conhecimento físico sobre uma base sólida, repleta de significado e universalidade de informações. Compreendemos que a matemática não é ferramenta, no sentido estrito da palavra, mas é, sim, componente essencial para a reflexão a respeito do conhecimento físico.

Utilizamo-nos dos modelos matemáticos de descrição dos fenômenos físicos de modo que, a partir do debate e discussão de hipóteses sobre as razões pelas quais cada fenômeno ocorria, fôssemos nos valendo das formulações dos modelos para proporcionar a compreensão de tais ocorrências físicas e para motivar os estudantes a argumentarem sobre

elas para que pudéssemos avaliar a compreensão que eles detinham dos conceitos de calor e temperatura, na medida em que esses conceitos surgiam em seus argumentos.

Dessa forma, buscamos que os estudantes compreendessem, no decorrer de nossas atividades, que os modelos matemáticos são um conjunto de signos (VIGOTSKI, op. cit.), ou seja, são entidades abstratas dotadas de significado que são utilizadas na Física, antes de tudo, para buscar a estruturação de uma ideia científica de acordo com uma dada interpretação de um fenômeno.

Neste capítulo, apresentamos as bases teóricas que dão sustentação ao trabalho realizado e, através delas, validamos as ações realizadas no processo de desenvolvimento da pesquisa, seja no que tange ao processo de desenvolvimento de conceitos, seja na captação da argumentação e na definição de atividades de demonstração experimental aberta.

Com as considerações sobre o papel da Matemática para o ensino de Física encerramos o capítulo 1. No capítulo seguinte, apresentamos as justificativas para a execução dessa pesquisa e o motivo pelo qual a julgamos relevante para a área de ensino de Física.

2 JUSTIFICATIVA

Como apresentado anteriormente, nossa motivação para a realização desse trabalho germinou da insatisfação que cultivávamos em relação às abordagens de transmissão/recepção de conhecimento com que trabalhamos enquanto alunos no período de graduação no curso de Física.

Essa insatisfação surgiu, de forma mais contundente, devido às abordagens de aulas laboratoriais e à experimentação que praticávamos em disciplinas práticas. A realização dos experimentos era pouco inteligível, pois aquilo que era realizado em cada aula estava sempre descrito em um roteiro e era necessária pouca reflexão sobre a prática.

Aquilo que era tratado em aula muito poucas vezes era utilizado para solucionarmos questões cotidianas, como os problemas que surgiam em discussões com colegas, na realização de provas ou em problemas propostos por livros didáticos.

Dessa maneira, cresceu em nós a intenção de investigar uma forma diferente de abordagem das atividades práticas e observar os frutos gerados pela realização dessas atividades.

Como já explicitado no capítulo anterior desse trabalho, não é nosso objetivo denegrir a abordagem de ensino pautada na transmissão/recepção de conhecimento no que tange às atividades práticas, até porque, de acordo com Vigotski (op. cit.), tal abordagem pode ser geradora de desenvolvimento cognitivo. O que queremos é evidenciar o fato de que o trabalho com atividades práticas para o ensino de conceitos físicos não tem, necessariamente, que ser realizado através da abordagem de transmissão/recepção e que talvez a abordagem aberta seja geradora de um desenvolvimento cognitivo mais profícuo.

A relevância das atividades práticas de caráter aberto é atestada tanto pela relação com a motivação (LABURÚ, 2006), quanto pelo auxílio na evolução da compreensão dos conceitos físicos (ARAÚJO e ABIB, 2006), pelo desenvolvimento da autonomia docente (HODSON, 1994) e pela compreensão dos estudantes frente a uma determinada montagem experimental (BORGES et. al., 2002).

E, apesar de vários trabalhos serem anualmente publicados tratando diretamente da experimentação e do papel dessa atividade no ensino das diversas ciências, há uma grande deficiência na experimentação, no que tange ao ensino dos conceitos físicos de calor e temperatura. Muitos estudantes os confundem e muitos livros didáticos apresentam-nos de maneira equivocada quanto a suas interpretações, que foram se modificando no decorrer da história da Física.

Na história da Física, os conceitos de calor e temperatura foram classificados em duas categorias distintas. O conceito de calor foi alocado na categoria de grandezas extensivas (que não são próprias de um corpo) e o de temperatura na categoria de grandezas intensivas (que são próprias de um corpo). No entanto, essa classificação não auxilia muito os estudantes no entendimento desses dois conceitos. Para elucidar os equívocos conceituais dos estudantes sobre os conceitos de calor e temperatura, apresentamos o quadro de Sozbilir (2003), (quadro 2.1) que trata desse assunto:

Equívocos Identificados	Idade (anos)
Existem dois tipos de calor, o quente e o frio.	6-13
Calor é uma substância material como ar ou vapor d'água.	
Calor é uma forma de energia.	
A temperatura de um objeto está relacionada com seu tamanho.	
Calor é quente, mas temperatura pode ser quente ou fria.	12
Não existe diferença entre calor e temperatura.	
Temperatura pode mudar durante a vaporização.	
Calor e temperatura são a mesma coisa.	15
Algumas substâncias são naturalmente mais quentes que outras.	
Calor e frio são opostos e ambos são fluidos materiais.	
Calor transferido só para quando a temperatura igualar.	15-16
O ar apenas resfria outros corpos se eles estiverem rodeados pelo ar.	
Calor é atraído pelo corpo frio até que calor e frio se neutralizem.	
Temperatura é a quantidade de calor.	
Dois corpos à mesma temperatura têm a mesma energia ou calor.	
Calor entra e sai em diferentes materiais com diferentes facilidades.	
Diferentes materiais atraem ou retêm calor diferentemente.	
Objetos podem conter uma certa quantidade de calor.	17-18
Objetos podem ficar mais quentes que o ambiente onde estão.	
A temperatura da água pode exceder a do ponto de ebulição.	
Calor constante significa que não há troca possível.	Adultos
Calor é quantidade de estado, alguma coisa do corpo.	
Metais atraem o que é quente ou absorvem frio.	
Condutores conduzem calor mais devagar que isolantes.	
Isolantes conduzem calor rápido.	
Isolantes absorvem ou prendem o calor.	
Lã aquece as coisas.	

Quadro 2.1: Equívocos relativos a calor e temperatura (SOZBILIR, 2003)

Esse quadro foi apresentado para explicitar as dificuldades de estudantes frente ao entendimento dos conceitos de calor e temperatura, já que todos os sujeitos de nossa pesquisa são adultos.

De acordo com Vigotski (op. cit.) e com o quadro de Sozbilir (op. cit.), uma classificação nova pouco contribui para a elucidação das confusões conceituais sobre calor e temperatura, pois é como criar novos nomes para aquilo que não conhecemos e, dessa maneira, tentar compreendê-los. É somente através da interação social com parceiros mais capazes que surge o desenvolvimento cognitivo (VIGOTSKI, op. cit.), tanto em relação aos conceitos de calor e temperatura, quanto a qualquer outro conceito.

Por essa razão e por uma grande afinidade com o estudo de calor e temperatura, decidimos investigar nossa abordagem de ensino quanto à evolução argumentativa dos estudantes em relação a esses dois conceitos.

É também de suma relevância compreender que, segundo Vigotski (op. cit.), as crianças são detentoras daquilo que ele chama de **conceitos espontâneos**, e é neles que embasam suas falas quando elas não têm contato com os conceitos científicos, e o mesmo ocorre para pessoas adultas quando se trata de um novo conceito ou de uma nova formulação de um conceito já conhecido. As pessoas se utilizam dos conceitos sem realmente compreender a natureza deles, e o mesmo acontece com os conceitos de calor e temperatura, o que pode ser observado no quadro 2.1.

Porém, quando elas têm contato com aquilo que Vigotski (op. cit.) designa como **conceitos científicos**, elas passam a compreender os conceitos espontâneos e estes últimos evoluem dentro de uma espécie de ranking de compreensão do intelecto. Ou seja, os conceitos científicos proporcionam o desenvolvimento e a evolução dos conceitos espontâneos e vice-versa, pois à medida que compreende melhor um determinado conceito, uma pessoa passa a se utilizar dele de maneira mais adequada. Em outras palavras, “os conceitos científicos “descem” através dos conceitos cotidianos, enquanto que esses últimos “se elevam” através dos primeiros citados” (LVOVSKI, 1996, p. 177).

Também, o desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos está fortemente interligado, de maneira que o desenvolvimento de um depende necessariamente do outro, não como duas frentes competidoras que entram em um embate evolutivo, mas como duas hastes que se sustentam e se fixam sobre uma estrutura comum, juntas num processo

singular de elaboração de conceitos em um local predeterminado, o cérebro de um indivíduo humano (VIGOTSKI, op. cit.). Isso é uma descoberta muito relevante, pois dá base para todo o trabalho escolar, devido ao fato de que é na escola que se tem contato com os conceitos científicos.

Por isso julgamos relevante esse trabalho, pois através dele podemos analisar os efeitos de nossa abordagem de ensino e as suas potencialidades no que tange à modificação da argumentação dos estudantes a respeito dos conceitos físicos de calor e temperatura, que são alguns dos conceitos mais utilizados cotidianamente (quando se fala do clima, da temperatura média de um dia, das sensações térmicas que vivenciamos, de incêndios, de culinária, etc.).

3 O PROBLEMA E OS OBJETIVOS DE PESQUISA

3.1 A definição do problema

Para discorrermos a respeito dos objetivos dessa pesquisa, é necessário direcionarmos nossa atenção, inicialmente, para aquilo que mais nos motivou na definição de todo o trabalho realizado.

A insatisfação com a abordagem de transmissão/recepção de conhecimento que foi aplicada em nosso período de graduação criou várias indagações em nosso intelecto, sendo a principal delas: quais seriam algumas das características metodológicas de uma abordagem de ensino distinta da de transmissão/recepção de conhecimento? Como seria possível analisar os resultados gerados por ela?

Através dessa indagação, começamos a pensar a respeito da abordagem de ensino que aplicamos na realização desse trabalho. Contudo, era preciso que criássemos também um meio através do qual pudéssemos observar e analisar os resultados gerados pela nossa abordagem. Dessa maneira, fundamentando-nos na teoria histórico-cultural de Vigotski (op. cit.), analisamos os resultados dessa abordagem através da análise da argumentação dos estudantes, argumentação esta que é fundamental à prática científica.

Como no meio científico e social qualquer conceito é expresso por signos (que podem ser mais ou menos específicos – no caso da Física eles são bastante específicos)

utilizados no escopo da linguagem, compreendemos a argumentação como uma boa ferramenta indicativa do entendimento dos estudantes sobre os conceitos físicos de calor e temperatura. Dessa forma, apresentamos abaixo a formulação do nosso problema de pesquisa:

Quais são os resultados relativos à argumentação emergente do processo de formação de conceitos dos alunos, acerca dos conceitos de calor e temperatura, decorrentes da interação entre os alunos, mediados por atividades de demonstração experimental aberta?

A partir disso, podemos apresentar a sequência didática desenvolvida e discorrer a respeito dos objetivos que nortearam nossa busca pela resposta ao problema supracitado. Abaixo a sequência didática:

1. Divisão dos estudantes em grupos (a composição dos grupos foi distinta a cada encontro, de acordo com as escolhas dos sujeitos);
2. Demonstração experimental aberta com a participação dos grupos (momento aberto a questionamentos);
3. Após a demonstração experimental e as respectivas discussões sobre a mesma, os estudantes retornam à divisão em grupos;
4. Discussão intragrupos com acesso dos estudantes ao material escrito, com a descrição de cada montagem experimental;
5. O professor/pesquisador interage com os estudantes na discussão intragrupos na medida em que é requisitado;
6. Os estudantes têm mais um tempo para o debate intragrupos e explicitação da hipótese síntese do grupo para explicação do fenômeno físico estudado (o professor/pesquisador não interfere);
7. O professor/pesquisador expõe ao final da atividade a explicação física mais aceita para o fenômeno observado na montagem experimental.

3.2 Objetivo geral

A investigação do problema dessa pesquisa nos remete à busca por objetivos singulares que, quando analisados em sua completude, fornecem-nos as informações de que necessitamos para trabalhar os dados obtidos.

É através da efetivação dos objetivos propostos nesse texto que buscamos responder à questão dessa pesquisa, em relação aos conceitos físicos de calor e temperatura, levando em conta a formação do físico na graduação. No que tange a recordarmos os experimentos que realizamos em nosso período de graduação, conseguimos nos recordar de poucos em que realmente compreendemos ou que nos lembramos dos princípios que descreviam cada fenômeno (SÉRÉ, 1993).

Através da realização das cinco atividades práticas, almejamos analisar os resultados da abordagem de ensino que propomos sobre a argumentação dos sujeitos de pesquisa a respeito dos conceitos de calor e temperatura, ou seja, queremos observar se, com o decorrer da realização das atividades, os argumentos apresentados pelos sujeitos na tentativa de explicação dos fenômenos físicos ocorrentes em cada experimento apresentam formulações dos conceitos estudados que vão se aproximando das definições científicas atuais.

3.3 Objetivos Específicos

Nesse subtópico do trabalho, estando descrito o objetivo geral da pesquisa, definiremos os objetivos específicos da realização de nossa investigação.

Os objetivos descritos aqui nortearam a pesquisa no âmbito da preparação e análise dos dados relativos à abordagem de ensino exposta, bem como permitiram obter respostas ao problema de pesquisa.

Objetivo I: Analisar os resultados da abordagem de ensino proposta sobre a capacidade de argumentação dos sujeitos de pesquisa a respeito dos conceitos de calor e temperatura.

Objetivo II: Proporcionar aos sujeitos de pesquisa uma complementação formativa a respeito dos conceitos físicos de calor e temperatura.

É possível, claramente, compreender que o primeiro objetivo específico está intrinsecamente relacionado ao problema de pesquisa através do qual delineamos todo este trabalho.

Já o segundo objetivo específico explicita o intento de proporcionar aos estudantes, sujeitos de pesquisa, a possibilidade de discussão e interação social a respeito dos conceitos físicos que eles tanto utilizam em suas práticas cotidianas na graduação. A relação desses estudantes com os conceitos físicos de calor e temperatura é semelhante àquela apresentada pelas crianças ao se depararem com conceitos por elas desconhecidos, que Vigotski (op. cit.) expressa através de suas constatações a respeito do trabalho colaborativo e fundamentado na imitação (termo compreendido no contexto do trabalho de Vigotski, no qual ele não está ligado à elementar execução de passos, mas à subjetividade individual com que nos apropriamos do conhecimento compartilhado por aquele que sabe mais, o “parceiro mais capaz”):

...podemos fazer um adendo novo e essencial ao que dissemos anteriormente sobre o trabalho em colaboração e imitação. Afirmamos que em colaboração a criança sempre pode fazer mais do que sozinha. No entanto, cabe acrescentar: não infinitamente mais, porém só em determinados limites, rigorosamente determinados pelo estado do seu desenvolvimento e pelas potencialidades intelectuais. Em colaboração, a criança se revela mais forte e mais inteligente que trabalhando sozinha, projeta-se ao nível das dificuldades intelectuais que ela resolve, mas sempre existe uma distância rigorosamente determinada por lei, que condiciona a divergência entre a sua inteligência ocupada no trabalho que ela realiza sozinha e a sua inteligência no trabalho em colaboração... em colaboração com outra pessoa, a criança resolve mais facilmente tarefas situadas mais próximas do nível de seu desenvolvimento. (VIGOTSKI, op. cit., p. 329).

... o que a criança é capaz de fazer hoje em colaboração conseguirá fazer amanhã sozinha. (VIGOTSKI, op. cit., p. 331).

Dessa forma, o professor/pesquisador tem papel central na realização das atividades, à medida que é nele que recai a responsabilidade de situar todos os estudantes quanto “às tarefas situadas mais próximas do nível de seu desenvolvimento”, à introdução dos

mesmos no objetivo de discussão de cada atividade e à proposição do debate intragrupos, para que sejam expostas as ideias dos vários interlocutores (estudantes), para que, ao fim, possa expor a explicação física mais aceita para cada fenômeno, atuando como “parceiro mais capaz” de todos os estudantes envolvidos na pesquisa.

É possível, então, explicitarmos que, com o segundo objetivo específico, buscamos a criação da possibilidade de desenvolvimento cognitivo que até então os estudantes não haviam tido na graduação, no que tange ao contato social e troca de informações a respeito da definição dos conceitos físicos estudados. Fazemos essa afirmação fundamentados no discurso dos próprios estudantes (os nomes utilizados são fictícios):

Aldo: _ Acho que experimentos como estes deveriam ser usados nas aulas (da graduação) para que os alunos pudessem enxergar melhor os conceitos;

Júlio: _ Achei muito legal a oportunidade, que até aqui não tínhamos tido, de poder discutir sobre os conceitos, de poder pensar sobre eles;

Pedro: _ Gostei bastante dessa metodologia de aula, achei muito interessante;

Aldo: _ Acho que atividades como essas poderiam ser feitas nas aulas para o Ensino Médio, pois seria uma forma de motivar os alunos, saindo da mesmice da aula só com giz.

Tratando ainda do segundo objetivo específico, é relevante descrevermos o motivo pelo qual nossa abordagem de ensino é fundamentada em experimentos de baixo custo. Duas razões norteiam nossa opção por esse tipo de experimento. A primeira se deve à possibilidade posterior de os estudantes confeccionarem as montagens experimentais para que possam utilizar em suas futuras aulas (já que os estudantes sujeitos da pesquisa serão professores de Física); a segunda, ao fato de que almejamos que os estudantes percebam que não são necessárias montagens experimentais sofisticadas para que se torne possível o debate sobre os conceitos físicos, não só os de calor e temperatura, mas grande parte deles. Uma discussão mais aprofundada disso será realizada no capítulo subsequente.

Realizada a exposição dos objetivos e expressos os esclarecimentos sobre os termos utilizados, podemos definir a metodologia de que nos utilizamos para a efetivação da pesquisa.

O capítulo seguinte trata dos referenciais e métodos definidos para a constituição dos dados, das características da abordagem de ensino aplicada e da elucidação da sequência didática estabelecida.

4 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta é uma pesquisa que pode ser classificada como qualitativa, pois nossa base teórica se solidifica sobre os meios através dos quais a argumentação dos estudantes se modifica, ou seja, ao propormos a abordagem de ensino, nada é tomado como sabido, por mais que tenhamos algum nível de confiança sobre as potencialidades dela, e nossos dados são constituídos no ambiente e no contexto de cinco atividades didáticas.

Porém, para que façamos pesquisa qualitativa, é preciso deixar claro como compreendemos tal metodologia. E essa forma de compreensão, da qual somos detentores, pode ser bem explicitada através do texto de Chizzoti (2006):

As pesquisas qualitativas (...) não têm um padrão único, porque admitem que a realidade é fluente e contraditória e os processos de investigação dependem também do pesquisador – sua concepção, seus valores, seus objetivos. Para este, a epistemologia significa os fundamentos do conhecimento que dão sustentação à investigação de um problema. (CHIZZOTI, op. cit., p. 26).

O termo qualitativo implica uma partilha densa com pessoas, fato e locais que constituem objetos de pesquisa, para extrair desse convívio os significados visíveis e latentes que somente são perceptíveis a uma atenção sensível. Após esse tirocínio, o autor interpreta e traduz em um texto, zelosamente escrito, com perspicácia e competência científicas, os significados patentes ou ocultos do seu objeto de pesquisa. (CHIZZOTI, op. cit., p. 28).

Diferentes tradições de pesquisa invocam o título qualitativo, partilhando o pressuposto básico de que a investigação dos fenômenos humanos, sempre saturados de razão, liberdade e vontade, estão possuídos de características específicas: criam e

atribuem significados às coisas e às pessoas nas interações sociais e estas podem ser descritas e analisadas, prescindindo de quantificações estatísticas. (CHIZOTI, op. cit., p. 29).

A abordagem de ensino que propomos é, por si só, o meio através do qual desenvolvemos esse trabalho. Buscamos descrever e transcrever as etapas de nossa constituição de dados de forma a nos mantermos fiéis aos acontecimentos e através deles buscar inferências e interpretações, de acordo com nosso referencial de análise, que permitam responder ao problema de pesquisa.

A constituição de dados ocorreu durante a realização de cinco atividades didáticas, através de gravações de vídeo, áudio e notas escritas, em que o pesquisador atuou como professor (fato devido ao qual é sempre referido como professor/pesquisador), e isso foi claramente um fator de interferência na argumentação dos estudantes. Porém, essa interferência docente não será analisada devido a alguns fatores que serão discutidos mais à frente.

Dizemos que a presença do professor/pesquisador foi um “fator de interferência”, pois os estudantes participantes das atividades estavam cientes de que as atividades realizadas gerariam os dados para a elaboração dessa pesquisa e sabiam também que estavam sendo filmados e que o áudio estava sendo gravado.

Dessa maneira, seria ingênuo admitirmos que os estudantes agissem no decorrer de todas as atividades da maneira como agem em uma situação cotidiana. O que podemos dizer é que, pelo fato de os alunos já conhecerem o professor/pesquisador e se acostumarem, transcorrido algum tempo, com as gravações, as interferências (das gravações) no comportamento dos estudantes se tornaram cada vez menores no decorrer da constituição de dados.

Entendemos que “a abordagem qualitativa exige que o mundo seja examinado com a ideia de que nada é trivial, que tudo tem potencial para constituir uma pista que nos permite estabelecer uma compreensão mais esclarecedora do nosso objeto de estudo” (BOGDAN e BIKLEN, 1994, p. 49). A partir disso, desenvolvemos nossa constituição de dados sempre atentos às nuances de nossa prática e guiados pelas concepções de nosso referencial teórico.

Não compreendemos a citação dos autores acima como uma barreira para a execução de nossa pesquisa, pensando que devamos estar atentos a tudo em todo momento, mas a entendemos sob a perspectiva de que temos que estar sempre atentos às características dos sujeitos de pesquisa, que nos permitem, de acordo com nossos referenciais, inferir informações que nos auxiliem na garimpagem das respostas que nos propomos a alcançar.

4.1 O método de pesquisa

Nessa pesquisa, de cunho qualitativo, são estudados os resultados de uma abordagem de ensino que evidencia o trabalho com a experimentação através de demonstrações experimentais abertas, como também do debate, para estudo da argumentação sobre os conceitos físicos de calor e temperatura envolvidos em cada atividade prática.

A pesquisa foi realizada com estudantes voluntários de um curso de licenciatura em Física de uma universidade pública brasileira, que estavam cursando uma disciplina de laboratório que se situa no segundo semestre da grade curricular do primeiro ano do curso.

Os estudantes já conheciam o professor/pesquisador no início da constituição de dados, pois o professor/pesquisador realizava estágio docência na disciplina já citada acima do curso de licenciatura em Física.

Ao todo, foram cinco encontros com os estudantes (que eram nove ao total), sendo um encontro por semana com duração média de aproximadamente cinquenta minutos, através dos quais constituímos todos os nossos dados. Nesses cinco encontros, o máximo de estudantes presentes foi de nove, com esse número variando nos demais encontros. Um fator bastante agravante na participação dos estudantes foram as aulas e plantões da graduação, que, às vezes, eram marcadas em horários incomuns e causavam choques com nossos encontros, fazendo com que nem todos participassem de todos os encontros. Contudo, a participação dos estudantes foi bastante efetiva, à medida que todos expunham suas impossibilidades de participação em determinados momentos e faziam esclarecimentos a respeito das datas de provas e outros impedimentos. O diálogo com os estudantes sempre foi bastante aberto, de modo a tornar possível a participação do maior número de estudantes a cada encontro.

O período de constituição de dados, compreendendo todos os cinco encontros, se estendeu ao longo de um mês e três dias, durante o período em que os estudantes estavam em contato com o estudo dos conceitos físicos de calor e temperatura pela primeira vez na graduação, em uma disciplina específica.

Os sujeitos de pesquisa foram homens e mulheres, com uma faixa etária bastante alongada, sendo o sujeito mais velho de 45 anos e o mais novo de apenas 18 anos. Abaixo destacamos uma relação dos estudantes participantes da pesquisa, com nomes fictícios, e algumas das características dos mesmos:

Juca: 20 anos, em seu primeiro curso superior de ensino – participou dos 5 encontros;

Tânia: 31 anos, já graduada em outra área de estudo – participou de 2 encontros;

Pedro: 19 anos, em seu primeiro curso superior de ensino – participou dos 5 encontros;

Júlio: 19 anos, em seu primeiro curso superior de ensino – participou de 4 encontros;

Oscar: 23 anos, em seu primeiro curso superior de ensino – participou de 3 encontros;

Beto: 18 anos, em seu primeiro curso superior de ensino – participou de 4 encontros;

Eva: 18 anos, em seu primeiro curso superior de ensino – participou de 3 encontros;

Toni: 19 anos, em seu primeiro curso superior de ensino – participou de 3 encontros;

Aldo: 45 anos, com experiência em outros cursos superiores de ensino – participou dos 5 encontros;

Exposto isso, devemos explicitar o fato de que a constituição de nossos dados se deu através da gravação em áudio e vídeo dos encontros com os estudantes, de forma que todos os momentos de interação social entre eles foram registrados pelo professor/pesquisador, levando-se em conta as possíveis falhas de execução.

Todas as gravações foram feitas do início ao fim de cada atividade prática realizada com os grupos de estudantes (eles formaram dois grupos que tiveram componentes distintos a cada encontro) e todos os passos da sequência didática foram contemplados em

todas as atividades, porém, a análise dos dados será realizada através de dois momentos de cada uma das gravações. O primeiro momento é aquele em que os estudantes estão sendo apresentados à montagem experimental que é utilizada (passo 2 da sequência didática), pois neste momento eles expõem dúvidas e hipóteses iniciais de explicação do fenômeno físico vigente em cada experimento, expondo com isso as definições que têm dos conceitos de calor e temperatura, de acordo com as intervenções do professor/pesquisador. O segundo momento é o de explicitação da hipótese explicativa de cada grupo (passo 6 da sequência didática), em que os argumentos finais de cada grupo são expostos e podem ser claramente analisados.

Houve ainda uma limitação em nossa constituição de dados, mas felizmente ela não causa nenhuma interferência que impossibilite a realização desse estudo, devido às partes do corpus dos dados a serem analisadas se referirem aos passos 2 e 6 da sequência didática. Essa limitação se estabeleceu devido à falta de microfones individuais para os sujeitos de pesquisa, de forma que o áudio de todos foi gravado por um único microfone. Dessa forma, se fosse necessário transcrever outros passos da sequência didática, seria bastante complicado, pois o áudio dos diferentes sujeitos se confunde na medida em que eles falam uns sobre os outros no contexto das discussões intragrupos.

Para nós, enquanto professores e pesquisadores, a relação de ensino/aprendizagem criada no escopo de nossa pesquisa é clara e evidente. Porém, para os estudantes, as atividades realizadas são mais uma etapa de formação pela qual eles passaram durante o período de graduação.

Dessa forma, estávamos cientes, na realização das atividades, da impossibilidade da previsão dos aspectos ocorrentes como um todo. Não há maneira com que o professor possa prever tudo aquilo que ocorrerá em uma atividade de aula, porém, ele precisa estar ciente de que a sua prática, como um todo, influencia o processo de ensino/aprendizagem ao qual ele se propõe a executar.

Pleiteamos nessa pesquisa a formação do cidadão crítico, e nosso entendimento do termo “crítico” se fundamenta nos escritos de Giroux, destacados no trabalho de Contreras (op. cit.):

Foi Giroux quem melhor desenvolveu essa ideia dos professores como intelectuais. Baseando nas ideias de Gramsci sobre o papel dos intelectuais na produção e na reprodução da vida social, para Giroux, o sentido dos professores compreendidos como intelectuais reflete todo um programa de compreensão e análise do que, para ele, devem ser os professores. Por um lado, permite entender o trabalho dos professores como tarefa intelectual, em oposição às concepções puramente técnicas ou instrumentais (GIROUX, 1960b: 176). Por outro, propõe a função dos professores como ocupados em uma prática intelectual crítica relacionada com os problemas e experiências da vida diária (...). Em terceiro lugar, entende que os professores devem desenvolver não só uma compreensão das circunstâncias em que ocorre o ensino, mas que, juntamente com os alunos, devem desenvolver também as bases para a crítica e a transformação das práticas sociais que se constituem ao redor da escola (GIROUX, 1990a: 382). (CONTRERAS, op. cit., p. 174).

... Com isso entende que os docentes têm por obrigação tornar problemáticos os pressupostos por meio dos quais se sustentam os discursos e valores que legitimam as práticas sociais e acadêmicas, valendo-se do conhecimento crítico do qual são portadores, com o objetivo de construir um ensino dirigido à formação de cidadãos críticos e ativos. (CONTRERAS, op. cit., p. 174 e 175).

Em outros termos, buscamos contribuir para a formação crítica e participativa dos estudantes de forma que eles possam, futuramente, formar seus próprios alunos.

4.1.1 Contribuição para a formação dos estudantes

Compreendemos a formação de professores como um processo de aprendizagem dinâmico e complexo em que estão envolvidas muitas variáveis emergentes do contato social que se estabelece entre os profissionais que estão sendo formados e os docentes formadores.

Muitas pesquisas apontam para o fato de que os professores tendem a ensinar seus alunos da maneira como foram ensinados no decorrer de suas experiências enquanto estudantes (McDERMOTT e SHAFFER, 2000).

Os dois autores citados acima ainda afirmam que os futuros professores precisam de mais tempo para refletir sobre a natureza do conhecimento que ensinarão, para que, assim, possam compreender a natureza humana do conhecimento científico.

Esse tempo para reflexão crítica a respeito do que se ensina e de como se ensina pode ser classificado como aquilo que Marcelo (1998) chama de “aprender a ensinar”. Sobre esse assunto, tal autor escreve:

(...) o conhecimento didático do conteúdo constrói-se a partir do conhecimento do conteúdo que o professor possui, assim como do conhecimento pedagógico geral, e do conhecimento dos alunos, e também é consequência da própria biografia pessoal e profissional do professor. (MARCELO, 1998, p. 53)

A forma como os professores são ensinados influencia muito a maneira com que eles ensinarão e, portanto, as abordagens que se utilizam para o trabalho com futuros professores devem ser formuladas levando-se estes fatos em consideração.

E, foi devido a isso que, nessa pesquisa, desenvolvemos uma abordagem de ensino pautada sobre o “princípio da simetria invertida”, que aponta que:

A preparação do professor tem duas peculiaridades muito especiais: ele aprende a profissão no lugar similar àquele em que vai atuar, porém, numa situação invertida. Isso implica que deve haver coerência entre o que se faz na formação e o que dele se espera como profissional.

O conceito de simetria invertida ajuda a descrever um aspecto da profissão e da prática de professor, que se refere ao fato de que a experiência como aluno, não apenas nos cursos de formação docente, mas ao longo de toda a sua trajetória escolar, é constitutiva do papel que exercerá futuramente como docente. (BRASIL, 2002, p. 30).

Em síntese, o “princípio da simetria invertida” expressa a diretriz que exprime a necessidade de se fazer com o professor em formação aquilo que se espera que ele faça com seus futuros alunos.

Portanto, todas as atividades desenvolvidas nessa pesquisa não foram idealizadas somente com o objetivo de responder à questão que nos propusemos a investigar, mas também para auxiliar-nos na busca pelo segundo objetivo específico que delineamos, ou seja, proporcionar uma complementação formativa aos estudantes em sentido geral e, especificamente, no contexto da formação docente, atuar de forma a proporcionar a simetria invertida.

As atividades de demonstração experimental aberta realizadas com experimentos de baixo custo, a sequência didática pautada na interação entre os alunos, bem como as demais particularidades das atividades desenvolvidas nessa pesquisa foram elaboradas tendo em vista o “princípio da simetria invertida” e a futura prática profissional dos sujeitos envolvidos, na medida em que, como professores, somos exemplos para eles.

4.1.2 Os conceitos de calor e temperatura

Os conceitos de calor e temperatura são discutidos e reformulados há muitos anos na história da Física. Porém, as maiores discussões se pautam sobre o conceito de calor, que já sofreu muitas modificações à medida que diferentes abordagens físicas foram sendo criadas e novas interpretações surgiram.

“Calor” já foi compreendido como o inverso de frio, já foi interpretado como fluido ígneo presente nos corpos e como algo que não poderia ser criado ou destruído. Essas sínteses são simplificações de teorias físicas propostas anteriormente e que expressavam o entendimento que seus idealizadores, e os seguidores deles, tinham do conceito de “calor”.

Então, parece normal que pensemos que atualmente haja uma definição mais adequada deste conceito, que se aproxime e descreva os fenômenos físicos de acordo com a teoria termodinâmica em vigor. Mas nem tudo ocorre da maneira com que esperamos.

O conceito de calor é, atualmente, compreendido como energia em transferência entre dois corpos a temperaturas diferentes (ZEMANSKI, 1970). Em síntese, só faz sentido falar em calor quando há energia sendo transferida entre dois corpos devido a uma diferença de temperatura entre eles, e não faz sentido utilizar o conceito de calor fora desse contexto.

No entanto, o conceito de calor ainda é utilizado de forma inadequada mesmo em contexto acadêmico, pois, como pode ser observado no trabalho de Galbiatti (2011), há muitos equívocos conceituais sobre o conceito de calor que ainda podem ser observados em livros didáticos.

Silva et. al. (2008) destaca este fato fazendo uma citação de Cindra e Teixeira:

em muitos livros, principalmente os de Química e Física introdutória, são utilizadas expressões infelizes, referindo-se, por exemplo, ao “calor de um corpo” como se o calor fosse uma propriedade do corpo, ou ainda empregam termos como “energia térmica”, por meio de um conceito indefinido, muitas vezes obscuro e ambíguo. (CINDRA e TEIXEIRA apud SILVA et. al., op. cit., p. 384).

Muitos livros didáticos que são usados nas universidades para o ensino/aprendizagem dos conceitos de calor e temperatura apresentam equívocos conceituais que, por sua vez, levam os estudantes a também cometê-los. Entre eles, podem ser citados alguns que foram apresentados por Galbiatti (2011) e apresentam indefinições conceituais sobre calor:

Define calor como energia transmitida unicamente por meio de diferença de temperatura. (WARREN, J. W. apud GALBIATTI, op. cit., p. 20).

Modernamente considera-se que, quando a temperatura de um corpo é aumentada, a energia que ele possui em seu interior, denominada energia interna, também aumenta. Se esse corpo é colocado em contato com outro, de temperatura mais baixa, haverá transferência de energia do primeiro para o segundo, energia esta que é denominada calor. Portanto, o conceito moderno de calor é o seguinte: calor é a energia transferida de um corpo para outro em virtude, unicamente, de uma diferença de temperatura entre eles. (ALVARENGA e MÁXIMO apud GALBIATTI, op. cit., p. 21).

Calor é a energia que é transferida entre um sistema e seu ambiente, devido a uma diferença de temperatura que existe entre eles. (HALLIDAY apud GALBIATTI, op. cit, p. 21).

Calor é a energia transferida entre um sistema e sua vizinhança, devido exclusivamente a uma diferença de temperaturas entre o sistema e alguma parte de sua vizinhança. (KELLER apud GALBIATTI, op. cit., p. 21).

Calor é a energia transferida graças a diferenças de temperatura. (TIPLER apud GALBIATTI, op. cit., p. 21).

Chama-se fluxo de calor o processo de transferência de energia que ocorre exclusivamente em virtude de diferença de temperaturas. (SEARS apud GALBIATTI, op. cit., p. 21).

E também sobre temperatura:

A quantidade que informa quão quente ou frio um corpo se encontra, com relação a um determinado padrão, é chamada temperatura. (HEWITT, P. G. apud GALBIATTI, op. cit., p. 26).

(...) é uma medida da energia cinética média de translação das moléculas de um gás ideal. (NUSSENZVEIG, H. M. apud GALBIATTI, op. cit., p. 26).

Como pode ser observado, os diversos autores expõem de maneiras diversas os conceitos de calor e temperatura. Calor é descrito de diversas maneiras diferentes: “energia transferida”, “processo de transferência de energia”, “fluxo de calor” e “energia transmitida”. Temperatura é apresentada como: “medida de quente ou frio” e “medida da energia cinética média de translação”.

Até Silva et. al. (2008), que escreve sobre os equívocos conceituais ocorrentes em livros didáticos sobre o conceito de calor, posiciona-se equivocadamente sobre esse mesmo conceito quando utiliza o termo “fluxo de calor”, pois o calor é, por si só, um fluxo de energia.

Enfim, em Física, muitos conceitos exibem nomenclaturas que são utilizadas por professores e livros didáticos, que geram equívocos conceituais e dificuldades de compreensão dos conceitos de calor e temperatura. Como exemplo, podemos citar os conceitos de “calor específico” e “calor latente”, termos como “transferência de calor”, “quantidade de calor”, “troca de calor”, que expressam sempre a ideia de calor como propriedade intrínseca de um corpo ou como característica que define as propriedades de um corpo, o que caracteriza um equívoco conceitual.

É justamente devido a esses equívocos conceituais que, muitas vezes, os estudantes confundem os conceitos de calor e temperatura, ou mesmo os utilizam de maneira equivocada e pseudoconceitual. A maioria dos materiais didáticos com que os estudantes têm contato define os conceitos de calor e temperatura de maneira equivocada e, com isso, perpetuam compreensões também equivocadas, que queremos observar se a aplicação de nossa abordagem de ensino consegue modificar.

A definição adequada do conceito de calor já foi expressa nesse subcapítulo e o conceito de temperatura pode ser definido como a representação numérica de um determinado estado termodinâmico de um corpo, ou de vários corpos dentro de um sistema físico, em relação a um padrão (ALVARENGA e MÁXIMO, 1986).

Foi de acordo com essas definições que delimitamos nosso trabalho com os estudantes, dentro do escopo da sequência didática já apresentada, objetivando analisar as modificações na argumentação deles sobre esses conceitos, a partir do contato conosco e com seus pares.

4.1.2.1 As discussões sobre os conceitos de calor e temperatura

O professor/pesquisador, compreendido como parceiro mais capaz de todos os sujeitos de pesquisa, foi um agente influenciador, como já era esperado, da argumentação dos

estudantes, à medida que expôs argumentos e questionamentos que apontavam para as definições dos conceitos de calor e temperatura.

Ao longo da realização de todas as cinco atividades práticas, as definições de calor e temperatura foram apresentadas. O conceito de calor foi trabalhado como “energia em transferência” da forma como apresentado por Silva et. al. (op. cit.).

Discutiram-se também os termos “quantidade de calor” e “quantidade de energia”, a definição de temperatura e a utilização, em Física, de termos variados que apontam para a definição desses dois conceitos.

Todas as discussões iniciadas pelo professor/pesquisador, em relação aos dois conceitos estudados, buscaram fornecer bases de argumentação aos sujeitos de pesquisa e estavam previstas por ele na definição da sequência didática de trabalho, que se fundamenta na teoria vigotskiana, que define a interação entre sujeitos diferentes como essencial para o desenvolvimento cognitivo.

Pode ser notado no corpo desse texto que o professor/pesquisador também cometeu alguns equívocos conceituais quando dissertou sobre os conceitos de calor e temperatura com os sujeitos da pesquisa, mas entendemos isso como consequência da prática docente e da nossa preocupação em sermos, ao mesmo tempo, professores e pesquisadores. Enfim, professores cometem equívocos ao tentar ensinar seus alunos a fazer justamente o contrário, e conosco não foi diferente. Porém, procuramos nos corrigir sempre que percebemos equívocos conceituais de nossa parte.

4.2 A abordagem de ensino

A abordagem de ensino que utilizamos para a realização dessa pesquisa se fundamenta na teoria histórico-cultural de Vigotski e objetiva não só responder à questão de pesquisa já explicitada no texto, como também contribuir para a formação dos estudantes que compuseram o grupo de sujeitos de pesquisa.

É preciso insistir que tudo quanto fazemos em aula, por menor que seja, incide em maior ou menor grau na formação de nossos alunos. A maneira de organizar a aula, o tipo de incentivos, as expectativas que depositamos, os materiais que utilizamos, cada uma destas situações veicula determinadas experiências educativas, e é possível que nem sempre estejam em consonância com o pensamento que temos a respeito do sentido e do papel que hoje em dia tem a educação. (ZABALA, op. cit., p. 29).

Dessa maneira, nos surgiram algumas perguntas que necessitavam de respostas para que pudéssemos praticar a abordagem para o desenvolvimento da pesquisa. Algumas dessas questões podem ser expressas da seguinte forma: O que ensinar? Por que ensinar?

A resposta a essas perguntas pode parecer simples à primeira vista, mas quando nos dispomos a refletir sobre as mesmas, chegamos à conclusão de que a resposta a essas duas simples questões pode se tornar complexa ao ponto de recairmos em uma crise de consciência enquanto professores.

Porém, com alguns intervalos de solidão e reflexão, as respostas às questões foram passando de um tom opaco para um cada vez mais claro em nosso intelecto, até que em um momento de concentração e foco absoluto em nossa pesquisa, as respostas surgiram e nos deixaram satisfeitos, nem tanto pelo conteúdo, mas pela amplitude e complexidade.

Devemos ensinar os estudantes a argumentar a respeito dos conceitos de calor e temperatura, isso é bastante claro, pois o que queremos nessa pesquisa é saber se a abordagem de ensino proposta é geradora de modificação na argumentação dos estudantes sobre estes dois conceitos físicos. Porém, qual é a razão para querermos que os estudantes saibam argumentar sobre esses conceitos?

Almejamos tal objetivo na aplicação de nossa abordagem devido a nossa própria empatia pelos conceitos de calor e temperatura, já destacada anteriormente, e pelo fato de que esses dois conceitos físicos são básicos para o entendimento de mais uma infinidade de conceitos físicos dentro da área de estudo que se intitula termodinâmica.

Em nosso cotidiano, é difícil encontrarmos um só fenômeno em que não haja troca de energia em forma de calor, em que a temperatura de objetos não esteja em constante oscilação, ou seja, em que não estejam envolvidos os dois conceitos que nos propusemos a trabalhar juntamente com os sujeitos de nossa pesquisa.

É claro que somente a compreensão desses dois conceitos físicos não garante o entendimento de todos os demais conceitos de todos os ramos da termodinâmica, mas permite, sim, a evolução no entendimento deles e a observação crítico-reflexiva dos fenômenos cotidianos. É justamente esta última que mais objetivamos quando tratamos anteriormente do termo “complementação formativa”.

Então, buscamos, através da prática de nossa abordagem de ensino, contribuir com os estudantes para a geração da possibilidade de maior inserção social, no que diz respeito aos problemas e inquietações que despertam a atenção de muitos na sociedade atual. Um assunto muito debatido atualmente, e que tem como requisito básico para a compreensão o entendimento esclarecido dos conceitos de calor e temperatura, é o aquecimento global.

Não somente este assunto pode ser compreendido mais claramente através do entendimento dos conceitos de calor e temperatura, também pode ser mais bem entendido o funcionamento dos motores dos meios de transporte que utilizamos diariamente, a forma pela qual a água é aquecida para cozermos nossos alimentos, a maneira através da qual um termômetro mensura a temperatura, etc.

Assim, a formação do cidadão crítico, que reflete sobre as possibilidades e a realidade de seu cotidiano e busca soluções cabíveis e participativas para as questões de demanda social, é o que buscamos proporcionar a todos os alunos que participaram dessa pesquisa.

Mas, ainda, outra questão permeava o nosso intelecto: como ensinar?

Esta foi a questão geradora de toda a abordagem de ensino que estruturamos para o estudo e busca de resposta a nosso problema de pesquisa. Como ensinar os conceitos físicos de calor e temperatura aos estudantes de forma que estes se interessem em compreender suas definições? Como motivar os estudantes a discutir a respeito dos conceitos? Como fazer com que eles se sintam motivados a interagir em um debate a respeito dos conceitos?

Para responder a essas questões, desenvolvemos nossa abordagem de ensino. Nossa confiança nas potencialidades da experimentação, nascida já há bom tempo devido ao contato com vários trabalhos e autores já citados anteriormente, fortalecida pela definição de demonstração experimental aberta (ARAÚJO e ABIB, op. cit.), fez com que fundamentássemos nossa abordagem sobre essa forma de atividades práticas.

Para melhor explicitarmos nossa forma de trabalho com a abordagem de ensino, expomos abaixo uma descrição dos experimentos que foram trabalhados (com seus respectivos modelos matemáticos de interpretação dos fenômenos físicos ocorrentes em cada um), o que culminou na geração de uma apostila (anexa ao trabalho, com a ordem de realização dos experimentos) que foi utilizada nos encontros com os estudantes com o intento de permitir que eles tivessem mais essa fonte de informação, caso necessitassem, durante os momentos de discussão com seus pares. Será possível notar na comparação entre a descrição dos experimentos e a apostila que houve modificações no material de execução de alguns experimentos. Isso foi realizado pelo professor/pesquisador com a intenção de simplificar a realização dos experimentos e diminuir os riscos aos sujeitos de pesquisa no contato com as montagens experimentais.

É relevante destacarmos nesse ponto que estes experimentos já haviam sido propostos por nós desde nosso período de graduação (GALBIATTI, op. cit.), como possíveis atividades a serem empregadas em aulas que objetivassem o trabalho e a discussão dos conceitos de calor e temperatura.

Experimento 1: Aquecendo balões

- **Materiais para confecção:**

- Balões de aniversário, um contendo água e outro contendo apenas ar;
- Uma fonte de energia.

- **Montagem do experimento:**

1. Primeiramente, deve-se encher os dois balões com seus respectivos fluidos;
2. Colocam-se os balões em contato com a fonte de energia para observar o que ocorre.

- **Descrição do experimento:**

Pegamos dois balões de aniversário, enchemos um com ar e o outro com água. Feito isso, colocamos o balão cheio de ar em contato com a fonte de energia e ele, como é esperado, estoura.

Logo após, tomamos posse do balão que contém água em seu interior e o colocamos em contato com a fonte de energia e, surpreendentemente, o mesmo não estoura.

A figura abaixo representa o experimento a ser trabalhado:



Figura 1: Balões de festa

Isso ocorre devido ao fato de que a capacidade térmica da água é muito maior do que a do ar e, enquanto a água de dentro do balão absorve quase que toda a energia transferida durante um dado intervalo de tempo, o mesmo não ocorre com o ar que tem capacidade térmica baixa.

- **Conceito trabalhado:**

Trabalhamos nesse experimento através do conceito de capacidade térmica, de forma a motivar as discussões e registrar a argumentação dos estudantes quanto aos conceitos de calor e temperatura.

$$C = mc \quad (1)$$

em que C é a capacidade térmica (propriedade do corpo), c é o calor específico (propriedade do material) e m é a massa (propriedade do corpo).

Experimento 2: Quantidade de calor igual, temperatura diferente

- **Materiais para confecção:**

- Canecas de alumínio;
- Água e óleo de cozinha;
- Uma fonte de energia;

- **Montagem do experimento:**

1. Colocamos em uma das canecas uma determinada massa de água e, na outra, a mesma massa, só que agora de óleo de cozinha.
2. Aquecemos, por tempos iguais, as massas dos diferentes líquidos, uma de cada vez.

- **Descrição do experimento:**

Colocados os devidos líquidos em seus respectivos recipientes e ligada a fonte de energia, posso dizer que praticamente a mesma quantidade de calor ΔQ é transferida para ambos os recipientes transcorrido certo tempo Δt .



Figura 2: Aparato experimental (copos e fonte de energia)

Logo, é possível notar, de acordo com a função a seguir:

$$\Delta Q = mc\Delta T \quad (I)$$

$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{mc} \quad (II),$$

que, com a mesma quantidade de energia sendo fornecida a cada um dos líquidos, eles sofrerão variações de temperatura diferentes.

Isso se deve à diferença dos calores específicos dos líquidos (c), sendo que o conceito de calor específico expressa um número que relaciona quanta energia devemos fornecer a determinado material para que sua temperatura aumente 1 °C, ou seja, o calor específico é a razão entre a energia fornecida e a variação de temperatura de um corpo.

- **Conceito trabalhado:**

Trabalhamos neste experimento a partir do conceito de calor específico (c) e quantidade de calor (Q):

$$c = \frac{C}{m} \quad (I),$$

em que C é a capacidade térmica (propriedade do corpo), c é o calor específico (propriedade do material) e m é a massa (propriedade do corpo).

$$\Delta Q = mc\Delta T \quad (II),$$

onde ΔQ é a variação da quantidade de calor, m é a massa, c é o calor específico e ΔT é a variação de temperatura do corpo.

Experimento 3: Hand-bubbler

- **Materiais para confecção:**

O aparato para o experimento foi adquirido em uma loja de presentes.

- **Descrição do experimento:**

Este experimento é comumente encontrado em lojas de presentes e evidencia conceitos de suma importância em Física.

O aparato experimental é formado por dois bulbos de vidro que se situam um sobre o outro e são conectados apenas por um fino tubo de vidro. O bulbo inferior é preenchido por um líquido bastante volátil e, conseqüentemente, pelo gás da substância da qual o líquido é composto.

A figura abaixo representa o experimento a ser trabalhado:



Figura 3: Hand-bubbler

- **Conceito trabalhado:**

A montagem experimental funciona da seguinte maneira: quando colocamos a mão em contato com o bulbo inferior do aparato, o gás contido nesta parte do recipiente é aquecido rapidamente.

Com esse aumento de temperatura, as moléculas do gás passam a exercer uma força de maior intensidade sobre o líquido no momento em que se chocam com o mesmo, aumentando, assim, a pressão sobre o líquido.

Devido a este aumento de pressão no bulbo inferior, o líquido sobe pelo tubo de vidro que conecta os dois bulbos até jorrar no bulbo superior, antes sem líquido.

Em outras palavras, quando encostamos a mão (que está a uma temperatura maior que a ambiente) no bulbo inferior que está à temperatura ambiente, energia é transferida da mão ao bulbo e, por sua vez, ao gás dentro do tubo. Essa transferência de energia eleva a energia cinética das moléculas do gás, elevando a temperatura do gás, o que gera um aumento de pressão e a subida do líquido para o bulbo superior.

Experimento 4: Termoscópio de Galileu



Figura 4: Termoscópio de Galileu

- **Materiais para confecção:**
 - Base de madeira para sustentação;
 - Suporte vertical de madeira fixado à base;
 - Uma mangueira de aquário que será o corpo do termoscópio (fixada no suporte vertical);
 - Uma lâmpada incandescente;
 - Cola de secagem rápida para vedação da mangueira na lâmpada (a vedação deve ser perfeita);
 - Um recipiente qualquer no qual fica imersa a parte inferior da mangueira;
 - Suco em pó de cor facilmente visível;
- **Montagem do experimento:**

1. Primeiramente, deve-se montar a base do termoscópio e fixar na mesma o suporte vertical no qual será colocada a mangueira;
2. Essa mangueira de aquário é o corpo do termoscópio onde a água colorida de nosso experimento variará de nível de acordo com a temperatura;
3. Fixada a mangueira, deve-se retirar o filamento de dentro da lâmpada, o que pode ser feito serrando-se a parte do encaixe de alumínio da lâmpada ou quebrando a parte cerâmica traseira da lâmpada;
4. Após isso, deve-se fixar a mangueira na lâmpada com a cola, lembrando sempre de que não pode haver vazamento de ar;
5. Por fim, o recipiente com o suco em pó dissolvido em água deve ser colocado sob a montagem do termoscópio, de modo que a ponta da mangueira fique imersa no líquido.

- **Descrição do experimento:**

O termoscópio de Galileu recebe este nome devido ao seu criador, Galileu Galilei.

Quando montado o experimento, para que o termoscópio funcione, é preciso aquecer um pouco a lâmpada para que haja aumento da temperatura do ar dentro do bulbo com a consequente expansão desses gases, para que um pouco de ar vaze do sistema lâmpada-mangueira-recipientes.

Após parte do ar dentro da lâmpada e da mangueira ter sido expulso do sistema e o ar dentro do bulbo ter retornado à temperatura ambiente, a pressão somada do ar dentro da mangueira e da pequena coluna de líquido que existe devido ao fato de a mangueira estar imersa no líquido é menor do que a pressão atmosférica, pois a massa de ar restante é menor do que a massa anterior.

Dessa forma, o ar atmosférico empurra o líquido para dentro da mangueira e o termoscópio passa a oscilar com grande facilidade perante pequenas diferenças de temperatura, devido à variação do volume de ar contido no sistema sob essas variações.

É preciso, no entanto, ressaltarmos que a posição da coluna de líquido variará para um mesmo termoscópio, a uma mesma temperatura, de acordo com o local onde ele estiver

situado na Terra, pois a pressão atmosférica varia com a altitude e o recipiente que contém o líquido indicativo é aberto.

- **Conceito trabalhado:**

Nesse experimento, trabalhamos sem o intermédio predefinido de nenhum modelo matemático, pois os modelos matemáticos de auxílio para o debate sobre essa montagem estão descritos no material dos demais experimentos.

Experimento 5: Motor Stirling

- **Materiais para confecção:**

- Haste para sustentação;
- Um tubo de ensaio ou proveta de aproximadamente 50 ml;
- Uma rolha perfurada para vedar o tubo de ensaio;
- Uma mangueira que se ajuste ao furo da rolha;
- Uma lamparina ou uma vela utilizada como fonte de energia do motor;
- Bolinhas de gude;
- Seringa de vidro ou de plástico lubrificada com graxa, à qual a mangueira se ajuste.

- **Montagem do experimento:**

- 1- Primeiramente, a haste deve ser montada de modo que sustente o tubo de ensaio/proveta, o qual terá em seu interior as bolinhas de gude;
- 2- A rolha que será utilizada deve ser perfurada, sendo que o orifício aberto nesta deve se ajustar à mangueira que será utilizada no experimento;
- 3- O tubo/proveta deve ser tampado com a rolha;

- 4- A seringa deve ser ajustada da forma com que ilustra a figura 1;
- 5- A mangueira deve ser conectada da rolha à seringa;
- 6- Estando todas as partes do experimento devidamente ajustadas, deve-se acender a fonte de calor e colocá-la em contato com o tubo.

- **Descrição do experimento:**

O motor Stirling foi criado no contexto da 1ª Revolução Industrial devido ao grande número de caldeiras de fábricas que explodiam devido à utilização de motores à combustão interna.

Dessa forma, com a criação desses motores, atingiu-se outro nível quando fazemos menção ao rendimento dessas máquinas quando comparadas aos motores. Há registros de motores Stirling com eficiência calculada de 45%, quando a máxima eficiência conseguida por um motor de combustão interna é de aproximadamente 25%.

A partir daí houve um intenso estudo desses motores, sendo que eles se comportam de acordo com um ciclo que parece muito com o de Carnot (ciclo ideal de funcionamento para uma máquina térmica).

A figura a seguir representa o ciclo Stirling no diagrama Pressão x Volume:

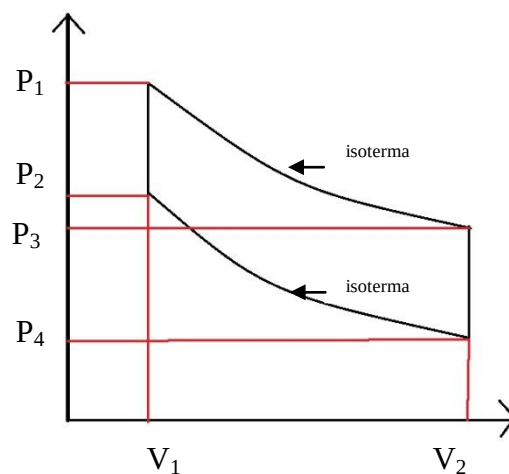


Figura 5: Ciclo Stirling

- **Conceitos trabalhados:**

Explicação do Ciclo de Carnot:

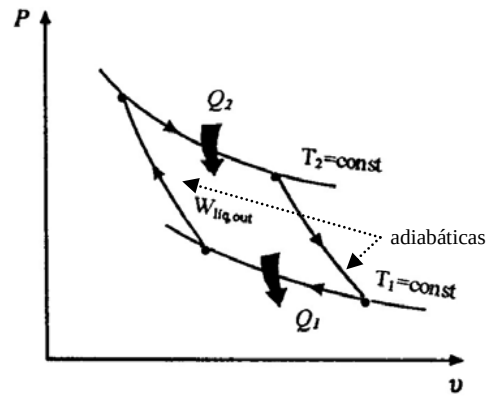


Figura 6: Ciclo de Carnot

A figura abaixo representa o experimento trabalhado:



Figura 7: Motor Stirling

A explicação se baseia em diferenciar os conceitos de temperatura e calor. Para isso, utilizamos o conceito de eficiência térmica ou rendimento térmico:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \quad (I)$$

No entanto, como:

$$W = Q_1 - Q_2 \quad (II)$$

A eficiência térmica pode ser escrita da seguinte forma:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (III)$$

Os experimentos destacados acima foram trabalhados seguindo a sequência didática explicitada. É necessário evidenciarmos as nuances de preparação e idealização de cada um dos tópicos existentes nessa sequência didática para que a abordagem de ensino seja justificada de acordo com os referenciais teóricos dos quais nos utilizamos e, principalmente, em relação à teoria histórico-cultural. Porém, deixamos claro que nem todos os tópicos da sequência didática foram estritamente trabalhados no contexto de realização de cada uma das atividades práticas.

As ações do professor/pesquisador moldaram e foram moldadas de acordo com os acontecimentos particulares da execução de cada atividade de demonstração experimental e a adequação de cada uma dessas realizações à sequência didática, em muitos momentos, foi incrementada pelas discussões e questionamentos dos sujeitos de pesquisa, fora do que estava previsto, o que compreendemos como normal e enriquecedor para a pesquisa de cunho qualitativo, dada a complexidade da realização de atividades práticas como as que realizamos, e essencial para a evolução da argumentação dos estudantes a respeito dos conceitos trabalhados.

Abaixo destacamos novamente a sequência didática utilizada, esclarecendo as razões de existência de cada um dos tópicos à luz de nossos referenciais:

1. Divisão dos estudantes em grupos (a composição dos grupos foi distinta a cada encontro, de acordo com as escolhas dos sujeitos);

Através da divisão dos estudantes em dois grupos, começamos a nortear nosso trabalho, fornecendo aos estudantes um esboço daquilo que seria realizado nos demais encontros.

Na primeira atividade, por exemplo, os estudantes tiveram a oportunidade de se familiarizar com as ações que seriam executadas pelo professor/pesquisador no decorrer da realização das atividades de demonstração experimental e com a forma através da qual os encontros aconteceriam.

Então, com esse tópico da sequência didática, possibilitamos aos estudantes o contato social. Com a divisão em grupos, observamos a possibilidade de empenhar os estudantes na discussão de cada fenômeno físico estudado com os integrantes de seus respectivos grupos, de forma que a interação (Vigotski, op. cit.) sobre os conceitos de calor e temperatura pudesse ser efetivada. O trabalho em grupo é sustentado por autores que trabalham segundo a teoria histórico-cultural, pois:

Trabalhar com várias pessoas permite também a presença conjunta de estratégias diversas com as quais um indivíduo sozinho não se confrontaria e leva o indivíduo a examinar sua proposta de solução em relação a outras. (LABORDE, op. cit., p. 42).

Nestas situações de interação, em que o indivíduo é confrontado com outros modos de resolução de um problema, as contradições oriundas dos parceiros podem ser mais facilmente percebidas que as contradições encontradas pelo aluno sozinho (BEDNARZ, op. cit., p. 49)

Também, no sentido de validar as atividades em grupo, há a atuação dessas atividades sobre o que Vigotski chama de “zona de desenvolvimento imediato (ZDI)” (PRESTES, 2010), que pode ser compreendida como:

(...) uma zona das potencialidades que a criança atinge quando resolve problemas em colaboração com outro. Vygotsky pensou sobretudo na colaboração com o adulto ou com uma criança mais velha, mas podemos estender esta superioridade das **performances** da criança para o caso da colaboração com uma igual (LABORDE, op. cit., p. 41, grifo do autor).

Em nosso caso, essa zona potencial de desenvolvimento cognitivo é estendida, segundo Vigotski, para o caso da colaboração entre adultos que, segundo o mesmo autor, passam várias vezes no decorrer de suas vidas, pelos diferentes estágios de desenvolvimento conceitual.

2. Demonstração experimental aberta com a participação dos grupos (momento aberto a questões);

A demonstração experimental aberta, ou seja, demonstração em que os estudantes têm liberdade para fazer indagações sobre a montagem experimental, os materiais que foram utilizados, o conceito físico estudado, etc., é o ponto de partida para a argumentação dos estudantes.

É no momento da realização de cada atividade que estabelecemos os três construtos teóricos de Wertsch para a efetivação da interação social e a atuação na zona de desenvolvimento imediato (ZDI) (WERTSCH apud URIAS, 2013):

_ “a **definição de situação** ‘é a maneira pela qual o cenário ou contexto é representado por aqueles que estão operando nesse cenário ou contexto’” (WERTSCH apud URIAS, op. cit., p. 27, grifos meus).

Então, a definição de situação é uma construção individual em que o contexto é representado através das experiências e do convívio social que cada um vivenciou.

Professor/pesquisador e sujeitos de pesquisa criam diferentes representações das atividades desenvolvidas e esse fato implica na interação social entre os diferentes indivíduos através da intersubjetividade proporcionada de acordo com a mediação semiótica estabelecida.

_ “a **intersubjetividade** existe entre dois interlocutores durante uma tarefa quando eles compartilham a mesma definição de situação e sabem que estão compartilhando dessa mesma definição de situação” (URIAS, op. cit., p. 28, grifo meu).

A intersubjetividade é essencial para o trabalho entre professor e alunos. É necessário esclarecermos o fato de que a intersubjetividade por se dar em diferentes níveis, pois muito dificilmente alunos e professores estão em mesmo patamar da definição de situação em relação a seus objetos de estudo, de forma que, se estivessem, a intervenção docente seria desnecessária.

Dessa forma, na realização das atividades práticas, o professor/pesquisador sustenta a definição de situação mais aceita cientificamente na interpretação dos fenômenos físicos estudados em cada um dos experimentos e influencia a definição dos estudantes através da interação, na busca pela modificação das definições dos alunos em direção à dele.

_ a **mediação semiótica** é o mecanismo concreto que torna possível o compartilhamento de uma definição de situação (URIAS, op. cit.).

A mediação semiótica pode ser compreendida como o estabelecimento da relação de interação entre professor/pesquisador e alunos, bem como entre os alunos, da qual a montagem experimental é mediadora. Em outras palavras, a montagem experimental é o objeto simbólico (URIAS, op. cit.) que torna possível a interação dialógica entre todos os sujeitos (incluindo o professor/pesquisador) e que permite a definição de situação intersubjetiva, essencial para a realização completa da atividade prática.

Foi, então, no início de cada atividade de demonstração, que situamos os estudantes frente a cada uma das situações de debate sobre os fenômenos físicos ocorrentes e

realizamos intervenções para que todos ficassem o mais próximo possível de uma compreensão comum do experimento e pudessem, assim, argumentar.

3. Após a demonstração experimental e as respectivas discussões, os estudantes retornam à divisão em grupos;

Feita a demonstração experimental, os estudantes retornaram aos grupos que haviam sido formados no início da atividade.

Durante a demonstração, várias questões sempre foram colocadas pelos estudantes e, quando isso tardou a ocorrer, o professor/pesquisador agiu no sentido de aguçar a motivação dos estudantes frente ao experimento estudado, com o intuito de que hipóteses argumentativas de explicação de cada fenômeno físico fossem geradas.

Com a definição desse tópico, após a demonstração experimental aberta, os estudantes retornam para os seus devidos grupos; assim, buscamos proporcionar aos estudantes momentos em que eles discutissem sem a interferência do professor/pesquisador. Foi possível notar claramente que alguns sempre eram eleitos pelos colegas, no contexto das interações, como os parceiros mais capazes.

O aluno Aldo, por exemplo, foi sempre visto pelos membros dos dois grupos como o parceiro mais capaz, e as opiniões expressas por ele sempre tiveram forte atuação na definição de situação de todos em relação às montagens experimentais. A síntese explicativa do grupo desse sujeito mostrou, muitas vezes, alto grau de compatibilidade com as formulações conceituais expressas por ele.

Isso também aconteceu no decorrer das atividades com os outros sujeitos de pesquisa, sendo que nas diferentes atividades foram elencados diferentes parceiros mais capazes, de acordo com as formulações expressas por eles. Porém, o aluno Aldo foi sempre tomado como “mais capaz” e, como previsto teoricamente, isso ocorreu de acordo com uma série de características sociais (idade, notas nas disciplinas da graduação, experiência de vida, experiência em universidade etc).

4. Discussão intragrupos com acesso dos estudantes ao material escrito (apostila);

Sem interferência do professor/pesquisador, os alunos desenvolveram esta etapa de discussão em grupos. Algo que nos motivou bastante durante a realização dessa pesquisa foi o afinho e dedicação entusiasmada dos estudantes frente às discussões intragrupos.

Na execução desse tópico, os estudantes formularam hipóteses de explicação de cada um dos fenômenos observados nos distintos experimentos e as debateram com seus colegas, de forma a chegar a um consenso que seria, por fim, exposto a todos no momento 6 dessa sequência didática (a formulação destes consensos foi redigida e apresentada de maneira oral para que os estudantes formassem da maneira mais clara possível suas hipóteses explicativas em forma de argumentos).

5. O professor/pesquisador interage com os estudantes na discussão intragrupos na medida em que é requisitado;

Nesta parte, o professor/pesquisador formulou questões para os sujeitos de modo que eles argumentassem sobre os conceitos de calor e temperatura.

6. Os estudantes têm mais tempo para o debate intragrupos e a explicitação da hipótese síntese do grupo para explicação do fenômeno físico estudado (o professor/pesquisador não interfere);

Na execução deste tópico, após os estudantes terem chegado a uma hipótese síntese para a explicação de um dado fenômeno físico, eles deveriam socializar esta hipótese com o outro grupo, de modo que uma discussão pautada sobre os argumentos utilizados pelo grupo expositor para a proposição da hipótese pudesse ser discutida por todos.

A capacidade de argumentação dos sujeitos foi analisada nesse momento, em conjunto com o momento 2 dessa sequência didática, para que pudéssemos avaliar a argumentação dos estudantes em um mesmo encontro e compará-la com as posteriores.

7. O professor/pesquisador expõe, ao final da atividade, a explicação física mais aceita para o fenômeno observado na montagem experimental.

Ao final de cada uma das demonstrações experimentais, o professor/pesquisador, exercendo o seu papel de parceiro mais capaz de todos os sujeitos de pesquisa, expôs a explicação física mais aceita para cada fenômeno físico trabalhado e interagiu com os estudantes de modo a criar possibilidades para a evolução argumentativa dos mesmos.

A partir desses sete tópicos, foram executadas todas as nossas atividades práticas. Através dos dados constituídos a partir dos encontros é que analisaremos se houve ou não evolução na argumentação dos estudantes sobre os conceitos de calor e temperatura, como resultado da aplicação da abordagem de ensino proposta.

4.3 A relação entre professor/pesquisador e alunos

Como assumimos anteriormente, a atuação do professor/pesquisador foi um fator de interferência, motivação e norteamento da argumentação dos sujeitos de pesquisa, como já era previsto desde o início da idealização das atividades realizadas.

Tomando como base o referencial teórico-metodológico de Vigotski, compreendemos o professor/pesquisador como ativo na estruturação do relacionamento que se estabelece entre ele e os sujeitos de pesquisa para a efetivação da relação entre ensino e aprendizagem. Mas assumimos, também, que há entre eles uma relação de poder e de persuasão.

Dessa forma, compreendemos a relação de poder estabelecida entre professor/pesquisador e sujeitos de pesquisa de acordo com Silveira (2010):

(...) se o professor não exerce a persuasão na sala de aula, não cumpre com o objetivo de ensino: construir, com os alunos, novos conhecimentos. Mas, se impõe tais conhecimentos, apelando para o autoritarismo e a coerção, pode recair num processo de ensino reprodutivo, sofrendo resistência e não obtendo a colaboração deles.

(...) Entretanto, nem todo professor faz uso abusivo do poder em sala de aula... (SILVEIRA, op. cit., p. 100 e 101).

Foi justamente da maneira descrita por Silveira que procuramos atuar nas cinco atividades didáticas que desenvolvemos no decorrer dessa pesquisa. Buscamos, no decorrer de todas elas, criar uma relação de proximidade com os estudantes de tal forma que eles nos dessem apoio na realização de todas as atividades realizadas.

Por fim, entendemos que as relações de interação social implicadas entre professor/pesquisador e sujeitos de pesquisa, em alguns momentos, pautaram-se na autoridade do primeiro, em argumentos não científicos e em falas não mediadas pelas montagens experimentais; as funções de professor e pesquisador (cientista) se confundiram no ideário do professor/pesquisador (ORLANDI, 2001). Porém, esses acontecimentos são interpretados por nós como produtos da complexidade da realidade, na medida em que os referenciais teóricos utilizados expressam modelos e jamais excluem as características reais dos processos de interação.

No entanto, apesar de assumir a persuasão que protagonizamos, não analisaremos nossas próprias falas no trabalho devido ao problema de pesquisa, que aponta para a análise da argumentação dos sujeitos e não do professor/pesquisador. Porém, se tivéssemos mais tempo para a finalização do trabalho, poderíamos nos propor a analisar os perfis argumentativos que apresentamos, mas isso ficará para uma análise posterior e não será efetivado nesse trabalho.

4.4 Referencial de análise de dados

Para analisar os recortes do corpus dos dados dessa pesquisa e responder ao problema investigado, utilizamos a análise textual discursiva de Roque Moraes e Maria do Carmo Galianzi (2011). Abaixo, uma descrição dessa metodologia de análise:

A análise textual discursiva é uma abordagem de análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise na pesquisa qualitativa que são a análise de conteúdo e a análise de discurso... (MORAES e GALIANZI, 2006, p. 118)

(...) entendemos que a análise textual discursiva parte de um conjunto de pressupostos em relação à leitura dos textos que examinamos. Os materiais analisados constituem um conjunto de significantes. O pesquisador atribui a eles significados a partir de seus conhecimentos, intenções e teorias. A emergência e comunicação desses novos sentidos e significados são os objetivos da análise. (MORAES e GALIANZI, 2011, p. 16)

Elencamos essa metodologia de análise de dados devido ao fato de ela se aproximar bastante de tudo aquilo que assumimos como essencial para a análise de dados compostos em atividades práticas como as que realizamos. A análise textual discursiva admite a multiplicidade de interpretações possíveis dos dados de acordo com uma teoria definida a priori pelo pesquisador, de acordo com seu aporte, bem como a proximidade estrutural das categorias de análise (em que uma categoria não exclui necessariamente a outra), o que engloba as diretrizes que tomamos para a realização dessa pesquisa: proposta de abordagem de ensino, referencial teórico vigotskiano, elaboração de categorias a priori etc.

Os recortes foram realizados de acordo com as razões já expressas nesse trabalho e é deles que extraímos aquilo que os autores supracitados chamam de “unidades de significado”.

Por si só, esses recortes do corpus dos dados são unidades de significado das quais extraímos novas unidades que evidenciam os argumentos em que os estudantes utilizam os conceitos de calor e temperatura e expõem a compreensão que têm a respeito deles.

A análise textual discursiva é descrita como um processo que se inicia com uma unitarização em que os textos são separados em unidades de significado. Estas unidades por si mesmas podem gerar outros conjuntos de unidades oriundas da

interlocução empírica, da interlocução teórica e das interpretações feitas pelo pesquisador. (MORAES e GALIAZZI, op. cit., p.118).

Após isso, estruturamos os dados nas categorias de análise criadas a priori a partir do trabalho de Vigotski (op. cit.), que nos permitiram observar se, com o decorrer da realização das atividades práticas, os argumentos dos estudantes foram se aproximando das definições aceitas cientificamente para os conceitos de calor e temperatura.

A criação de categorias é um passo para a análise dos dados, segundo Moraes e Galiazzi, em que o pesquisador expõe a relação existente entre os dados que constitui em sua pesquisa e os referenciais teóricos sobre os quais ele a fundamenta. E a categorização é o momento da pesquisa em que se inicia a interpretação dos dados na medida em que eles são distribuídos nas diferentes categorias.

Categorizar é reunir o que é comum (OLABUENAGA e ISPIZUA, 1989). Corresponde a simplificações, reduções e sínteses de informações da pesquisa, concretizadas por comparação e diferenciação de elementos unitários, resultando em formação de conjuntos de elementos que possuem algo em comum. A categorização constitui um processo de classificação em que elementos de base – as unidades de significado – são organizados e ordenados em conjuntos lógicos abstratos, possibilitando o início de um processo de teorização em relação aos fenômenos investigados. (MORAES e GALIAZZI, op. cit., p. 75).

Na análise textual discursiva, o processo de categorização e subsequente interpretação dos dados geram o que os autores designam como metatextos. Esses metatextos são construções textuais que apresentam as interpretações do pesquisador sobre o surgimento dos resultados de sua pesquisa, ou seja, são textos de discussão e interpretação dos resultados emergentes da categorização.

Em síntese:

O produto final de uma análise textual discursiva é um metatexto. (...) Essa produção escrita, concretizada a partir das análises e interpretações de uma

investigação, não constitui expressão objetiva dos conteúdos de um “corpus” de análise, mas representa construções e interpretações pessoais do pesquisador, tendo sempre como referência uma fidelidade e respeito às informações obtidas com os sujeitos da pesquisa. (MORAES e GALIAZZI, op. cit., p. 94).

Após a produção dos metatextos, os resultados da pesquisa podem ser comunicados, ou seja, descritos e interpretados em sua forma geral, e o trabalho se finda à medida que o problema de pesquisa é respondido e se chega às conclusões.

A análise textual discursiva muito se aproxima da teoria histórico-cultural na medida em que se assume como forma de análise auto-organizada e admite a necessidade de familiarização do pesquisador com os dados da pesquisa para que se torne possível a captação do “novo emergente”.

Em outras palavras, a análise textual discursiva é uma abordagem de análise auto-organizada porque prevê a relação temporal entre a atuação do pesquisador sobre o corpus de análise dos dados e o surgimento cognitivo de inferências lógicas que delineiem a produção dos resultados da pesquisa, levando-se em conta o problema a ser investigado e a metodologia de constituição de dados.

5 ANÁLISE DOS DADOS

A partir do referencial da análise textual discursiva, analisamos o corpus de análise dos dados constituídos nas cinco atividades práticas realizadas com os sujeitos de pesquisa. É relevante ressaltarmos que as montagens experimentais tiveram papel mediador na relação entre professor/pesquisador e sujeitos de pesquisa e que a interação entre os indivíduos tem papel chave no desenvolvimento e efetivação da abordagem de ensino utilizada.

Ainda, não podemos deixar de mencionar que queremos responder ao seguinte problema de pesquisa: quais são os resultados, relativos à argumentação emergente do processo de formação de conceitos dos alunos, acerca dos conceitos de calor e temperatura,

decorrentes da interação entre os alunos, mediados por atividades de demonstração experimental aberta?

Em outras palavras, queremos analisar se através da abordagem de ensino que desenvolvemos, os argumentos dos estudantes se modificam na direção da definição dos conceitos de calor e temperatura. Para isso, utilizamos categorias emergentes do trabalho de Vigotski (op. cit.), que expressam a evolução conceitual do pensamento, no nosso caso, sobre os conceitos de calor e temperatura.

5.1 Categorias de análise: da definição aos resultados

A categorização de nossos dados será realizada a partir de inferências lógicas, guiadas pelo referencial teórico da teoria histórico-cultural, e expostas de acordo com nossa interpretação sob essa perspectiva.

Dessa maneira, para que isso se torne possível, realizamos a confecção de alguns quadros, sendo cada um referente a uma das cinco atividades que realizamos com os estudantes (sujeitos de pesquisa). Abaixo, apresentamos a formatação desses quadros:

Encontro X – Experimento Y	
Estudante	Argumentos
Aqui são apresentados os nomes fictícios de cada sujeito.	Aqui são apresentados os argumentos expostos por cada sujeito.
Grupos	Síntese
Aqui é exposta a numeração de cada grupo, com os sujeitos que os compõem.	Aqui é apresentada a síntese argumentativa de cada grupo.

Quadro 5.1: Modelo explicativo para a exposição dos dados

Feita a exposição da forma de apresentação dos dados de nossa pesquisa, podemos expor as categorias de análise que utilizaremos para realizar as interpretações dos dados compostos.

Primeiramente, apresentamos as categorias de análise elaboradas, de forma a nos possibilitar a realização da análise de nossos dados:

Categoria 1: Complexos

Essa categoria engloba os argumentos que se encaixam, no que é apresentado por Vigotski, no escopo do pensamento por complexos. Ela envolve os argumentos que expõem os conceitos de calor e temperatura relacionados a algo concreto, através de relações de contato, necessidade de caracterização material desses conceitos, etc. Ou seja, nessa categoria, serão expostos os argumentos que fazem menção e relacionam os conceitos à percepção e àquilo que é concreto e busca torná-los desta forma.

Categoria 2: Pseudoconceitos

Apesar de os pseudoconceitos serem uma fase do estágio de pensamento por complexos dentro do escopo dos escritos de Vigotski (op. cit.), abordaremos os pseudoconceitos como uma categoria a parte, pois eles expressam a forma de pensamento por complexos que mais se aproxima do pensamento por conceitos. Assim, nessa categoria, encaixam-se os argumentos que tratam dos conceitos de calor e temperatura ainda através de complexos, mas que apresentam alguma relação deles com aquilo que Vigotski compreende como conceitos (produtos do domínio do pensamento por complexos com a capacidade de abstração) (VIGOTSKI, op. cit., p. 226).

Em outras palavras, situam-se nessa categoria os argumentos que se aproximam da definição adequada dos conceitos de calor e temperatura, mas que expõem o uso inadequado dos termos e palavras para designá-los.

Categoria 3: Conceitos

Essa categoria expressa os argumentos mais elaborados quando comparados àqueles expressos pelas demais. Nessa categoria são englobados os argumentos que expressam um nível abstrato de compreensão dos conceitos de calor e temperatura, ou seja, os

argumentos em que os estudantes argumentam abstratamente sobre os conceitos, não mais os relacionando com objetos e situações concretas.

Em síntese, essa categoria engloba os argumentos que expressam a compreensão abstrata de calor e temperatura, tal como ocorre nas definições adequadas de cada um deles, expressas no subcapítulo 4.1.2.

O conceito surge quando uma série de atributos abstraídos torna a sintetizar-se, e quando a síntese abstrata assim obtida se torna forma basilar de pensamento com o qual a criança percebe e toma conhecimento da realidade que a cerca. (VIGOTSKI, op. cit., p. 226).

5.2 Apresentação dos dados constituídos

Apresentamos abaixo os dados constituídos a partir da realização das cinco atividades práticas realizadas com os estudantes. Cada um dos quadros abaixo faz referência à realização e à discussão de um dos experimentos já apresentados acima.

Esses dados foram constituídos a partir da transcrição de dois momentos (momentos 2 e 6 da sequência didática) dos encontros realizados com os estudantes, através das gravações de áudio realizadas.

Após cada quadro, apresentamos uma primeira análise da realização das atividades e dos argumentos apresentados pelos sujeitos.

Encontro 1 - Experimento “Aquecendo Balões”	
PRIMEIRO MOMENTO (momento 2 da sequência didática)	
Estudante	Argumentos
	<p>Gente, venham aqui, por favor. Venham todos até aqui.</p> <p>Não, não precisa da apostila agora, não. Então, qual é a nossa primeira atividade?</p> <p>Na nossa primeira atividade, nós vamos analisar a relação entre o balão, aqui, e uma fonte de calor, beleza? Uma fonte de energia, tá? Que é o nosso isqueiro aí. Então, eu</p>

Professor/Pesquisador	vou colocar o balão em contato com a chama do isqueiro e depois vou fazer com outro balão, mas sem ele entrar em contato com a chama, tá joia? E aí vocês vão ver o que acontece com o balão cheio de ar, em contato com a fonte de energia, e outro, com o balão cheio de água, beleza? E aí, vamos todos entrar num debate, aí, e eu quero que vocês digam por que vocês acham que isso ocorre. Por que aquilo que ocorrer, ocorreu ou não ocorreu? Beleza? Então, primeiro o balão com ar? Beleza, alguma coisa inesperada pra alguém? Não? Então, esse aqui eu vou fazer sem colocar em contato direto com a chama, tá bom? Tá bom assim? Todo mundo viu o que aconteceu? (O balão com ar estourou) Algumas coisa inesperada pra alguém? Não? Por que vocês acham que aconteceu isso?
Júlio	O grau de agitação das moléculas!
Professor/Pesquisador	O grau de agitação das moléculas. Moléculas de quê?
Júlio	De gás.
Juca	De oxigênio que você colocou.
Professor/Pesquisador	De oxigênio. Então eu venho com outra pergunta. Dentro da bexiga tinha só oxigênio?
Júlio	Não.
Juca	Não.
Aldo	Não.
Professor/Pesquisador	Tinha uma mistura de gases. E aí ele (Júlio) disse: a agitação das moléculas. O que a agitação das moléculas desses gases causa?
Júlio	Causa uma espalhação.
Pedro	Dilatação.
Júlio	Dilatação Volumétrica
Professor/Pesquisador	Dilatação, beleza! Mas vocês perceberam a bexiga? Vocês não acham que dava pra encher mais aquela bexiga?
Juca	Quanto mais encher, mais oxigênio, mais rápido vai estourar.
Professor/Pesquisador	Mas vocês viram ela dilatando muito?

Juca	Não.
Aldo	Não. Mas a gente não sabe se ela estava no limite já. Seria interessante fazer com menos ar.
Professor/Pesquisador	Fazer com menos ar, então? Vou fazer com menos. Então, por uma sugestão do Aldo, com menos ar.
Juca	Demorou um pouco mais.
Professor/Pesquisador	Será?
Todos	Não.
Professor/Pesquisador	Mas vocês perceberam ela expandir?
Todos	Não.
Professor/Pesquisador	E aí, o que vocês me dizem a respeito? Será que é só por causa da agitação das moléculas do gás lá dentro?
Aldo	Eu tenho uma ideia de que ela tenha estourado pela expansão do ar lá dentro.
Professor/Pesquisador	Percebe? Se o ar se expandiu, né? Se foi pela expansão que a bexiga estourou, teria que ter dado alguma noção de percepção. Alguma percepção deveria ter ocorrido. Se foi por isso, ela devia ter aumentado de volume até que a parede não aguentasse mais aquela configuração e estourasse.
Aldo	Por isso que eu quis fazer com menos ar.
Professor/Pesquisador	Com menos ar, na configuração anterior.
Júlio	Então pode ser por causa do coeficiente de dilatação térmica do material.
Pedro	Do balão.
Professor/Pesquisador	Isso. Esse é um outro ponto chave.
Toni	É o material.
Professor/Pesquisador	É, o material faz diferença, né? Só que agora, a bexiga tá cheia de água, e a bexiga é do mesmo material que a outra, beleza? E aí, vamos pegar isso aqui e colocar em contato com a chama... pode ser? Então vamos lá. E aí?
Tânia	É, por isso eu não esperava.
Toni	Eu já esperava, mas não sabia por quê.

Professor/Pesquisador	Vocês já esperavam?
Toni	Eu esperava que não fosse estourar, mas não sabia por quê.
Aldo	Eu não esperava nada, porque eu nunca fiz isso.
Júlio	Eu esperava que não fosse estourar, porque se estourasse ia cair água no seu tablet.
Toni	É, e você não ia deixar isso.
Juca	Porque ela tava cheia de água e a água é mais densa que o ar, alguma coisa assim.
Pedro	A temperatura da água é muito inferior à do fogo e pra estourar a água teria que ser aquecida mais.
Juca	Ela acabou reforçando o material da bexiga contido dentro dela por ser um...
Júlio	Acho que no caso a água demora mais pra entrar em grau de agitação, porque ela ebule a 100 °C, então no caso você precisa de uma... precisaria de uma temperatura maior pra ter uma relação dentro da bexiga.
Juca	Você só ia conseguir alguma coisa se você conseguisse dilatar o material da bexiga, porque só pela água...
Professor/Pesquisador	O material da bexiga?
Juca	Aí o da bexiga ia estragar.
Professor/Pesquisador	Isso tem uma relação, sim. Então, as nossas hipóteses lá, iniciais, quando a bexiga tava com ar dentro, eram que: Ele (Júlio) disse do grau de agitação das moléculas do gás e esse grau de agitação é medido pelo quê? O que é esse grau de agitação? O grau de agitação das moléculas do gás me diz...
Aldo	Temperatura.
Professor/Pesquisador	Temperatura... me diz sobre que propriedade daquele gás? Que configuração naquele momento?... Temperatura. E, depois veio a ideia de que talvez, de acordo com o teste que a gente fez, quando o Aldo deu a ideia de fazer com a bexiga com menos ar... que o material da bexiga influenciava. O material de que era feita a bexiga influenciava se ela suportar aquela transferência de energia ou não. E, uma outra coisa... outra coisa que influenciava, o que está dentro da bexiga? Não é? Foram as ideias que a gente foi, vocês foram colocando. Ele (Julio) deu a ideia do grau de agitação das moléculas, o Aldo deu a ideia de fazer com a bexiga com menos ar, a bexiga ainda estourou, e vocês falaram do material que era feita a bexiga. E aí quando eu fiz com a bexiga de ar vocês já deram a ideia de que dependesse daquilo que tá dentro, porque a água tem uma capacidade maior de... agitação de moléculas... Então, o que eu quero que vocês façam agora? Agora eu quero que vocês peguem uma

	folha de sulfite, ou mais, dessas aqui. Voltem lá pra configuração em grupos e anotem as ideias de vocês a respeito de por que as bexigas com ar estouraram e por que quando a bexiga tinha água dentro (...) ó, vamos fazer mais uma vez.
	(O experimento é realizado novamente com a bexiga contendo água).
Professor/Pesquisador	Ó... por que quando a bexiga tinha água dentro, ó... ela não estoura? Tá? Então, eu quero que vocês vão lá agora e anotem as ideias... Por que aconteceu aquilo? Por que, na explicação de vocês? Por que aconteceu aquilo com as bexigas que continham ar? E por que aconteceu isso com a bexiga que contém água? Beleza?
Júlio	Isso... isso teria relação com aquela fórmula que relaciona pressão, volume e temperatura?
Professor/Pesquisador	Isso tem uma relação com aquilo, sim... não tem como eu dizer pra você que não tem relação com aquilo, porque todo fenômeno termodinâmico tem relação com pressão, volume e temperatura. Qualquer troca de energia altera o volume de um corpo, mesmo de forma não perceptível, mas altera.
Júlio	Então quer dizer que a temperatura é proporcional ao volume.
Professor/Pesquisador	Isso... justamente... então, agora eu quero que vocês peguem folhas aqui, voltem lá pra configuração em grupos que vocês estavam e anotem as explicações de vocês pra esses fenômenos, tá joia? Então vamos lá!
Tânia	Essa anotação é individual professor?
Professor/Pesquisador	Não, do grupo. Discutam com o grupo e aí anotem!
SEGUNDO MOMENTO (momento 6 da sequência didática)	
Grupo 1 (Aldo, Toni e Tânia)	Síntese
	<p>Ao fornecer calor ao sistema água e bexiga, grande parte do calor é absorvido pela água (por ter alto calor específico em comparação com o ar), impedindo um aumento acentuado de temperatura do material que constitui a bexiga e o consequente rompimento da bexiga.</p> <p>Para testar a hipótese, seria interessante fazer a experiência com outras amostras de líquidos de calor específico, diferentes da água. Espera-se que, se a hipótese estiver correta, os sistemas que contém líquidos de calor específico menor que a água, o tempo necessário seja menor. Por outro lado, quanto maior o calor específico do líquido, maior seria o tempo que demora pra bexiga estourar (experiência feita com a mesma massa dos líquidos e mesmo material da bexiga).</p>

Grupo 2 (Pedro, Juca e Júlio)	<p>Motivos:</p> <p>_Estourou pelo motivo do aumento do grau de agitação das moléculas de oxigênio;</p> <p>_Pela relação do oxigênio da bexiga com o que o fogo necessita para queimar;</p> <p>_O material da bexiga, por ser fino, ao contato com o calor o mesmo se deforma, levando a um rompimento do material.</p> <p>Por que ela estourou:</p> <p>A bexiga estourou porque a chama levou a um aumento da agitação das moléculas de oxigênio dentro do recipiente (oxigênio << água), fazendo com que levasse ao rompimento da fina camada de plástico que divide a chama com o oxigênio dentro da mesma.</p>
--------------------------------------	---

Quadro 5.2: Transcrição do Encontro 1 – Experimento “Aquecendo Balões”

Nesse primeiro encontro os estudantes se mostraram bastante apreensivos quanto à realização da atividade. A princípio, eles ficaram perplexos diante da maneira com que o professor/pesquisador iniciou a realização da demonstração experimental aberta, pois como eles mesmos expuseram, nunca haviam tido contato com tal abordagem laboratorial. Porém, logo apresentaram alguns argumentos sobre a descrição do experimento e expuseram hipóteses explicativas para o fenômeno físico ocorrente.

Na realização dessa atividade, ficou clara ao professor/pesquisador a relação de “parceiro mais capaz” mantida por todos os sujeitos com Aldo. Esse último foi, em todas as atividades, compreendido por seus pares como alguém que expressava argumentos de grande valia, na medida em que todos prestavam atenção nos momentos em que ele os expunha.

Os sujeitos apresentaram formulações pseudoconceituais e conceituais de temperatura, como expresso por Júlio, Aldo e Pedro, mas não atingiram o estágio de conceitos em relação a calor, como expresso pelos grupos 1 e 2.

Durante a realização do experimento, ocorreu algo inesperado pelo professor/pesquisador num momento de gravação do áudio. Ao fornecer energia com o isqueiro para o balão que continha água, o professor/pesquisador não levou em conta que o tablet com que capturava o áudio estava diretamente sob a montagem e questionou os estudantes sobre se eles esperavam que o balão com água, mesmo recebendo energia da fonte, não fosse estourar, e Júlio respondeu que achava que o balão não estouraria porque, se isso ocorresse, molharia o tablet.

Dessa maneira, foi possível notar que não apenas as atividades de demonstração experimental aberta, mas também uma gama de acontecimentos não previstos mediava nossa interação com os sujeitos.

Partimos agora para a realização do segundo encontro em que foi trabalhado o experimento “Quantidade de calor igual, temperatura diferente”.

Encontro 2 – Experimento “Quantidade de calor igual, temperatura diferente”	
PRIMEIRO MOMENTO (momento 2 da sequência didática)	
Professor/Pesquisador	Então, ó... para explicar pra vocês o que a gente vai fazer hoje. Eu tenho água nesse copo e tenho óleo nesse copo. Eu tenho uma massa de água aqui e a mesma de óleo aqui nesse copo. Aqui (apontando um dos copos) tem aproximadamente 223 gramas de água e aqui tem 223 gramas de óleo, tá? Essa é a fonte nossa de energia, essa aqui. Eu vou usar um termômetro pra medir a temperatura depois que a gente fizer um aquecimento da água e do óleo. Então, primeira coisa, o que vocês esperam desta atividade? Digam pra mim, o que vocês acham que vai acontecer aí?
Juca	O óleo vai demorar mais pra esquentar.
Oscar	O óleo esquentar mais rápido.
Eva	Eu acho que o óleo esquentar mais rápido.
Oscar	Qual é o calor específico do óleo?
Professor/Pesquisador	Não faço ideia.
Oscar	Sério mesmo?
Professor/Pesquisador	Sério mesmo. Não sei.
Aldo	É porque se as massas são as mesmas, a capacidade térmica vai depender só do calor específico.
Juca	Eu achei que o do óleo era maior. Mas não.
Professor/Pesquisador	Então vocês acham que a gente vai estudar alguma relacionada com o calor específico, né? Pelo o que está na apostila não é?

Eva	Eu acho que o óleo vai...
Professor/Pesquisador	<p>Vamos tratar de alguma coisa relacionada com o calor específico. O que aquece mais rápido e o que não aquece?... Qual a temperatura que um vai chegar e qual a temperatura que o outro vai chegar.</p> <p>Então, o que a gente vai fazer?</p> <p>Eu vou pegar a fonte aqui, e... e por motivos de não poluir a água lá, com o óleo aqui, né? Eu vou aquecer primeiro a água, tá?</p> <p>Porque depois eu só enxugo a fonte aqui e coloco lá no óleo. Se eu colocar no óleo primeiro, depois quando eu tirar não vai sair todo o óleo quando eu enxugar com o papel, e quando eu colocar na água, vai ter óleo na água, e aí vai ficar um negócio ruim, porque eu vou misturar a água com o óleo, beleza?</p> <p>Então, o que nós vamos fazer? Hoje eu vou pegar e vou aquecer a água por 40 segundos, tá? Então, alguém vai ficar com esse cronômetro pra mim, eu vou colocar a fonte de calor aqui deste jeito, assim. E vou ficar preparado aqui pra ligar.</p>
Juca	Tem que deixar ele (fonte de energia) esquentar primeiro, né?
Professor/Pesquisador	Não.
Juca	Porque depois no outro ele (fonte de energia) vai estar quente já.
Professor/Pesquisador	Não. Como assim, como?
Beto	Ele vai esfriar, né, filho (referindo-se a esfriar a fonte de energia).
Juca	Então tá bom.
Professor/Pesquisador	Depois eu pego ele (fonte de energia), tiro ele daqui, seco ele aqui no papel e esfrio ele lá na torneira.
Juca	Ah, tá bom então.
Professor/Pesquisador	Beleza?
Juca	Certo.
	Então, alguém vai ficar com o cronômetro e quando marcar 1... quando eu contar, um... dois... três, você (Beto), aperta e eu ligo. Quando der quarenta segundos você aperta e me fala, quando der quarenta, você para e me fala... ó deu, eu tiro e vou tirar isso aqui (fonte de energia) daqui (água), pegar, vou homogeneizar a água com o termômetro e por que eu vou homogeneizar? Porque vão formar correntes de convecção

Professor/Pesquisador	<p>lá na água e isso não é interessante pra mim. Então eu quero homogeneizar a água ficar numa... atingir um equilíbrio térmico e eu medir a temperatura com o termômetro, tá?</p> <p>Então eu vou fazer... vou aquecer a água quarenta segundos com a fonte de energia, vou medir a temperatura e depois vou fazer a mesma coisa com o copo que tem óleo. Beleza?</p> <p>Aí a gente faz uma discussão geral e depois vocês vão pra uma discussão em grupo e a gente segue a mesma sequência da aula passada. Tudo certo?</p> <p>Então, Beto, só espera um pouquinho aí (fonte de energia sendo colocada no copo), deixa eu pegar o termômetro.</p> <p>Então vai lá, Beto, na hora que você quiser.</p>
Beto	Não, espera aí. Me dá o cronômetro.
Professor/Pesquisador	Ah, é... desculpa... Então vamos lá, você conta.
Beto	Três... dois... um. Vai.
Beto	Dez...
Professor/Pesquisador	Quanto tá aí?
Beto	Vinte e dois.
Professor/Pesquisador	Depois, só não colocar a mão nesses copos.
Juca	Trinta e dois professor, fica esperto.
Beto	Trinta e cinco...trinta e seis... trinta e sete... trinta e oito... trinta e nove... quarenta.
Professor/Pesquisador	(A fonte de energia foi retirada do copo e a água homogeneizada com o termômetro).
Professor/Pesquisador	Zera aí, Beto, e marca trinta segundos (tempo definido como padrão para a mensuração da temperatura após a homogeneização).
Beto	Pode começar?
Professor/Pesquisador	Pode começar.
Aldo	Seria melhor se os copos não fossem de alumínio.
Professor/Pesquisador	<p>Isso quase não faz muita diferença.</p> <p>Quanto tempo?</p>

Beto	Vinte... vinte e cinco... vinte e seis... vinte e sete... vinte e oito... vinte e nove... trinta.
Professor/Pesquisador	Então, a temperatura final que ele marcou aqui foi de quarenta e oito graus. Beleza? Se vocês quiserem anotar aí... quarenta e oito... Agora eu vou só esfriar isso aqui (fonte de energia) na torneira, pra poder fazer com o óleo. Beleza? E aí a gente vai ver o que acontece.
Professor/Pesquisador	Então, agora, pro óleo eu vou usar outro termômetro. Que tem a mesma escala do anterior, beleza? Aí, Beto, eu vou colocar aqui de novo e quando você quiser, você fala.
Beto	Um... dois... três... e... vai.
Juca	Ó o barulho que tá fazendo... ele tá com... tá com água.
Professor/Pesquisador	Quanto tempo?
Beto	Tá com 16.
Professor/Pesquisador	Quanto?
Beto	Trinta e seis... trinta e sete... trinta e oito... trinta e nove... quarenta.
	(Foi repetido o processo anterior para aferição da temperatura).
Professor/Pesquisador	Aí, aqui ficou quarenta e nove... um pouquinho acima de quarenta e nove. Beleza? Então, dessa aqui... da água, ficou entre quarenta e sete e quarenta e oito, deu quase quarenta e oito. E ali, deu quarenta e nove, quase quarenta e nove, beleza? Então eu tenho uma diferença de temperatura associada a isso aí, tá joia? Então, a que vocês atribuem a diferença de temperatura que a gente vê? Eu cedi praticamente a mesma quantidade de energia pra esse e pra aquele (referindo aos copos que continham água e óleo), beleza? Por que vocês acham que deu essa diferença de temperatura?
Eva	Por causa do calor específico.
Professor/Pesquisador	Por causa do calor específico...
Juca	Se bem que não é muito diferente o calor específico entre eles, né?
Eva	Deu muito pouca diferença (de temperatura).

Juca	Se for considerar que tem a mesma massa.
Professor/Pesquisador	Sim...
Juca	Deu dois graus de diferença.
Professor/Pesquisador	Quase dois graus.
Eva	Nossa, achei que ia dar muito mais.
Professor/Pesquisador	Por causa do calor específico, a diferença, vocês acham?
Aldo	Qual é a escala do termômetro?
Professor/Pesquisador	Não sei... mede até meio grau.
Aldo	A menor divisão da escala é essa?
Professor/Pesquisador	Isso, meio grau.
Aldo	Nossa, então vai dar muito em cima um do outro, né?
Professor/Pesquisador	<p>Sim, dá um erro considerável. Mas considerando só a leitura, dá uma diferença de um, dois graus. Beleza? E aí, a que vocês atribuem essa diferença?</p> <p>(Nesse momento o pesquisador estava interagindo com os estudantes, mas refletindo a respeito do motivo pelo qual a diferença de temperatura dos dois fluidos foi tão próxima após o aquecimento, pois essa experiência já havia sido realizada anteriormente e a diferença de temperatura entre os fluidos foi de aproximadamente 4°C. Mesmo não conhecendo os valores exatos da grandeza calor específico para cada fluido, o pesquisador sabia que a diferença entre os mesmos era bastante grande.</p> <p>A pequena diferença foi atribuída ao fato do alumínio, material dos copos, ser um bom condutor de energia e, principalmente, ao fato de haver na sala um aparelho de ar condicionado ligado, o que possibilitou a existência de muitas trocas de energia entre o metal dos copos e o ar do ambiente.)</p>
Tânia	Se eu for pensar que tem a mesma massa e foi submetido à mesma variação de tempo (referindo-se ao tempo em que cada fluido foi submetido à fonte de energia)...
Aldo	Foi cedida pra ambos a mesma quantidade de energia...
Tânia	A mesma energia...
Aldo	A diferença (de temperatura) deve ser pelo calor específico de cada líquido.
	De cada líquido. Então, vocês conseguem perceber assim?...

Professor/Pesquisador	Antes de eu falar... eu quero que vocês falem mais. Todo mundo chegou num... num consenso que é por causa do calor específico que isso ocorre?
Juca	Sim.
Professor/Pesquisador	Pela diferença de calor específico de um e de outro?
Eva	Porque já que é a mesma massa, mesmo espaço de tempo e energia...
Professor/Pesquisador	Eu deixei a fonte de energia o mesmo tempo nos dois, então eu cedi praticamente a mesma quantidade de energia pros dois e a temperatura variou lá de um e dois graus de um pro outro.
Juca	O mesmo caso do calor específico.
Professor/Pesquisador	<p>Então, é por causa do calor específico. Todo mundo concorda? Todo mundo chegou nessa conclusão? Então, isso são vocês que tão dizendo, não eu. É isso?...</p> <p>Então, vocês conseguem perceber assim que, mesmo cedendo a mesma quantidade de energia, quer dizer, mesmo havendo o mesmo calor nos dois sistemas... calor... sempre falando em calor, eu tô pensando em transferência de energia... Eu cheguei a temperaturas diferentes, eu cheguei a estados de agitação de moléculas diferentes... vocês conseguem perceber assim? Então, o que vocês me dizem? Vocês acham que calor e temperatura são coisas de mesma natureza ou são coisas distintas?</p> <p>Percebam, o calor envolvido em cada um... em cada uma das nossas experiências aqui foi o mesmo, mas as temperaturas finais foram diferentes. Mesmo pouco, mas diferentes. Então vocês acham o quê? Que calor e temperatura são coisas de mesma natureza?</p>
Eva	Não.
Professor/Pesquisador	Parece que...
Tânia	Aparentemente não.
Professor/Pesquisador	Aparentemente não, por quê? Porque se calor e temperatura, né... fossem coisas de mesma natureza, o que vocês acham que teria acontecido?
Juca, Eva, Beto, Toni	Os dois teriam a mesma temperatura.
Professor/Pesquisador	Então, agora eu quero que vocês voltem pra divisão lá... em grupos, igual a gente fez na aula passada... no encontro passado e aí eu vou pegar a folha pra vocês... vocês entrem num consenso do grupo, me digam o que aconteceu aqui (se referindo à realização do experimento)...

Juca	É, vai dar a mesma resposta.
Professor/Pesquisador	<p>Isso, mas aí vocês têm que escrever (buscando a interação entre os membros de cada grupo)...</p> <p>Então, na folha... deixem lá pra mim escrito porque vocês acham que isso ocorre (referindo-se à realização do experimento novamente), tá? E aí a gente faz a mesma coisa que fez na aula passada, cada grupo expõe aquilo que acha que aconteceu, tá joia?...</p>
	(Após isso, o pesquisador ainda intrigado pela pequena diferença de temperatura, realizou novamente o experimento com os estudantes, porém com os fluidos contidos em béqueres e não mais nos copos de alumínio. Com isso, a diferença de temperatura que pôde ser observada foi muito maior, ficando a água a aproximadamente 50°C e o óleo a 61°C. Com isso, seguindo uma sugestão inicial do aluno Aldo, as hipóteses anteriores dos estudantes foram reforçadas).
SEGUNDO MOMENTO (momento 6 da sequência didática)	
Grupo 1 (Tânia, Eva, Toni e Aldo)	Síntese
	<p>Utilizando a mesma massa de dois líquidos diferentes e tendo sido fornecida a mesma quantidade de calor, as variações de temperatura foram diferentes. Então, em princípio as diferentes variações de temperatura devem ser atribuídas às propriedades de cada líquido (calor específico).</p> <p>Através do experimento, também é possível concluir que temperatura e calor são conceitos distintos, já que para o mesmo fornecimento de energia, as temperaturas finais foram diferentes.</p>
Grupo 2 (Pedro, Juca, Júlio, Beto, Oscar)	Nos recipientes (copos de alumínio) foram introduzidos os mesmos valores de massa de óleo e água, com uma determinada fonte de calor (energia), introduzida em ambos os copos em um mesmo intervalo de tempo. Com isso, a água e o óleo atingiram temperaturas diferentes, 47° a 48° e 48° a 49°, respectivamente, tendo como conclusão que essa diferença se dá pela diferença de calor específico de cada substância.

Quadro 5.3: Transcrição do Encontro 2 – Experimento “Quantidade de calor igual, temperatura diferente”.

No segundo encontro, os sujeitos apresentaram um número maior de argumentos. Entendemos que isso se deve tanto à maior familiarização dos estudantes com os instrumentos de constituição de dados, quanto com a forma de execução das atividades.

Houve, na execução dessa atividade, evolução na argumentação dos estudantes em relação ao conceito de calor, na medida em que o mesmo foi, pela primeira vez, expresso como “energia” e compreendido como “quantidade de energia em troca”.

Também nesse encontro ocorreu um fato inesperado. Na realização do experimento com o aparato original, a diferença de temperatura entre os dois fluidos foi muito pequena, mesmo tendo sido fornecida a mesma quantidade de energia aos dois e, devido a isso, houve a proposta do sujeito Aldo de substituir os copos de alumínio da montagem original por béqueres, o que aumentou a diferença de temperatura entre os fluidos.

Porém, ao invés de socializar o aceite da proposta e discuti-la com os demais sujeitos, o professor/pesquisador refletiu individualmente sobre ela e realizou o experimento pela segunda vez sem nenhum debate adicional com os estudantes.

Imbuído da preocupação de pesquisador de se desviar da sequência didática predeterminada, o professor/pesquisador perdeu a oportunidade de realizar uma rica discussão com os sujeitos. Dessa forma, essa preocupação do professor/pesquisador também foi mediadora da interação ocorrida nessa atividade, o que gera um ponto de reflexão para o professor/pesquisador.

Abaixo apresentamos a transcrição das falas expostas na realização do terceiro encontro e discutimos as particularidades da realização dele.

Encontro 3 – Experimento “Hand-bubbler”	
PRIMEIRO MOMENTO (momento 2 da sequência didática)	
Professor/Pesquisador	Pessoal, hoje o experimento é o nosso hand-bubbler, aí. Então eu preciso que todo mundo venha aqui (à frente da sala, como um grupo único), para todo mundo poder ver. Vocês estão vendo...
Eva	Agora estou vendo (antes havia pessoas impedindo-a de ver).
Professor/Pesquisador	... esse bulbo inferior, tão vendo? Onde tem esse líquido verde aí, certo? E o bulbo inferior aqui, tá conectado com o bulbo superior, aqui em cima, por um tubo (referindo aos aspectos geométricos do experimento). Tá vendo? O tubo desce lá dentro do líquido verde, tá vendo? Fica imerso lá no líquido verde e sobe aqui e se conecta aqui (explicando as características do experimento que está sendo utilizado) com o bulbo

	superior, beleza? Então, o que eu quero que vocês expliquem pra mim é... vocês vão ver o que vai acontecer quando eu colocar a mão aqui embaixo, (no bulbo inferior do experimento) e aí eu quero que vocês expliquem este fenômeno. Todo mundo entendeu? (referindo-se ao experimento) Todo mundo entendeu a montagem, como funciona?
Todos	Sim.
Professor/Pesquisador	Sim? Então eu vou colocar a mão aqui (no bulbo inferior).
Eva	Eu tenho um desse.
Todos	(Risos)
Professor/Pesquisador	Vocês tão vendo? O que tá acontecendo? O líquido verde tá subindo ali. (referindo-se à subida do líquido no tubo que liga o bulbo inferior ao superior). Passando pro bulbo superior, né? E aí?
Eva	Eu tenho uma ideia.
Professor/Pesquisador	Já tem uma ideia?
Eva	Já.
Aldo	Vamos ver o que acontece, né? Será que vai transferir tudo?
Eva	O meu totalmente sim, professor. (referindo-se ao aparato similar que detém).
Professor/Pesquisador	Então vai. (falando para a aluna socializar a ideia dela)
Professor/Pesquisador	Vamos esperar... ele transferir tudo (referindo-se à transferência do líquido do bulbo inferior para o superior, como o aluno Aldo havia questionado). Olha, tá acabando o líquido ali (no bulbo inferior), não dá pra vocês verem assim, né? (pois o bulbo estava na mão do pesquisador) Ó, tá vendo? (o pesquisador procura uma forma de os alunos poderem observar as últimas gotas de líquido subindo pelo tubo do experimento). Todo mundo tá vendo que tá terminando o líquido lá embaixo? (referindo-se ao bulbo inferior). Também começa a subir gás porque vai terminar o líquido e começa a entrar alguma coisa, como vocês podem ver pelas bolinhas (sobe também pelo tudo o gás do líquido contido dentro do aparato experimental). Todo mundo tá vendo aqui em cima?
Todos	(Expressam-se positivamente).
Professor/Pesquisador	Então, agora é hora de explicações. Vai lá! (incentivando a aluna Eva a socializar a ideia que teve inicialmente).
Eva	Quando você colocou a mão ali, a sua mão aqueceu o vidro, que consequentemente aqueceu o que tava dentro (referindo ao fluido contido no bulbo inferior do

	experimento), aí ele dilatou o volume dele, sei lá, o volume dele e, consequentemente, ele subiu. Mais ou menos isso.
Júlio	Mas e a hora que ele não tá em contato? (referindo-se à descida do líquido, do bulbo superior para o inferior, após o pesquisador ter retirado a mão deste último)
Eva	Porque ele tá se aquecendo, aí ele vai dilatar, vai aquecer e vai subir. Aí você tira a mão e ele desce, igual tá acontecendo agora...
Juca	Se você por a mão ele vai abaixar mais rápido
Eva	... porque ele vai voltar à temperatura que tava antes.
Aldo	Que líquido é esse?
Professor/Pesquisador	Esse líquido é álcool.
Pedro	Sua temperatura tá mais alta do que a temperatura do corpo (aqui a palavra “corpo” nos remete ao aparato experimental). Então, conforme você relou, sua palma da sua mão esquenta bastante, o álcool vai absorver bastante da sua energia, vai aquecer e aí vai subir, a hora que você tira vai esfriar e vai voltar pra temperatura ambiente.
Professor/Pesquisador	Então, espera aí. Mas como que a minha mão esquenta?
Pedro	Não seria bem que esquenta, transfere uma energia...
Professor/Pesquisador	Da minha mão pro sistema?
Pedro	Isso.
Professor/Pesquisador	Tá, entendi.
Pedro	Pra parte de baixo do vidro (referindo-se ao bulbo inferior do experimento), que transfere pro álcool, porque o vidro é uma película bem pequena...
Professor/Pesquisador	Sim.
Pedro	... então não interfere muito. Seria a mesma coisa que colocar esse vidro numa sauna (referindo-se ao bulbo inferior do experimento), o líquido vai subir a mesma coisa.
Professor/Pesquisador	Correto.
Eva	Tem a ver com a pressão também?
Professor/Pesquisador	Tem a ver, sim.
Eva	Porque quando aqueceu o álcool, o vidro aqueceu o álcool...

Professor/Pesquisador	Sim.
Eva	... aí a pressão dele (álcool) ficou maior e consequentemente ele subiu.
Professor/Pesquisador	Então, pode ter a ver, sim. E aí? Alguém tem mais alguma ideia?
Eva	Bom, eu acho, né?
Professor/Pesquisador	Ideias, gente, ideias. Vamos falar.
Eva	Eu gostei (falando sobre o experimento).
Professor/Pesquisador	Falem aí (gesto de incentivo à argumentação dos alunos).
Júlio	Eu acho que a experiência funcionou porque tinha gás.
Eva	É.
Professor/Pesquisador	(concorda).
Júlio	Se a gente tem um sistema que não tem só álcool e tem gás, a gente tem variância de pressão não só do álcool, mas tem do gás.
Professor/Pesquisador	É.
Júlio	(fica pensando).
Professor/Pesquisador	E aí? Mais alguma coisa?
Júlio	Deve ser por pressão, isso aí.
Professor/Pesquisador	Mais alguma ideia? Fala aí, Pedro! (referindo-se à expressão de Pedro que se preparava para socializar uma ideia).
Pedro	Se o álcool for – isso supondo, porque eu não tenho certeza – se o álcool aquecer mais rápido que o gás, então o gás vai empurrar o álcool e vai forçar o álcool a subir. Então, ele vai forçar e por isso que tem hora que começa a subir as bolhas de gás. Então, ele força o álcool a subir pelo sistema.
Professor/Pesquisador	Então, vamos deixar aqui (referindo-se ao experimento). Vocês tão vendo? Todo mundo tá vendo? Isso aqui é um vidro bem fininho e tem um bulbo superior e um inferior e tem um capilar, que é esse tubo que liga o inferior ao superior, beleza? Então, eu vou fazer mais pra todo mundo ver o que acontece, beleza? Então, olhem.
Eva	É muito rápido (referindo-se ao pouco tempo necessário para que o líquido comece a subir).

Professor/Pesquisador	Vocês nunca tinham visto isso?
Toni	Não... O que o Pedro falou, eu acho que tem a ver, porque a hora que subiu o gás, que subiram as bolhas o álcool para de subir.
Pedro	Se você colocar isso (experimento) no fogo, ele vai forçar tanto que vai quebrar todo o vidro.
Eva	A gente podia fazer isso, que ia ser legal.
Todos	(risos).
Pedro	Porque aí o líquido vai esquentar muito rápido e o gás também vai esquentar, e vai querer os dois subir ao mesmo tempo pro de cima, o que vai explodir o sistema.
Professor/Pesquisador	<p>Então. Agora vamos voltar todo mundo pra divisão em grupos de novo, discutir a explicação.</p> <p>Então, o que vocês têm que explicar pra mim? O que acontece para que o líquido comece a subir? Por que ele sobe? Beleza?</p> <p>Na folha tem que estar descrita a explicação do fenômeno como um todo. A explicação a que vocês chegarem após a discussão em grupo do fenômeno inteiro, beleza? Tá joia? Deu pra entender? O que eu digo de fenômeno inteiro: de quando eu coloquei a mão até o líquido subir lá (ao bulbo superior). Por que quando eu coloquei a mão, o líquido subiu e o que fez ele subir? Tá joia? Vamos lá, senhores. Procurem discutir bastante as ideias, chegaram num consenso e redigirem na folha.</p>
SEGUNDO MOMENTO (momento 6 da sequência didática)	
Grupo 1 (Aldo, Toni e Eva)	<p>Ao segurar o bulbo inferior com uma mão, há transferência de energia da mão para o líquido (já que o recipiente de vidro é muito fino), aumentando sua temperatura (temperatura do líquido). Por ser um líquido volátil, a pressão de vapor no bulbo aumenta, provocando a subida do líquido.</p> <p>Em princípio o líquido continua subindo, até que a pressão da coluna líquida se iguale à pressão de vapor no bulbo.</p>

<p>Grupo 2 (Juca, Oscar, Júlio e Pedro)</p>	<p>A partir do momento em que a mão entra em contato com o sistema “vidro-líquido”, a temperatura da mão transmite energia ao sistema, com isso esquentando o líquido volátil (álcool) dentro do recipiente e o ar.</p> <p>Já que o álcool esquentar mais rápido que o ar, fazendo com que o ar frio desça e o líquido suba (no bulbo de baixo). Ao término do líquido o ar do bulbo de baixo passa a adquirir uma temperatura maior que o ar do bulbo de cima, com isso ele sobe.</p>
--	--

Quadro 5.4: Transcrição do Encontro 3 – Experimento “Hand-bubbler”

No terceiro encontro a atividade de demonstração experimental aberta foi realizada através do experimento “Hand-bubbler”, que já era conhecido pela maioria dos sujeitos. Esse experimento apresentava uma montagem mais sofisticada em relação aos anteriores e os estudantes se motivaram bastante para a discussão sobre ele.

Os argumentos expressos tanto no que tange à temperatura quanto ao calor estão situados, principalmente, nas categorias de pseudoconceitos e conceitos, sendo que alguns argumentos situados na categoria de pseudoconceitos expressam grande proximidade da formulação conceitual. Por exemplo, o aluno Pedro e o Grupo 2 (Juca, Oscar, Júlio e Pedro) expressam, respectivamente, argumentos bastante esclarecedores, nos quais podemos observar o processo de internalização da formulação adequada do conceito de calor: “Não seria bem esquentar, transfere uma energia”; “a temperatura da mão transmite energia ao sistema”.

É possível também analisarmos que alguns sujeitos, apesar de terem se expressado de maneira adequada sobre calor e temperatura anteriormente, reincidem em alguns equívocos conceituais na argumentação sobre o fenômeno físico ocorrente nesse experimento.

Isso é um fator que aponta para a teoria histórico-cultural na medida em que se verifica que a internalização de novos conhecimentos não se dá repentinamente, mas num processo gradual de ajuste dos novos com os antigos saberes.

Os argumentos expostos no próximo encontro (encontro 4) esclarecem bastante essas idas e vindas dos sujeitos nas formulações conceituais de calor e temperatura e nos auxilia na estruturação de mais algumas inferências lógicas.

Encontro 4 – Experimento “Termoscópio de Galileu”	
PRIMEIRO MOMENTO (momento 2 da sequência didática)	
Professor/Pesquisador	Ô, gente, vamos começar, então. Na reunião de hoje, de acordo com o que tá lá na apostilinha de vocês, a gente vai tratar do termoscópio de Galileu. Beleza? Só pra vocês terem uma ideia inicial: por que ele é chamado de termoscópio? Vocês têm alguma ideia?
Juca	Porque a temperatura vai fazer subir o líquido? Alguma coisa assim?
Professor/Pesquisador	Vamos lá, vamos lá, todo mundo lá na frente (como um único grupo para a realização da demonstração experimental). Esse aparato aqui (referindo-se ao termoscópio de Galileu) é chamado de termoscópio porque... como ele é um sistema aberto, a pressão atmosférica interfere na coluna de líquido aqui. Beleza? Então, o tamanho da coluna também é devido à... à diferença de tamanho da coluna também é devido à pressão atmosférica naquele local (local onde for realizado esse experimento) e não só à variação de temperatura.
Juca	Então o líquido você põe o tanto certo, já?
Professor/Pesquisador	Isso, eu regulo o tanto que a coluna sobe, né?
Juca	Pelo líquido.
Professor/Pesquisador	É. Então, não propriamente pela quantidade de líquido, mas pela quantidade de ar que eu tiro do sistema. Beleza? Então, a gente vai analisar esse experimento aqui e eu quero que... eu vou aquecer aqui esse bulbo. Esse bulbo é uma lâmpada (bulbo de lâmpada comum), uma lâmpada incandescente, só que ela não tem o filamento, como vocês estão vendo. Eu vou aquecer a lâmpada (bulbo) e quero que vocês observem o que vai acontecer na coluna de líquido. Beleza? Então, dá pra todo mundo ver o líquido ali (dentro da coluna do experimento) certinho?
Aldo	Deixa eu só falar uma coisa pra você.
Professor/Pesquisador	Vai lá, Aldo.
Aldo	Você tem o que, aqui?(referindo-se a um pouco de líquido da coluna que havia vazado dentro do bulbo contido na montagem, mas que era irrelevante à realização do experimento).
Professor/Pesquisador	Ar. Só ar. Tá? Então, eu vou aquecer. A lâmpada (bulbo) tá com ar dentro... dentro da mangueirinha, aqui da coluna, tem o líquido e aqui é o reservatório (reservatório de líquido na base do termoscópio) que também tem o líquido, tá? Então, eu vou aquecer

	pra vocês verem o que acontece. E, então, dentro da lâmpada tem ar (ênfatizando que havia ar contido no sistema “reservatório, coluna e bulbo”).
	(O pesquisador aquece o bulbo).
Professor/Pesquisador	O que está acontecendo?
Aldo	O líquido tá descendo.
Professor/Pesquisador	Tá descendo?
Aldo	(Confirma que sim). Olha ali (aponta um ponto da coluna).
Professor/Pesquisador	Viram até onde foi ali?
Todos	(Confirmar gestualmente).
Professor/Pesquisador	Vou descer mais então (referindo-se a fazer com que a coluna de líquido se deslocasse mais para motivar os alunos a formularem hipóteses de explicação para o fenômeno).
Professor/Pesquisador	Tá descendo?
Eva	Tá descendo de novo.
Professor/Pesquisador	Agora eu vou parar.
Pedro	Eu me perdi.
Beto	Aqui, ó.
Aldo	Ele tava aqui e agora tá aqui (indicando o deslocamento do líquido dentro da coluna).
Professor/Pesquisador	Vocês conseguiram ver? Você conseguiu, Pedro? Quer que eu aqueça mais um pouco para você poder ver de novo?
Pedro	Não, eu vi ele descendo. Só não vi ele subindo (referindo-se à subida do líquido na coluna após o instante em que encerrou-se o aquecimento do bulbo).
Professor/Pesquisador	Ah tá, você não viu onde ele tava (referindo-se à movimentação do líquido na coluna). Então, viram? Quando eu aqueço o bulbo, a coluna de líquido diminui, certo? O líquido desce dentro da mangueirinha, dentro da coluna. Por que vocês acham que isso acontece?
Beto	O ar expande em cima (referindo ao bulbo).
Juca	O ar expande...

Aldo	O ar. No experimento passado (Hand-bubbler), se você colocasse a mãe no bulbo de cima, ele forçava...
Professor/Pesquisador	Para baixo.
Aldo	... para baixo, deve ser a mesma coisa.
Pedro	Professor, faz um favor. Faz de novo, só que, porém, mais próximo (do bulbo), mais baixo ainda. Você fez mais próximo aqui, faz mais aqui (referindo-se ao local do bulbo que o pesquisador aqueceu e pedindo para mudar o local de aquecimento).
Professor/Pesquisador	Não dá pra mim fazer aqui, porque...
Pedro	Não muito, só um pouquinho mais baixo do que você tava fazendo.
	(Pesquisador realizou o aquecimento do bulbo no local onde Pedro havia indicado).
Pedro	Ele (líquido) desce mais rápido.
Professor/Pesquisador	Então, por quê?... vamos lá, vamos pensar. Por que vocês acham? Podem dizer (incentivando os estudantes a falar, pois nesse encontro eles estavam bastante quietos), coloquem as ideias para fora. Pensem numa explicação, e se vocês tiverem uma explicação montada na cabeça e se quiserem levantar hipóteses, digam. Não precisam não dizer nada, procurem dizer tudo o que vocês estão pensando. Por que vocês acham que a coluna de líquido diminuiu quando eu aqueci aqui o bulbo da lâmpada?
Juca	Porque o ar expandiu...
Eva	E forçou o líquido pra baixo.
Beto	Porque o ar ficou numa temperatura maior, expandiu e forçou o líquido pra baixo.
Professor/Pesquisador	Tá, o ar expandiu?
Beto	Não tem outra saída, né? (referindo-se a alguma possível saída de ar do sistema, que não havia). A única saída é aqui pela mangueira?
Professor/Pesquisador	Vamos pensar desde o início. Quando eu aqueci então, o que aconteceu?
Eva	O ar aqueceu.
Juca	O ar aqueceu e expandiu.
Professor/Pesquisador	Mas o ar expandiu por quê?
Eva	Porque ele aqueceu.

Professor/Pesquisador	Porque ele aqueceu. Beleza? Então, essa é a ideia da Eva. Então a Eva disse que o ar expandiu porque aqueceu, não é?
Eva	(Gesticula concordando).
Professor/Pesquisador	E por que o ar aqueceu?
Eva	Porque você transferiu energia ali, calor pra ele.
Professor/Pesquisador	Isso. Então, vamos partir pro mesmo esquema de novo. Vocês voltam lá pros grupos, colocam a explicação no papel e depois dizem a explicação de vocês, expõe a explicação oralmente e a gente discute no final.
SEGUNDO MOMENTO (momento 6 da sequência didática)	
Grupo 1 (Beto e Aldo)	Ao fornecermos energia, o ar, por ter pequena capacidade térmica, sofre um aumento de temperatura e se expande, provocando a descida do líquido.
Grupo 2 (Juca, Pedro e Eva)	Ao se colocar uma fonte de energia próxima ao bulbo, o ar dentro do mesmo se aquece e, conseqüentemente, se expande, fazendo com que a pressão aumente, com isso o líquido presente na mangueira é forçado a descer.

Quadro 5.5: Transcrição do Encontro 4 – Experimento “Termoscópio de Galileu”

Após o contato dos sujeitos com o Termoscópio de Galileu, é possível notar que houve uma maior internalização da formulação adequada dos conceitos estudados, na medida em que os argumentos expostos no encontro 4 estão situados, em sua maior parte, na categoria de conceitos.

Como exemplo, podemos citar o argumento exposto por Eva e pelo Grupo 1 (Beto e Aldo), respectivamente: “Porque você transferiu energia ali, calor pra ele”; “Ao fornecermos energia, o ar, por ter pequena capacidade térmica, sofre um aumento de temperatura...”.

Foi possível notar, na realização desse encontro, que os estudantes refletiam mais antes de apresentar seus argumentos e que, dessa forma, posicionavam-se mais adequadamente em relação aos conceitos de calor e temperatura.

Assim, na medida em que fomos avançando da realização de cada uma das atividades com os estudantes, foi possível notar modificações na argumentação dos mesmos, que serão mais bem discutidas mais à frente.

Abaixo, apresentamos o quadro de transcrição da última atividade prática realizada, em que foi utilizado o “Motor Stirling”.

Encontro 5 – Experimento “Motor Stirling” (momento 2 da sequência didática)	
PRIMEIRO MOMENTO	
Professor/Pesquisador	<p>Gente, então hoje... Primeiro boa noite, né, pra vocês. Então vamos... vamos, como a gente já tem feito nas outras datas, vamos ir até a frente lá (frente da sala onde o experimento estava montado). Aí, o experimento de hoje é o motor Stirling, né. Então, esse motor é um motor um pouco diferente dos motores convencionais que a gente tá acostumado a ver.</p> <p>Diferente de um motor que a gente vê nos carros, caminhões, avião e tudo mais, este motor é de combustão externa, não interna. Aquele motor (convencionalmente utilizado) é de combustão interna porque a combustão ocorre dentro do cilindro, né? Quer dizer, esse aqui (motor Stirling) é de combustão externa porque a fonte de energia, a fonte de combustão tá aqui fora do corpo do motor, que no caso é a proveta aqui e a seringa e os demais componentes: a mangueira, a rolha que é pra vedação da proveta... beleza? Então, como nos demais dias, eu vou fazer o experimento aqui... colocar o experimento pra funcionar e aí eu quero que vocês exponham as ideias de vocês sobre o funcionamento (do experimento) e depois a gente vai seguindo as demais etapas, beleza?</p> <p>Então, eu vou acender aqui a minha lamparina; e aí, o que eu preciso fazer? Primeiramente, como isso aqui (o motor Stirling) não é um... é um motor desenvolvido à mão, ele tem... ainda né, mesmo eu já tendo trabalhado nele por algum tempo, ele ainda tem algumas deficiências (imperfeições de funcionamento). Então, eu preciso esperar ele aquecer bastante aqui (esperar que o ar no interior do motor atinja uma temperatura que possibilite o funcionamento ininterrupto do motor), pra poder colocar ele em funcionamento, mas vai dar pra vocês verem ele funcionando algumas vezes, sim (às vezes, os ajustes necessários ao funcionamento ininterrupto do motor Stirling levam vários minutos e, por isso, não foi possível regulá-lo de forma a fazê-lo executar vários ciclos, sendo que o número máximo de ciclos descritos pelo motor durante a execução da atividade variou de cinco a seis). Deixa eu só aquecer bem aqui. O funcionamento dele é muito influenciado pela quantidade de ar que tem dentro da proveta, pela quantidade de bolinhas que tem ali (bolinhas de gude que funcionam como deslocadores de ar), pela posição desse eixo (eixo em relação ao qual a proveta do motor se movimenta), pela quantidade de ar que cabe dentro da seringa. Então, ele vai demorar um pouquinho pra funcionar. (...)</p>

	<p>Tá vendo? Mais um pouquinho ele começa a funcionar.</p> <p>(O motor começa a descrever alguns ciclos)</p> <p>Tá todo mundo conseguindo ver ele funcionando? Isso também é muito... o movimento também é muito influenciado pelo atrito que tem ali na seringa, por isso que tem uma seringa de vidro ali (no corpo do motor), mas mesmo assim ela tem um atrito considerável (que influencia no funcionamento do motor). Um jeito de fazer ter menos atrito na seringa é passar sabão na seringa, né. No embolo lá de vidro da seringa, o problema é que se sobrar um pouco de resíduo depois, de sabão, a seringa gruda e você não desgruda mais ela (o êmbolo fica emperrado dentro da seringa).</p>
Juca	Podia ser vaselina, né?
Professor/Pesquisador	É, podia ser. Mas também não pode esquecer de secar (após o término da realização do experimento).
Pedro	Por quê?
Juca	Por causa do vidro.
Professor/Pesquisador	<p>(O motor começa a descrever alguns ciclos) Percebem que ele funciona? Então, tem que ir regulando a quantidade de ar aqui que ele tem, para que ele possa funcionar melhor, funcionar mais vezes (descrever uma maior quantidade de ciclos). Eu quero que ele funcione pelo menos umas duas ou três vezes sem parar para vocês poderem ver. Tá vendo? Tá dando pra vocês verem que ele funciona?</p>
Juca e Pedro	Uhum.
Professor/Pesquisador	<p>Né? Então, agora eu quero que vocês elenquem hipóteses pro funcionamento. Como será que ele (motor Stirling) funciona? Isso pensando em termos lá dos conceitos de calor e temperatura que a gente vem discutindo já há algum tempo. (Enquanto isso o professor/pesquisador vai fazendo com que o motor funcione).</p> <p>E aí? O que vocês me dizem?</p>
	(Todos os estudantes ficam em silêncio olhando fixamente para o motor).
Professor/Pesquisador	E aí? Nada?
	(Todos continuam em silêncio olhando para o motor por mais alguns instantes).
Juca	As bolinhas de gude são como se fosse um peso pra ela?
Beto	Como se fosse um peso na hora de...

Juca	Eu acho que é só um peso, porque elas colaboram com a pressão que o ar forma aí dentro... a expansão dele. Eu acho que elas são só um contrapeso.
Pedro	Parece que elas funcionam como se fosse um pistão.
Pedro, Juca e Beto	(Falam ao mesmo tempo buscando compreender qual o papel das bolinhas de gude no funcionamento do motor, até que Pedro formula uma ideia e começa a socializá-la com os colegas)
Professor/Pesquisador	Então vai lá Pedro, explica essa ideia melhor.
Pedro	Imagina as burquinhas (bolinhas de gude) sendo dois ferros cilíndricos funcionando como pistão, um se choca contra o outro, a hora que eles se separam, eles juntam uma quantidade de ar... a hora que eles se cruzam, eles liberam o ar. Nesse sistema, a hora que eles liberam o ar, faz o ar ir pra seringa, o que flexiona ela pra cima e pra baixo. Conforme for, as burquinhas (bolinhas de gude) se abrem, a seringa desce, elas se fecham, a seringa sobe.
Professor/Pesquisador	Como assim “elas se abrem”?
Juca	Quanto mais compactas elas estão, menos ar elas têm.
Pedro e Juca	Quanto mais elas tão longe um do outro, mais ar tem, quanto mais perto, menos ar.
	(Silêncio)
Oscar	Tipo, as bolinhas quando elas vão pra lá (pro fundo da proveta), elas empurram o ar pra seringa
Juca	Então, e aí a pressão...
Oscar	Então, mas não é a separação das bolinhas, e sim a quantidade com que elas vão (em direção à abertura e ao fundo da proveta), e não a separação entre elas.
Beto	Mas se quando as burquinhas (bolinhas de gude) viessem pra cá (fundo da proveta), elas empurrassem o ar pra lá (em direção à abertura da proveta), a hora que viesse pra cá a seringa ia subir, mas só que ela desce, olha.
Juca	Mas, por que esgota (fica sem ar) a seringa aqui então?
Professor/Pesquisador	Como assim?
Todos	(Todos falam juntos tentando encontrar uma resposta para a questão de Juca).
Aldo	Quando você... você tá fornecendo energia pra parede da proveta. Essa energia vai ser transferida pro ar dentro da proveta, o ar expande, aumenta a pressão e empurra o

	embolo da seringa pra baixo, como o embolo tá preso é a seringa...
Beto	É a seringa que sobe.
Aldo	Então, isso explica por que a seringa sobe.
Pedro	Sim.
Aldo	Agora, uma vez que ela (a seringa) subiu, ela desce, mas por que ela desce?
Pedro	O ar que sai de dentro é quente?
Professor/Pesquisador	Como assim, o ar que sai de dentro?
Pedro	Da proveta; é quente a hora que você abre ali? (referindo-se aos momentos em que o pesquisador abriu o sistema para regular a quantidade de ar dentro do corpo do motor).
Professor/Pesquisador	Então, eu só tava fazendo aquela... abrindo aquele ar pra regular a quantidade de ar que tem aí dentro (no corpo do motor), porque o funcionamento dele como eu falei pra vocês no início, depende dessas coisas. Depende da quantidade de ar que tem dentro (do motor), da quantidade de bolinhas que tem na proveta.
Todos	(Questionam o professor/pesquisador em relação a possíveis vazamentos de ar no motor, mas o professor/pesquisador assume que não há tal vazamento).
Pedro	... quando as burquinhas (bolinhas de gude) vêm para esquerda (para o fundo da proveta), no nosso sentido, o pistão (seringa) enche, vamos supor que a seringa enche, quando elas vão pra direita, ela (seringa) diminui...
Juca	Mas só diminui porque o peso delas...
Pedro	... só que quando elas (bolinhas de gude) estão separadas, elas também puxam o ar de dentro da seringa e quando elas tão separadas, elas diminuem o ar. E, quando elas se juntam só num canto, elas puxam. Entendeu?
	(Silêncio de todos os estudantes).
Aldo	Eu acho que a gente tem que lembrar de uma coisa: quando você aquece o ar e ele expande e empurra o êmbolo, você causa um aumento do volume do ar aqui dentro (dentro do corpo do motor). Quando o ar se expande, ele se expande todo e acho que tem a ver com isso.
Professor/Pesquisador	Isso. Então, agora vocês voltem lá pros grupos... era isso que eu queria... que vocês expusessem ideias. Então agora que vocês já têm essas ideias iniciais, vocês voltam lá pros grupos, debatam essas ideias, coloquem as ideias lá na folha para depois a gente

	<p>expor as ideias e analisá-las.</p> <p>(Os estudantes voltam para a divisão em grupos).</p>
SEGUNDO MOMENTO (momento 6 da sequência didática)	
Grupo 1 (Aldo, Júlio e Beto)	<p>Então, a ideia aqui é que você tem uma fonte de energia, que fornece energia às paredes da proveta (utilizada na montagem do motor Stirling) que, por sua vez, você tem uma transferência pro ar no interior da proveta e o ar se aquece. Como o êmbolo da seringa (utilizada na montagem do motor Stirling) é móvel e a gente então pode considerar a expansão do gás à pressão constante (como é feito no ciclo Stirling), então como o êmbolo da seringa não pode descer, então o corpo da seringa que sobe e empurra a boca da proveta pra cima. Agora, o aquecimento está acontecendo daquele lado (fundo da proveta), então o ar desse lado resfria (próximo à abertura da proveta) e como a pressão é constante, o volume diminui e acontece o movimento contrário. Então é um ciclo de expansão e compressão do ar que provoca o movimento.</p>
Grupo 2 (Pedro, Juca e Oscar)	<p>Ao se colocar uma fonte de calor em contato com a proveta, o ar dentro da mesma se expande, fazendo com que gere uma pressão. Com isso fazendo um ciclo que quando as burcas se direcionam para a esquerda, significa que a pressão no êmbolo da seringa tende a aumentar, e quando as burcas tendem à direita, a pressão que estava dentro da seringa vai para a esquerda, fazendo com que a seringa fique sem ar, fazendo um processo repetitivo.</p> <p>Quando o ar chega em sua temperatura crítica, ele chega à capacidade máxima da proveta (entrando todo o sistema em equilíbrio).</p>

Quadro 5.6: Transcrição do Encontro 5 – Experimento “Motor Stirling”

Os argumentos formulados no encontro 5 mantiveram o mesmo padrão dos do encontro 4, ou seja, foram expostos após vários momentos de reflexão dos sujeitos.

Porém, nesse encontro foi exposta, em comparação com as atividades anteriores, uma quantidade reduzida de argumentos e foi possível perceber que isso não se deveu apenas à maior reflexão dos sujeitos antes da exposição de cada ideia, mas também devido à complexidade da montagem experimental.

Como o motor Stirling não era conhecido por nenhum dos sujeitos participantes da atividade, eles se interessaram mais pelas características estruturais e de funcionamento interno do motor do que pelo funcionamento geral, sobre o qual o professor/pesquisador

situaria as discussões para que fossem apresentados os argumentos que tratassem das formulações de calor e temperatura.

No entanto, mesmo com essas dificuldades na mediação semiótica e na definição de situação, foram apresentados alguns argumentos sobre calor e temperatura em que puderam ser identificadas unidades de significado.

Como no encontro 4, a maioria dos argumentos se situou na categoria dos conceitos, mas os estudantes ainda se expressaram através de pseudoconceitos, o que reforça a premissa teórica histórico-cultural de que indivíduos diferentes levam tempos diferentes para interiorizar os mesmos conhecimentos.

Mais à frente, na categorização dos dados, todas as discussões realizadas nesse subcapítulo serão especificadas e aprofundadas para que possamos responder ao problema de pesquisa.

No subcapítulo seqüente, categorizaremos as falas de cada sujeito e analisaremos se houve modificação das mesmas no decorrer da execução das atividades.

5.3 Categorização: expondo os resultados

Aqui, alocamos os dados nas categorias apresentadas anteriormente para que se torne possível a análise dos argumentos de cada sujeito de pesquisa. A partir dessa categorização, realizamos as devidas interpretações e as inferências lógicas, de acordo com os referenciais teóricos que nos permitem responder ao problema de pesquisa.

Analisamos separadamente os argumentos de cada sujeito e de cada grupo, de forma a estruturar da maneira mais clara possível a argumentação no decorrer da realização de cada atividade. Sendo assim, separamos as unidades de significado dos argumentos de cada discente em quadros como o exemplificado abaixo, destacando-as em negrito. As unidades de significado são as passagens de argumentação de cada sujeito ou grupo em que estão expressas, direta ou indiretamente, as formulações conceituais que eles detêm a respeito dos conceitos de calor e temperatura.

Portanto, nos quadros são apresentadas as unidades de significado da seguinte maneira: se o indivíduo X (ou Grupo X) expôs argumentos que apresentam unidades de

significado nos encontros 1, 3 e 5; nos encontros 1 e 3 esses argumentos são englobados na categoria dos complexos e no encontro 5 na categoria dos pseudoconceitos e conceitos, o quadro fica estruturado da maneira como está abaixo.

Estudante X (Grupo X)			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 1	Complexos	Argumentos em que se encontram unidades de significado.	Relação entre o argumento e a categoria de análise.
Encontro 3	Complexos	Argumentos em que se encontram unidades de significado.	Relação entre o argumento e a categoria de análise.
Encontro 5	Pseudoconceitos	Argumentos em que se encontram unidades de significado.	Relação entre o argumento e a categoria de análise.
	Conceitos	Argumentos em que se encontram unidades de significado.	Relação entre o argumento e a categoria de análise.

Quadro 5.7: Modelo explicativo para a categorização dos dados

Feito isso, partimos para a categorização das falas dos sujeitos de pesquisa que começará pelo estudante Aldo devido ao papel fundamental de “parceiro mais capaz” desempenhado por ele.

Abaixo de cada quadro há o metatexto relativo à análise da modificação da argumentação de cada um dos indivíduos e grupos.

Dessa forma, expomos abaixo a categorização dos argumentos:

Aldo			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 1	Conceitos	Temperatura.	Relaciona “temperatura” com um estado de agitação de moléculas.

Encontro 2	Conceitos	Foi fornecida pra ambos a mesma quantidade de energia... A diferença (de temperatura) deve ser pelo calor específico de cada líquido.	Expressa o conceito de calor como “energia em transferência”.
Encontro 5	Conceitos	... você tá fornecendo energia pra parede da proveta.	Expressa o conceito de calor como “energia em transferência”.
	Pseudoconceitos	... quando você aquece o ar ele expande e empurra o êmbolo.	Expressa a ideia de transferência de algo que gera aquecimento, mas não define esse “algo”.

Quadro 5.8: Categorização dos argumentos do sujeito Aldo

O sujeito Aldo teve papel fundamental na execução de todas as atividades realizadas no decorrer da pesquisa. Como já dito anteriormente, este sujeito foi eleito por seus pares como “parceiro mais capaz” no decorrer de todos os encontros.

Os argumentos expressos por Aldo, como apresentado no quadro 5.8, sempre estão situados na categoria de conceitos, a não ser por um argumento no encontro 5, em que ele expressa a ideia de aumento de temperatura através do termo “aquece”, fazendo com que seu argumento seja classificado na categoria de pseudoconceitos.

Esse indivíduo se expressou através de conceitos desde o encontro 1 e, através da interação, atuou de forma a modificar os argumentos de seus pares na direção das definições adequadas de calor e temperatura. Em outras palavras, Aldo já havia atingido o estágio de conceitos, relativamente a calor e temperatura, antes da realização das atividades propostas por nós.

No entanto, mesmo Aldo, ao argumentar sobre temperatura através de uma formulação pseudoconceitual, aponta para o processo de internalização das formulações adequadas dos conceitos na medida em que não se expressa apenas conceitualmente.

Dito isso, passamos ao quadro 5.9, referente à categorização dos argumentos do sujeito Juca.

Juca			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 2	Pseudoconceitos	O óleo vai demorar mais pra esquentar . Tem que deixar ele (fonte de energia) esquentar primeiro, né? Porque depois no outro ele (fonte de energia) vai estar quente , já. (relaciona novamente a sensação térmica de quente com um valor de temperatura elevado).	Relaciona temperatura com a sensação térmica de “quente”, mas se aproxima da ideia de transferência.
	Conceitos	Deu dois graus de diferença.	Relaciona o conceito de temperatura com um número indicativo de uma propriedade.
	Conceitos	Os dois têm a mesma temperatura .	Relaciona o conceito de temperatura a um estado do sistema termodinâmico.
Encontro 4	Pseudoconceitos	Por que a temperatura vai fazer subir o líquido?	Relaciona o conceito de temperatura com algo que exerce uma ação física sobre o líquido, mas se aproxima da ideia de que devido à elevação da temperatura a força exercida sobre o líquido pelo gás será maior.

Quadro 5.9: Categorização dos argumentos do sujeito Juca

Juca apresentou argumentos contendo unidades de significado nos encontros 2 e 4. Seus argumentos permeiam tanto a categoria de pseudoconceitos quanto a de conceitos. No entanto, ele não apresentou nenhum argumento individual sobre o conceito de calor.

No encontro 2, os argumentos expressos por Juca são classificados nas categorias de pseudoconceitos, pois ele expressa a ideia de acréscimo de temperatura através dos termos “esquentar” e “quente”, e de conceitos, porque ele expõe o raciocínio de que temperatura é um número que expressa uma condição energética, ou seja, um estado termodinâmico.

Porém, no encontro 4, Juca reincide na argumentação pseudoconceitual sobre temperatura ao relacionar uma ação física concreta ao conceito. Sobre essa reincidência, é

possível inferirmos o processo de evolução conceitual do estudante, de maneira que a modificação na argumentação ocorre gradualmente e o sujeito não se desvincula de seus conhecimentos anteriores após a internalização dos novos.

Ainda sobre Juca, é possível dizer que ele mantinha grande proximidade com Pedro na realização dos encontros e essa proximidade será melhor discutida e analisada a partir do quadro 5.10, logo abaixo.

Pedro			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 1	Conceitos	A temperatura da água é muito inferior à do fogo...	Relaciona temperatura com o estado de agitação de um sistema termodinâmico.
Encontro 3	Pseudoconceitos	Sua temperatura tá mais alta do que a temperatura do corpo . Então, conforme você relou, sua palma da sua mão esquenta bastante , o álcool vai absorver bastante da sua energia, vai aquecer e aí vai subir, a hora que você tira vai esfriar e vai voltar pra temperatura ambiente .	Aqui a palavra “corpo” nos remete ao aparato experimental. Mescla o entendimento de temperatura como um estado termodinâmico com a ideia de quente e frio e relaciona a energia em transferência (calor) com as sensações térmicas.
	Pseudoconceitos	Não seria bem esquentar, transfere uma energia.	Aproxima-se das definições de calor e temperatura.
	Pseudoconceitos	Porque aí o líquido vai esquentar muito rápido e o gás também vai esquentar...	Relaciona temperatura com a sensação térmica de “quente”, mas se aproxima da ideia de transferência.
Encontro 5	Pseudoconceitos	O ar que sai de dentro é quente?	Relaciona temperatura com a sensação térmica de “quente”, mas se aproxima da ideia de transferência.

Quadro 5.10: Categorização dos argumentos do sujeito Pedro

O sujeito Pedro apresentou argumentos contendo unidades de significado nos encontros 1, 2 e 5 e manteve uma intersubjetividade intensa com o sujeito Juca no decorrer dos encontros.

A proximidade entre Pedro e Juca foi relevante na argumentação desses sujeitos sobre os conceitos estudados. Os argumentos de Pedro sobre temperatura recaíram, assim como os de Juca, na categoria de pseudoconceitos após terem sido classificados como conceitos anteriormente.

A interação desses dois sujeitos foi um importante fator na modificação da argumentação dos mesmos, pois os argumentos expressos pelos dois se complementavam e seguiam as mesmas linhas de raciocínio.

No entanto, Pedro, ao contrário de Juca, não argumentou somente sobre temperatura, mas também sobre calor. Ele se aproximou bastante da formulação adequada do conceito de calor ao relacioná-lo com a ideia de absorção de energia e foi mais além ao correlacionar transferência de energia a elevação da temperatura, como fez no encontro 3.

Isso nos indica que, apesar de os dois sujeitos serem próximos e discutirem muitos pontos de dissonância cognitiva, um sujeito conseguiu argumentar, em determinado tempo, em um nível conceitual que o outro não conseguiu, pois os dois indivíduos são essencialmente diferentes e interiorizaram de maneiras distintas os conhecimentos trabalhados nas atividades, o que verifica as premissas teóricas histórico-culturais.

Beto			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 2	Pseudoconceitos	Ele vai esfriar , né, filho?	Relaciona a temperatura da fonte de energia com a sensação térmica de frio, mas se aproxima da ideia de transferência de energia.
	Conceitos	Os dois teriam a mesma temperatura .	Relaciona temperatura com um estado termodinâmico.
Encontro 4	Conceitos	Porque o ar ficou numa temperatura maior, expandiu e forçou o líquido pra baixo.	Relaciona temperatura com um estado termodinâmico.

Quadro 5.11: Categorização dos argumentos do sujeito Beto

Já o sujeito Beto expressou argumentos contendo unidades de significado nos encontros 2 e 4, e também argumentou apenas sobre o conceito de temperatura.

É notável a modificação na argumentação de Beto na direção da definição adequada de temperatura, na medida em que ele apresenta uma formulação pseudoconceitual e uma conceitual no encontro 2 e uma conceitual no encontro 4.

Ao usar o termo “esfriar”, no encontro 2, Beto aproxima-se da ideia de transferência de energia, pois para esfriar (diminuir de temperatura) tem que haver transferência. Em seus outros dois argumentos, ele já apresenta uma formulação adequada de temperatura, pois expressa o conceito como a verificação macroscópica de um estado termodinâmico.

Assim, é possível dizer, a partir do quadro 5.11, que as atividades foram geradoras de modificação na argumentação desse sujeito, pois seus argumentos se estruturaram de forma a aproximar-se da definição adequada de temperatura.

Júlio			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 1	Conceitos	O grau de agitação das moléculas.	Relaciona o conceito de temperatura a um estado termodinâmico.
	Pseudoconceitos	Acho que no caso a água demora mais pra entrar em grau de agitação , porque ela ebule a 100 °C, então no caso você precisa de uma... precisaria de uma temperatura maior pra ter uma relação dentro da bexiga.	Ao tentar expressar a ideia de tempo de aquecimento, o sujeito confunde-se com o conceito de temperatura e se confunde no uso das palavras para defini-lo.
Encontro 3	Complexos	Mas e a hora que ele não tá em contato ?	Júlio expressa a ideia de que para haver transferência de energia em um sistema termodinâmico tem que haver contato físico.

Quadro 5.12: Categorização dos argumentos do sujeito Júlio

Júlio é um sujeito bastante interessante para a análise da abordagem de ensino desenvolvida, pois expressou argumentos conceituais e pseudoconceituais sobre temperatura no encontro 1 e um argumento que se situa na categoria dos complexos no encontro 3.

Primeiramente ele argumentou sobre temperatura como um indicador do “grau de agitação das moléculas”, o que está de acordo com a definição conceitual adequada. Porém, pouco depois, ele expôs um argumento pseudoconceitual em que define o termo “grau de agitação” como um estado específico dos gases dentro do balão.

Isso aponta para o fato de que, ao expor tais argumentos, Júlio ainda não detinha uma formulação conceitual adequada de temperatura e estava, através das discussões, reformulando esse conceito em seu intelecto na medida em que falava a respeito do mesmo.

Por fim, no encontro 3, ao tratar do conceito de calor, Júlio expõe um argumento que relaciona a transferência de energia (calor) ao contato físico entre os corpos, o que revela um pensamento pautado em complexos e nos permite inferir que a modificação argumentativa em relação a cada um dos conceitos apresenta dificuldades distintas a cada sujeito, de forma que alguns argumentaram somente sobre o conceito de temperatura, pois pareciam não estar seguros o suficiente para se expressar sobre calor.

Abaixo partimos para o quadro 5.13, relativo aos argumentos do sujeito Oscar, dando continuidade à análise.

Oscar			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 2	Pseudoconceitos	O óleo esquenta mais rápido.	Relaciona o conceito de temperatura com a sensação térmica de quente.

Quadro 5.13: Categorização dos argumentos do sujeito Oscar

Oscar apresentou, na realização dos encontros em que participou, somente um argumento contendo unidades de significado. Este argumento, como exposto no quadro 5.13, situa-se na categoria de pseudoconceitos e trata do conceito de temperatura.

Este sujeito foi um grande exemplo, durante a realização da pesquisa, que a complexidade da realidade não permite que o todo das ações de cada atividade didática fosse previsto pelos pontos da sequência didática que criamos.

Apesar de todos os esforços realizados pelo professor/pesquisador na efetivação da mediação semiótica e da intersubjetividade na busca pelas definições de situação, esse sujeito teve uma participação muito pequena nas atividades.

Foi extremamente árduo conseguir a participação ativa de Oscar e, devido a isso, a interação dele com seus pares foi muito pequena e foi ainda menor com o professor/pesquisador, o que se deu, principalmente, pela dificuldade em estabelecer a intersubjetividade. Oscar se mostrou sempre muito tímido e distante dos colegas, o que comprometeu a argumentação dele sobre os conceitos estudados.

Logo abaixo, no quadro 5.14, expomos os argumentos do sujeito Eva e a análise dos mesmos.

Eva			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 2	Pseudoconceitos	Eu acho que o óleo esquenta mais rápido.	Relaciona o conceito de temperatura com a sensação térmica de quente, mas se aproxima da ideia de transferência.
	Pseudoconceitos	Porque já que é a mesma massa, mesmo espaço de tempo e energia ...	Argumenta sobre o processo de transferência de energia (calor) no experimento, mas ainda não o define.
	Conceitos	Os dois teriam a mesma temperatura .	Relaciona temperatura com um estado termodinâmico.
Encontro 3	Pseudoconceitos	Quando você colocou a mão ali, a sua mão aqueceu o vidro, que consequentemente aqueceu o que tava dentro... Porque ele tá se aquecendo , aí ele vai dilatar, vai aquecer e vai subir.	Aproxima-se da ideia de transferência de energia.
	Pseudoconceitos	Porque quando aqueceu o álcool, o	Aproxima-se da ideia de

		vidro aqueceu o álcool...	transferência de energia.
Encontro 4	Pseudoconceitos	O ar aqueceu .	Aproxima-se da ideia de transferência de energia.
	Conceitos	Porque você transferiu energia ali, calor pra ele.	Relaciona “calor” com transferência de energia.

Quadro 5.14: Categorização dos argumentos do sujeito Eva

De forma totalmente oposta ao sujeito Oscar, Eva se mostrou bastante ativa em todos os encontros de que participou e apresentou vários argumentos contendo unidades de significado que nos permitem analisar a modificação em sua argumentação.

No encontro 2, Eva apresentou um argumento pseudoconceitual sobre temperatura ao relacioná-lo com a sensação térmica de quente, mas em um argumento posterior o reapresentou como a expressão macroscópica de um “estado termodinâmico”. Nesse encontro ela também expôs um argumento pseudoconceitual sobre calor.

Na sequência, nos encontros 3 e 4, Eva retomou suas formulações pseudoconceituais ao relacionar o acréscimo na temperatura do líquido presente no “hand-bubbler” com a ideia de aquecimento, que remete novamente às sensações térmicas, o que evidencia sua dinâmica cognitiva no que tange à modificação na compreensão de temperatura.

Já em relação ao calor, no encontro 4, Eva argumenta conceitualmente (apontando modificação em sua argumentação), definindo calor como energia em transferência: “Porque você **transferiu energia** ali, **calor** pra ele”.

Mais uma vez, podemos afirmar, a partir do quadro 5.14, que cada um dos sujeitos reagiu de maneira distinta à realização dos encontros e de cada uma das cinco demonstrações experimentais, de forma que a argumentação de uns se modificou mais do que a de outros devido às características individuais (VIGOTSKI, op. cit.).

Nos quadros 5.15 e 5.16, logo abaixo, estão categorizados os argumentos expostos pelos sujeitos Toni e Tânia que, assim como Oscar, apresentaram somente um argumento contendo unidades de significado na realização de todos os encontros. Devido a isso, o metatexto relativo a estes dois quadros é situado após o quadro 5.16.

Toni			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 2	Conceitos	Os dois teriam a mesma temperatura .	Relaciona temperatura com um estado termodinâmico.

Quadro 5.15: Categorização dos argumentos do sujeito Toni

Tânia			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 2	Conceitos	Se eu for pensar que tem a mesma massa e foi submetido à mesma variação de tempo (referindo-se ao tempo em que cada fluido foi submetido à fonte de energia)... A mesma energia ...	Refere-se ao conceito de calor como “energia”.

Quadro 5.16: Categorização dos argumentos do sujeito Tânia

Assim como Oscar, os sujeitos Toni e Tânia também mantiveram uma relação distante com os colegas e eram bastante tímidos.

É provável que esses três indivíduos, Oscar, Toni e Tânia, não tenham se sentido à vontade para interagir conosco e nem com seus colegas, de modo que eles quase não expuseram argumentos individuais.

Inferimos que um fator determinante dessa insegurança em expor argumentos pode advir da presença, em todos os encontros, dos instrumentos de constituição de dados: tablet e filmadora. Mas a interferência de outros fatores também deve ser levada em consideração, como a divisão dos sujeitos em grupos (com que eles não estavam habituados), o nível de abertura das demonstrações experimentais e a possibilidade de discutir sobre os conceitos (que eles não tinham tido até então), as relações de amizade entre os estudantes, etc.

Dito isso, podemos passar à análise dos quadros relativos aos argumentos expressos pelos grupos. Abaixo estão os quadros 5.17 e 5.18, que apresentam a categorização dos argumentos apresentados pelos grupos. Os metatextos referentes a cada quadro estão situados logo após cada um deles.

Grupo 1			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 1 (Aldo, Toni e Tânia)	Pseudoconceitos	Ao fornecer calor ao sistema água e bexiga, grande parte do calor é absorvido pela água...	Expressa a ideia equivocada de transferência de calor.
	Conceitos	... impedindo um aumento acentuado de temperatura do material.	Expressa temperatura como um estado termodinâmico.
Encontro 2 (Tânia, Eva, Toni e Aldo)	Pseudoconceitos	Utilizando a mesma massa de dois líquidos diferentes e tendo sido fornecida a mesma quantidade de calor ...	Expressa “calor” como uma propriedade de um corpo.
	Conceitos	... as variações de temperatura foram diferentes.	Relaciona temperatura com um estado termodinâmico.
	Conceitos	Através do experimento, também é possível concluir que temperatura e calor são conceitos distintos, já que para o mesmo fornecimento de energia , as temperaturas finais foram diferentes.	Expressa o conceito de calor como “energia” e temperatura como estado termodinâmico.
Encontro 3 (Aldo Toni e Eva)	Conceitos	Ao segurar o bulbo inferior com uma mão, há transferência de energia da mão para o líquido (já que o recipiente de vidro é muito fino), aumentando sua temperatura (temperatura do líquido).	Expressa o conceito de calor como “energia” e temperatura como estado termodinâmico.
Encontro 4 (Beto e Aldo)	Conceitos	Ao fornecermos energia , o ar, por ter pequena capacidade térmica, sofre um aumento de temperatura ...	Expressa calor como “energia” e temperatura como um estado termodinâmico.
Encontro 5 (Aldo, Júlio e Beto)	Conceitos	Então, a ideia aqui é que você tem uma fonte de energia que fornece energia às paredes da proveta (utilizada na montagem do motor Stirling) que, por sua vez, você tem uma transferência pro ar no interior da proveta e o ar se aquece.	Expressa o conceito de calor como “energia”.

Quadro 5.17: Categorização dos argumentos do Grupo 1

Em grupo, os sujeitos expressaram seus argumentos de forma mais sofisticada do que individualmente, o que levou à identificação de unidades de significado em todos os argumentos expressos pelos grupos.

O Grupo 1 argumentou conceitualmente sobre temperatura em todos os encontros, ou seja, os componentes expressaram este conceito sempre segundo a definição adequada, relacionando-o com a ideia de “estado termodinâmico”.

Ainda tratando dessa argumentação estritamente conceitual do grupo 1 sobre temperatura, é notável o quanto os argumentos expressos por este grupo não se situam em nenhum momento na categoria de pseudoconceitos, apesar de alguns de seus membros como Beto, Eva, Júlio e Aldo apresentarem, pelo menos uma vez, argumentos pseudoconceituais sobre esse conceito.

Deste ponto inferimos que em grupo, os sujeitos foram capazes de argumentar conceitualmente, mesmo quando ainda não eram capazes individualmente. Os argumentos expressos pelos grupos foram orientados pelo “parceiro mais capaz” (que nesse caso era Aldo) e a influência desse discente na argumentação ficou clara na medida em que, mesmo após terem apresentado em grupo argumentos conceituais sobre temperatura, ao argumentarem individualmente sobre o mesmo conceito em encontros posteriores, os sujeitos retornaram aos pseudoconceitos.

Isso nos permite afirmar que a abordagem de ensino desenvolvida é geradora de modificação na argumentação dos estudantes na direção das definições adequadas de calor e temperatura, porém essa modificação se dá dentro de alguns limites individuais (que serão discutidos mais à frente) e é influenciada pela atuação do “parceiro mais capaz”, à medida que a produção de argumentos dos discentes em grupo enalteceu as opiniões de tal sujeito.

Agora, tratando do conceito de calor, o quadro 5.17 permite observar bastante claramente a modificação argumentativa do Grupo 1. Nos encontros 1 e 2, por exemplo, os componentes do Grupo 1 apresentaram argumentos pseudoconceituais a respeito de calor, ao utilizarem termos como “fornecer calor” e “quantidade de calor”, que expõem as formulações inadequadas dos sujeitos quanto ao conceito, apesar da proximidade com a definição adequada.

Já nos encontros 3, 4 e 5, os sujeitos se posicionaram sempre conceitualmente sobre calor, argumentando abstratamente sobre o conceito, utilizando termos como

“transferência de energia”, “fornecermos energia” e “fonte de energia”, e expressando raciocínios de que devido à “transferência de energia” ocorre o “aumento da temperatura”.

A modificação da argumentação do Grupo 1 fica clara na análise dos argumentos dos sujeitos e na alocação dos argumentos nas categorias estabelecidas. Agora, partimos para a análise dos argumentos expressos pelo Grupo 2, categorizadas no quadro 5.18.

Grupo 2			
Encontro	Categoria	Unidades de significado	Interpretação
Encontro 1 (Pedro, Juca e Júlio)	Conceitos	Estourou pelo motivo do aumento do grau de agitação das moléculas de oxigênio .	Relaciona temperatura com um estado termodinâmico.
	Complexos	O material da bexiga, por ser fino, ao contato com o calor , o mesmo deforma...	Expressa a necessidade de contato entre o material da bexiga e a chama para o rompimento da primeira. Também expressa a ideia equivocada de transferência de calor.
	Complexos	A bexiga estourou porque a chama levou ...	Expressa a ideia de que a “chama” levou à transferência de energia e ao consecutivo rompimento da parede da bexiga.
	Conceitos	... levou a um aumento da agitação das moléculas de oxigênio dentro do recipiente.	Expressa temperatura como um estado de agitação molecular.
Encontro 2 (Pedro, Juca, Júlio, Beto e Oscar)	Pseudoconceitos	Nos recipientes (copos de alumínio) foram introduzidos os mesmos valores de massa de óleo e água, com uma determinada fonte de calor (energia) ...	Começa a relacionar o conceito de calor com “energia”.
	Conceitos	Com isso, a água e o óleo atingiram temperaturas diferentes ...	Expressa temperatura como um estado termodinâmico.
Encontro 3 (Juca, Oscar, Júlio e Pedro)	Pseudoconceitos	a temperatura da mão transmite energia ao sistema ...	Começa a expressar a ideia de que, devido à diferença de temperaturas, ocorre uma transferência de energia.
	Pseudoconceitos	Já que o álcool esquenta mais rápido que o ar, fazendo com que o ar frio	Relaciona o conceito de temperatura com sensações

		desça...	térmicas.
	Conceitos	... passa a adquirir uma temperatura maior ...	Expressa temperatura como um estado termodinâmico.
Encontro 4 (Juca, Pedro e Eva)	Conceitos	Ao se colocar uma fonte de energia próximo ao bulbo, o ar dentro do mesmo se aquece ...	Expressa o conceito de calor como “energia”, relacionando a transferência de energia como geradora de aquecimento.
Encontro 5 (Pedro, Juca e Oscar)	Pseudoconceitos	Ao se colocar uma fonte de calor em contato com a proveta.	Expressa a ideia equivocada de transferência de calor.
	Conceitos	Quando o ar chega em sua temperatura crítica .	Expressa temperatura como um estado termodinâmico.

Quadro 5.18: Categorização dos argumentos do Grupo 2

No Grupo 2, a modificação da argumentação se deu de maneira distinta do que no Grupo 1, pois ocorreram muitas idas e vindas dos argumentos expostos entre as categorias de análise.

Desde o primeiro até o último encontro, esse grupo apresentou argumentos que permeiam ao menos duas das três categorias estabelecidas, sendo que na maior parte seus argumentos podem ser classificados em pseudoconceitos e conceitos.

No encontro 1, esse grupo mesclou argumentos classificados como “complexos” e “conceitos” sobre calor e temperatura, o que representa a grande “turbulência cognitiva” pela qual os sujeitos estavam passando, na tentativa de estabelecer em si próprios as novas formulações conceituais com que haviam tido contato.

Posteriormente, no encontro 2, o grupo apresentou um argumento conceitual sobre temperatura, mas continuou argumentando de maneira pseudoconceitual sobre calor. Nos encontros 3 e 4, o grupo continuou manifestando argumentos que se situavam entre pseudoconceitos e conceitos e essa argumentação variante continuou ocorrendo até o encontro 5.

É possível notar que os sujeitos do Grupo 2 estavam estruturando cognitivamente os novos conhecimentos, relativos aos conceitos de calor e temperatura, na medida em que a argumentação deles permeou todas as categorias no decorrer dos encontros. Os sujeitos se

expressaram através de complexos, pseudoconceitos e conceitos e, mesmo após terem atingido tal estágio de argumentação, retomaram argumentos pseudoconceituais e complexos.

Isso mostra que os diferentes sujeitos interiorizam os novos conhecimentos de formas distintas e que cada sujeito, ao interagir com seus pares, tomou lugar na produção de argumentos dos grupos sob a influência dos sujeitos destacados por eles mesmos como “mais capazes” (que no Grupo 2 foram os sujeitos Pedro e Juca).

A partir deste ponto, para aprofundarmos um pouco mais a análise da relação entre os argumentos que foram expostos pelos estudantes e pelos grupos, exibimos cinco quadros em que estão categorizados todos os argumentos expostos em cada um dos cinco encontros. Através desses quadros, pode-se ter uma visão geral da modificação na argumentação gerada pela aplicação da abordagem de ensino, através da comparação entre os argumentos socializados nas diferentes atividades.

Encontro 1	
Complexos	O material da bexiga, por ser fino, ao contato com o calor o mesmo deforma...
	A bexiga estourou porque a chama levou ...
Pseudoconceitos	Acho que no caso a água demora mais pra entrar em grau de agitação , porque ela ebule a 100 °C, então no caso você precisa de uma... precisaria de uma temperatura maior pra ter uma relação dentro da bexiga.
	Ao fornecer calor ao sistema água e bexiga, grande parte do calor é absorvido pela água...
Conceitos	Temperatura.
	A temperatura da água é muito inferior à do fogo ...
	O grau de agitação das moléculas .
	... impedindo um aumento acentuado de temperatura do material .
	Estourou pelo motivo do aumento do grau de agitação das moléculas de oxigênio .
	... levou a um aumento da agitação das moléculas de oxigênio dentro do recipiente.

Quadro 5.19: Argumentos socializados no Encontro 1

Encontro 2	
Complexos	Não há registros.
Pseudoconceitos	O óleo vai demorar mais pra esquentar .
	Tem que deixar ele (fonte de energia) esquentar primeiro, né?

	Porque depois no outro ele (fonte de energia) vai estar quente , já. (relaciona novamente a sensação térmica de quente com um valor de temperatura elevado).
	Ele vai esfriar , né, filho.
	O óleo esquenta mais rápido.
	Eu acho que o óleo esquenta mais rápido.
	Utilizando a mesma massa de dois líquidos diferentes e tendo sido fornecido a mesma quantidade de calor ...
	Nos recipientes (copos de alumínio) foram introduzidos os mesmos valores de massa de óleo e água, com uma determinada fonte de calor (energia) ...
Conceitos	Foi fornecida pra ambos a mesma quantidade de energia ... A diferença (de temperatura) deve ser pelo calor específico de cada líquido.
	Deu dois graus de diferença.
	Os dois têm a mesma temperatura .
	Os dois teriam a mesma temperatura .
	Porque já que é a mesma massa, mesmo espaço de tempo e energia ...
	Os dois teriam a mesma temperatura .
	Os dois teriam a mesma temperatura .
	Se eu for pensar que tem a mesma massa e foi submetido à mesma variação de tempo (referindo-se ao tempo em que cada fluido foi submetido à fonte de energia)... A mesma energia ...
	... as variações de temperatura foram diferentes.
	Através do experimento, também é possível concluir que temperatura e calor são conceitos distintos, já que para o mesmo fornecimento de energia , as temperaturas finais foram diferentes.
	Com isso, a água e o óleo atingiram temperaturas diferentes ...

Quadro 5.20: Argumentos socializados no Encontro 2

Encontro 3	
Complexos	Mas e a hora que ele não tá em contato ?
Pseudoconceitos	Sua temperatura tá mais alta do que a temperatura do corpo . Então, conforme você relou, sua palma da sua mão esquenta bastante , o álcool vai absorver bastante da sua energia , vai aquecer e aí vai subir; a hora que você tira, vai esfriar e vai voltar pra temperatura ambiente .
	Não seria bem esquentada, transfere uma energia .
	Porque aí o líquido vai esquentar muito rápido e o gás também vai esquentar ...
	Quando você colocou a mão ali, a sua mão aqueceu o vidro, que consequentemente aqueceu o que tava dentro...
	Porque ele tá se aquecendo , aí ele vai dilatar, vai aquecer e vai subir.
	Porque quando aqueceu o álcool, o vidro aqueceu o álcool...
	a temperatura da mão transmite energia ao sistema ...
	Já que o álcool esquenta mais rápido que o ar, fazendo com que o ar frio desça...
Conceitos	Ao segurar o bulbo inferior com uma mão, há transferência de energia , da mão para o líquido (já que o recipiente de vidro é muito fino), aumentando sua temperatura (temperatura do líquido).
	... passa a adquirir uma temperatura maior ...

Quadro 5.21: Argumentos socializados no Encontro 3

Encontro 4	
Complexos	Não há registros.
Pseudoconceitos	Porque a temperatura vai fazer subir o líquido?
	O ar aqueceu .
Conceitos	Porque o ar ficou numa temperatura maior, expandiu e forçou o líquido pra baixo.
	Porque você transferiu energia ali, calor pra ele.
	Ao fornecermos energia , o ar, por ter pequena capacidade térmica, sofre um aumento de temperatura ...
	Ao se colocar uma fonte de energia próxima ao bulbo, o ar dentro do mesmo se aquece ...

Quadro 5.22: Argumentos socializados no Encontro 4

Encontro 5	
Complexos	Não há registros.
Pseudoconceitos	O ar que sai de dentro é quente ?
	Ao se colocar uma fonte de calor em contato com a proveta.
Conceitos	... você tá fornecendo energia pra parede da proveta.
	Então, a ideia aqui é que você tem uma fonte de energia que fornece energia às paredes da proveta (utilizada na montagem do motor Stirling) que, por sua vez, você tem uma transferência pro ar no interior da proveta e o ar se aquece.
	Quando o ar chega em sua temperatura crítica .

Quadro 5.23: Argumentos socializados no Encontro 5

No primeiro encontro os argumentos socializados se situaram nas três categorias de análise e foram expostos muito mais argumentos tratando de temperatura do que de calor.

Todos os argumentos relativos à temperatura se situaram entre as categorias de pseudoconceitos e conceitos, enquanto os relacionados a calor permearam as categorias de complexos e pseudoconceitos, com os alunos usando em seus argumentos termos como “contato com o calor” e “fornecer calor”.

Nesse encontro foram socializados poucos argumentos, o que se deve à limitação da intersubjetividade ocorrida entre os sujeitos, em uma abordagem de atividade prática desconhecida por eles.

Dando sequência, no segundo encontro foi socializado um número muito maior de argumentos do que no primeiro, o que compreendemos como resultado do desenvolvimento das relações expressas no parágrafo anterior.

Nesse encontro não houve registro de argumentos pautados em complexos. Os argumentos relativos ao conceito de temperatura permearam as categorias de pseudoconceitos e conceitos e os relacionados a calor se situaram, quase exclusivamente, em pseudoconceitos.

No entanto, em relação a calor, os estudantes começaram a se expressar utilizando termos como “fornecimento de energia”, o que evidencia o processo de interiorização das formulações conceituais adequadas com o decorrer da realização das atividades.

No terceiro encontro houve muitos retornos a argumentos pautados na categoria de pseudoconceitos. A maioria massacrante dos argumentos socializados nesse encontro se situou na categoria de pseudoconceitos, o que exemplifica o processo de idas e vindas dos estudantes entre as formulações conceituais adequadas e inadequadas, segundo as definições de calor e temperatura, no processo de formação conceitual.

Foi possível notar, no terceiro encontro, que a argumentação dos estudantes sobre calor e temperatura não ascendia em direção às formulações conceituais de calor e temperatura de maneira linear, mas que permeava as diferentes categorias à medida que a interação era efetivada e ocorria o processo de internalização dos novos conhecimentos.

Os encontros 4 e 5 clarificam a compreensão do processo de modificação argumentativa, de modo que, a partir deles, os sujeitos passaram a apresentar argumentos mais sólidos no que tange à definição de calor e temperatura e a maioria dos argumentos expressos se situou na categoria de conceitos.

Com isso, é possível dizer que através da interação efetivada no decorrer das atividades, os sujeitos passaram por um processo de evolução conceitual que pode ser observado pela argumentação que socializaram em cada um dos encontros.

A categorização dos argumentos socializados nos encontros 4 e 5 evidencia o maior nível de organização, clareza e utilização adequada dos conceitos de calor e temperatura que os sujeitos foram obtendo no decorrer das atividades.

Em comparação com os encontros anteriores, a argumentação expressa nos dois últimos encontros aponta para um nível conceitual mais elevado, na medida em que os estudantes se mostraram capazes de argumentar sobre calor através da ideia de transferência de energia e relacionar essa transferência com as variações de temperatura.

A partir do subcapítulo seguinte, discutiremos os resultados obtidos, de forma a apresentarmos as inferências lógicas emergentes do processo de análise dos dados. Em outras palavras, o subcapítulo abaixo apresenta as discussões sobre os resultados já expressos acima e aprofunda a inter-relação entre eles e o problema dessa pesquisa.

5.4 Metatexto: o novo emergente e a discussão dos resultados

A partir da categorização dos dados, podemos expor as inferências lógicas que realizamos a partir de nossos referenciais teórico-metodológicos para respondermos ao problema dessa pesquisa.

A argumentação de cada um dos sujeitos foi se modificando no decorrer da realização dos encontros. No entanto, essa modificação ocorreu de maneiras e em tempos distintos para cada um.

O sujeito Aldo, como já dito anteriormente, argumentou através de conceitos desde o primeiro encontro e, dessa forma, inferimos que ele já era detentor das formulações adequadas de calor e temperatura antes de sua participação em nossa pesquisa. Porém, ele teve papel fundamental na interação com seus pares, devido à eleição dele, pelos demais sujeitos, como parceiro mais capaz em todas as atividades.

Aldo desempenhou um papel importante na modificação da argumentação de todos os sujeitos na medida em que, através da interação, expôs argumentos pautados em conceitos que auxiliaram seus colegas na internalização das formulações adequadas de calor e temperatura.

Nos argumentos expressos pelos sujeitos Juca e Pedro, pode-se observar o processo de internalização das formulações adequadas dos dois conceitos na medida em que eles, no decorrer das atividades, vão modificando seus argumentos.

Individualmente, os argumentos expressos pelos dois se situam, na maioria das vezes, na categoria de pseudoconceitos. Porém, quando em grupo, os argumentos expressos por eles são categorizados como conceitos, o que evidencia a relevância da interação intragrupos.

Através da análise dos argumentos destes dois sujeitos, foi possível notar a relação temporal entre a execução das atividades e a internalização das formulações conceituais adequadas de calor e temperatura em todos os sujeitos. O surgimento de argumentos conceituais na fala de cada um dos estudantes levou tempos diferentes e a forma com que esses argumentos permearam as categorias de análise evidencia o fato de que sujeitos diferentes levam tempos diferentes para atingirem o mesmo nível de argumentação, ou seja, para alcançarem o mesmo patamar de desenvolvimento cognitivo relativo aos conceitos de calor e temperatura.

Já os sujeitos Beto e Júlio socializaram argumentos que tratavam quase exclusivamente do conceito de temperatura, sendo que Beto não expôs nenhum argumento relativo ao conceito de calor e Júlio, apenas um.

A argumentação de Beto se modificou na direção da formulação conceitual adequada de temperatura com o decorrer dos encontros, na medida em que os argumentos dele passaram da categoria de pseudoconceitos para conceitos. A argumentação de Júlio foi um exemplo esclarecedor do processo de internalização conceitual pelo qual o sujeito estava passando.

A pouca argumentação desses dois sujeitos sobre calor voltou nossa atenção para o fato de que, no geral, cada indivíduo argumentou pouco sobre esse conceito, quando comparado à temperatura. Relacionamos essa prevalência da argumentação sobre temperatura ao diálogo ocorrente sobre cada um dos conceitos, ou seja, argumentou-se mais sobre temperatura porque se necessitou mais desse conceito nos momentos de socialização dos argumentos formulados. E, provavelmente, essa fala relacionada ao conceito de temperatura se deveu às definições de situação estabelecidas através da mediação semiótica entre os sujeitos, que se voltaram mais para temperatura do que para calor.

Partindo para o sujeito Eva, podemos destacar a dinâmica das modificações de sua argumentação. A modificação argumentativa de Eva no decorrer da aplicação da abordagem de ensino foi notada na medida em que os argumentos dela se aproximaram gradualmente das definições de calor e temperatura.

Os argumentos expressos por Eva foram se estruturando e tornando-se conceituais na medida em que ela interagiu com seus colegas e argumentou. Percebemos, a partir da análise das falas de Eva, que não somente ela, mas todos os sujeitos foram elaborando suas falas no sentido de estruturar e correlacionar os conceitos de calor e temperatura, de forma a atingir um padrão argumentativo que relacionasse estes dois conceitos em argumentos como os expressos pelos grupos nos encontros 4 e 5, ou seja, relacionando “transferência de energia” com “variação de temperatura”.

Por fim, em relação aos argumentos apresentados pelos sujeitos Oscar, Tânia e Toni não foi possível o surgimento de nenhuma inferência e interpretação, devido à socialização de apenas um argumento por estudante. No entanto, podemos realizar algumas inferências lógicas a respeito da pouca argumentação desses indivíduos.

Relacionamos a baixa socialização de argumentos desses sujeitos ao baixo nível de intersubjetividade atingido entre eles e os demais envolvidos na execução de cada

atividade. Esses três estudantes se mostraram sempre apreensivos no contato com o professor/pesquisador e com seus colegas, expressando sempre um medo de serem julgados.

Outro fator limitante da argumentação desses três sujeitos foram as gravações de áudio e vídeo, em relação às quais eles se mostraram sempre desconfortáveis. Porém, nenhum desses fatores teve papel tão decisivo na argumentação desses sujeitos quanto a definição das atividades de demonstração experimental aberta.

Oscar, Tânia e Toni se mostraram sempre desconfortáveis com o grau de abertura das atividades realizadas. O comportamento deles transparecia o quanto estavam perdidos na realização de cada demonstração, por não terem nenhuma experiência na efetivação desse tipo de atividade. Eles expressaram imensa dificuldade em interagir com seus pares e a participação deles nos grupos foi pouco efetiva. Por fim, sobre a relação com esses três indivíduos, é possível afirmar que não conseguimos desenvolver a volição necessária e suficiente para a participação ativa dos mesmos na realização de cada atividade.

Retomando a discussão sobre a divisão dos estudantes em grupos, é possível realizarmos algumas afirmações que definem as modificações na argumentação dos estudantes.

É possível perceber, através da análise dos dados, que os grupos tiveram papel fundamental na modificação argumentativa dos sujeitos, de forma que foi a partir do contato intragrupos que os estudantes tiveram a oportunidade de socializar suas formulações conceituais, interagir com seus pares e, a partir disso, reestruturar e reformular os seus próprios argumentos.

Devido à interação com o professor/pesquisador e com seus pares, no contexto de cada grupo, os estudantes tiveram contato com argumentos formulados adequadamente sobre os conceitos e, com isso, modificaram sua argumentação na direção das definições de calor e temperatura, levando-se em consideração as particularidades individuais já discutidas.

A partir disso, podemos estruturar nossas considerações finais sobre a realização dessa pesquisa. O capítulo 6 expõe essas considerações e as relações entre os resultados, o problema e os objetivos dessa pesquisa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa pesquisa foi feito o estudo de uma abordagem de ensino que se fundamenta principalmente sobre a realização de atividades práticas a partir de cinco demonstrações experimentais abertas, seguindo uma sequência didática pré-estabelecida.

A idealização dessa abordagem de ensino foi realizada tendo como base os princípios da teoria histórico-cultural, de modo que ela fosse distinta da abordagem de transmissão/recepção de conhecimento, vivenciada pelos estudantes no curso de licenciatura em Física.

No entanto, não buscamos comparações entre a abordagem de ensino que propomos e a abordagem de transmissão/recepção de conhecimento. Buscamos apenas analisar os possíveis frutos da abordagem proposta sobre a argumentação dos sujeitos de pesquisa a respeito dos conceitos de calor e temperatura.

Retomando o problema de pesquisa que é: quais são os resultados relativos à argumentação emergente do processo de formação de conceitos dos alunos, acerca dos conceitos de calor e temperatura, decorrentes da interação entre os alunos, mediados por atividades de demonstração experimental aberta? Podemos realizar algumas afirmações.

A abordagem de ensino efetivada nessa pesquisa pode ser geradora de modificação na argumentação dos estudantes sobre os conceitos de calor e temperatura, na medida em que os argumentos dos mesmos se reestruturaram, com o decorrer da realização das atividades, na direção das definições adequadas dos conceitos de calor e temperatura.

Entretanto, essa modificação na argumentação dos estudantes não ocorreu de forma linear, mas sim de maneira complexa e gradual, com muitas idas e vindas dos argumentos entre as categorias de análise. A modificação na argumentação não dependeu somente das características das atividades desenvolvidas, mas também das características individuais de cada sujeito, que delimitaram a interação.

Na análise dos argumentos foi evidenciada a variação na argumentação dos estudantes, ou seja, muitos deles, mesmo tendo argumentado conceitualmente em um encontro, retomaram argumentos pseudoconceituais e complexos em encontros posteriores. Isso aponta para o processo de estruturação cognitiva das novas definições conceituais,

relativas a calor e temperatura, que leva tempos diferentes para sujeitos diferentes (VIGOTSKI, op. cit.).

A divisão dos estudantes em grupos teve um papel fundamental na modificação da argumentação apresentada por cada um, de forma que nas discussões intragrupos os argumentos foram sendo reestruturados e reformulados, levando em consideração as características e o processo de internalização de conhecimentos de cada indivíduo.

No entanto, nem todos os estudantes participaram ativamente das discussões de seus grupos e esse é um efeito da abordagem de ensino que propomos. Em outras palavras, inferimos que devido à inovação representada pelas atividades que propomos em relação àquelas com que os estudantes estavam acostumados (atividades de transmissão/recepção de conhecimento, de acordo com o discurso dos discentes), alguns deles se sentiram intimidados e participaram pouco.

Os sujeitos que interagiram pouco não obtiveram modificação observável na argumentação, o que nos leva a concluir que é possível que os mesmos não tenham obtido reestruturação cognitiva sobre calor e temperatura.

Portanto, as modificações argumentativas geradas por uma abordagem de ensino como a proposta nessa pesquisa não dependem apenas das características dela própria, mas também das particularidades inerentes a cada sujeito (volição relativa à participação nas atividades; motivação intrínseca; definição de situação, etc), que determinam o grau de interação efetivamente estabelecido.

Os limites das modificações atingidas por cada um dos sujeitos foram estabelecidos pela interação, de forma que, na medida em que os sujeitos interagiram com seus pares, seus argumentos foram se modificando, levando em consideração o processo de formação conceitual de cada um.

Agora, retomando os objetivos específicos de pesquisa: **I.** Analisar os resultados da abordagem de ensino sobre a capacidade de argumentação dos sujeitos de pesquisa a respeito dos conceitos de calor e temperatura; **II.** Proporcionar aos sujeitos de pesquisa uma complementação formativa sobre os conceitos físicos de calor e temperatura. Podemos afirmar que ambos foram contemplados. Porém, em diferentes medidas.

O primeiro objetivo específico foi efetivado na medida em que categorizamos, interpretamos, discutimos e produzimos inferências lógicas sobre a execução das atividades práticas previstas em nossa abordagem de ensino.

Já sobre o segundo objetivo específico, podemos dizer que foi contemplado em parte, na medida em que, na constituição dos dados, realizamos juntamente com os estudantes atividades que lhes proporcionaram a interação necessária à evolução conceitual e que podem ser executadas por eles ao se tornarem professores. À medida que discutimos com os sujeitos as características da formulação de cada conceito e apresentamos fenômenos físicos a serem discutidos, atuamos de forma a proporcionar uma formação que possibilite a compreensão de fenômenos físicos cotidianos e a atuação profissional segundo o princípio da simetria invertida (BRASIL, op. cit.). No entanto, não é possível afirmar que os sujeitos terão, a partir do contato com a abordagem de ensino pesquisada, uma postura mais esclarecida e crítica frente aos acontecimentos cotidianos e nem que atuarão com seus alunos da mesma forma com que atuamos com eles, pois não os acompanharemos no decorrer de suas vidas pessoal e profissional.

Tendo, portanto, respondido o problema e efetivado os objetivos de pesquisa, é possível afirmarmos que a realização dessa pesquisa foi uma imensa satisfação para o professor/pesquisador, pois a idealização dela havia sido realizada pelo mesmo desde a confecção de sua monografia na graduação.

É, portanto, com imensurável felicidade que apresentamos esse trabalho e esperamos que, através dele, venhamos a contribuir com a área de pesquisa em ensino de Ciências e, principalmente, em Física.

7 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Curso de Física 2**. São Paulo: Harbra, 1986.

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. dos S. **Atividades experimentais no Ensino de Física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n. 2, jun. 2003.

ASSIS, A. **Leitura, argumentação e ensino de física: análise da utilização de um texto paradidático em sala de aula**. 2005. 286 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência,

Área de Concentração: Ensino de Ciências) – Faculdade de Ciências, Câmpus de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2005.

BEDNARZ, N. Interações sociais e construção de um sistema de escrita dos números no ensino fundamental. In: **Após Vygotsky e Piaget: perspectivas social e construtivista – escolas russa e ocidental**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

BOGDAN, R. BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação. Uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora. Coleção Ciências da Educação. 1994, 335 p.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o Laboratório Escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3: p. 291-313, dez. 2002.

BORGES, O. N.; BORGES, A. T.; SILVA, M. V. D.; GOMES, A. D. T. **Situações inesperadas no laboratório escolar**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VIII., 2002, Águas de Lindóia. **Atas...**

BRASIL. **Parecer das diretrizes curriculares para a formação de professores**. 18 de janeiro de 2002.

CHIZZOTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2006.

CONTRERAS, J. **Autonomia de Professores**. 2 ed. São Paulo: Cortez, 2012.

DOURADO, L. **Trabalho Prático (TP), Trabalho Laboratorial (TL), Trabalho de Campo (TC) e Trabalho Experimental (TE) no Ensino das Ciências – contributo para uma clarificação de termos**. Lisboa. Ministério da Educação – Departamento do Ensino Secundário. 2001.

FESTINGER, L. **Teoria da dissonância cognitiva**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1962.

FEYNMAN, R. **Sobre as leis da Física**. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2012.

GALIBIATTI, D. **Calor e Temperatura: uma revisão dos conceitos nas diferentes abordagens físicas**. Rio Claro: [s.n.], 2011, 89 f.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, 1994, 12 (3), 299-313.

LABORDE, C. Duas utilizações complementares da dimensão social nas situações de aprendizado de Matemática. In: **Após Vygotsky e Piaget: perspectivas social e construtivista – escolas russa e ocidental**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

LABURÚ, C. E. **Fundamentos para um experimento cativante**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 23, n. 3: p. 382-404, dez. 2006.

LOZADA, C. et. al. **A modelagem matemática aplicada ao Ensino de Física no Ensino Médio**. Revista LOGOS, n. 14, 2006.

LVOVSKI, V. A elaboração de imagens conceituais no decorrer da resolução de problemas de Física. In: **Após Vygotsky e Piaget: perspectivas social e construtivista – escolas russa e ocidental**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

MARCELO, C. **Pesquisa sobre a formação de professores: o conhecimento sobre aprender a ensinar**. Revista Brasileira de Educação. Set/Out/Nov/Dez, 1998, n. 9, p. 51-75.

McDERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S.; CONSTANTINOU, C. P. Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. **Physics Education**. 35: 411-416.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S. **Ensino-Aprendizagem de Ciência e Argumentação: Discussões e Questões Atuais**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 13, nº 1, 2013.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. **Análise Textual Discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces**. Ciência & Educação, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. 2 ed. rev. – Ijuí: Ed. Unijuí, 2011, 224 p.

ORLANDI, E. P. **A linguagem e seu funcionamento: as formas do discurso**. 4 ed. 2 reimpressão. Campinas.SP: Pontes, 2001.

PINHO-ALVES, J. **Regras da transposição didática aplicadas ao Laboratório Didático**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 2, p. 174-188, ago. 2000.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. **O papel da natureza da ciência da educação para a cidadania**. Ciência & Educação, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

PRESTES, Z. **Quando não é quase a mesma coisa: Análise de traduções de Lev Semionovitch Vigotski no Brasil – Repercussões no Campo Educacional**. 2010, 295 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação/Faculdade de Educação – Universidade de Brasília/UnB).

REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 23 ed – Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2012.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. **Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: uma experiência em formação continuada**. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física.

SÉRÉ, M.; JOURNEAUX, R.; LARCHER, C. Learning statistical analysis of measurement errors (First year of University). Students' conceptions and obstacles. **International Journal of Science Education**, Reading, v. 15, n. 4, p. 427-438, 1993.

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, dez. 2008.

SILVEIRA, N. M.; **A persuasão no discurso argumentativo de sala de aula**. Maceió: EDUFAL: 2010, 258 p.

SOZBILIR, M.; **A review of selected literature on students misconceptions of heat and temperature**. Bogaziçi University Lournal of Education, v. 20, n. 1, 2003.

URIAS, G. **O uso do cinto de segurança numa perspectiva do ensino de ciências problematizadora**. 2013, 110 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2013.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Ed. Martins Fontes, 2001.

ZABALA, A. **A prática educativa. Como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224 p.

ZEMANSKI, M. W. **The use and misuse of word heat in physics teaching**. The Physics Teacher, v. 8, n. 6, p. 294-300, 1970.

APÊNDICE**Apostila**
Guia para as Atividades

**Experimentos e Modelos Matemáticos no Ensino Superior de
Física: Uma Visão Construtivista**

2012

Experimento 1: Aquecendo Balões

Através deste experimento, iniciaremos as nossas discussões sobre as características dos conceitos físicos de temperatura e calor.

A foto abaixo expõe a montagem experimental que utilizaremos para nossa demonstração e trabalho.



Figura 1: Balões de festa

Está também abaixo a descrição da montagem:

- **Materiais para confecção:**

- Balões de aniversário, sendo um balão contendo ar e outro contendo água;
- Vela.

- **Montagem do experimento:**

1. Primeiramente, deve-se encher os dois balões com seus respectivos fluidos;
2. Com a vela acesa, colocar os dois balões em contato com a chama e observar o que ocorre.

Modelo Matemático:

Para compreendermos a razão pela qual o balão somente com ar estoura facilmente em contato com a chama e o balão com água suporta este contato por um intervalo de tempo maior, devemos refletir sobre a seguinte expressão:

$$C = mc,$$

em que c é o calor específico (propriedade do material), C é a capacidade térmica (propriedade do corpo) e m é a massa (propriedade do corpo).

Experimento 2: Quantidade de Calor Igual, Temperatura Diferente

Continuaremos, a partir desta montagem, trabalhando a distinção e a natureza dos conceitos de calor e temperatura.

A montagem experimental que utilizaremos está exposta na imagem abaixo:



Figura 2: Aparato experimental (copos e fonte de energia)

A seguir também está a descrição da montagem:

- **Materiais para confecção:**

- Canecas de alumínio;
- Suporte para as canecas;
- Água e leite;
- Duas velas;

- **Montagem do experimento:**

1. Fixar as canecas no suporte;
2. Colocar as velas sob o suporte;
3. Colocar em uma das canecas uma determinada massa de água e na outra a mesma massa, só que agora de leite.

Modelo Matemático:

Da mesma forma que no experimento 1, para que possamos compreender o motivo pelo qual mesmo recebendo quantidades de calor praticamente iguais, cada líquido apresenta um valor de temperatura após um certo intervalo de tempo Δt , devemos pensar sobre as seguintes expressões:

$$c = \frac{C}{m},$$

em que C é capacidade térmica (propriedade do corpo), c é o calor específico (propriedade do material) e m é a massa (propriedade do corpo).

$$Q = mc\Delta T,$$

em que ΔQ é a variação da quantidade de calor, m é a massa, c é o calor específico e ΔT é a variação de temperatura.

Experimento 3: Hand-bubbler

Com esta montagem refletiremos e discutiremos os modelos matemáticos trabalhados anteriormente para que possamos compreender mais claramente os conceitos de calor e temperatura.

A montagem experimental que utilizaremos está exposta abaixo:



Figura 3: Hand-bubbler

- **Materiais para confecção:**

O aparato para o experimento foi adquirido em uma loja de presentes.

- **Descrição do experimento:**

Este experimento é comumente encontrado em lojas de presentes e evidencia conceitos de suma importância em Física.

O aparato experimental é montado por dois bulbos de vidro que se situam um sobre o outro e são conectados apenas por um fino tubo de vidro, sendo o bulbo inferior preenchido por um líquido bastante volátil e, conseqüentemente, pelo gás da substância da qual o líquido é composto.

Modelo Matemático:

A partir dos modelos matemáticos tratados nos experimentos anteriores, que descreviam as propriedades de substâncias e de corpos, que são:

$$C = mc \text{ (I)}$$

$$c = \frac{C}{m} \text{ (II)}$$

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

Podemos discutir o funcionamento do aparato Hand-bubbler e compreendermos mais claramente os conceitos que são nossos objetivos, ou seja, calor e temperatura.

Experimento 4: Termoscópio de Galileu

Esta montagem experimental nos remete ao mesmo princípio de funcionamento do experimento anterior.

A partir dela, reiniciaremos o debate realizado na aula anterior.



Figura 4: Termoscópio de Galileu

http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rip&cod=_opticaestacaometeorologi&action=print

A descrição da montagem experimental está exposta abaixo:

- **Materiais para confecção:**
 - Base de madeira para sustentação;
 - Suporte vertical de madeira fixado à base;
 - Uma mangueira de aquário que será o corpo do termômetro (fixada no suporte vertical);
 - Uma lâmpada incandescente;
 - Cola de secagem rápida para vedação da mangueira na lâmpada (a vedação deve ser perfeita);
 - Um recipiente qualquer no qual fica imersa a parte inferior da mangueira;
 - Suco em pó de cor facilmente visível;

- **Montagem do experimento:**

1. Primeiramente deve-se montar a base do termômetro e fixar na mesma o suporte vertical no qual será colocada a mangueira;
2. Essa mangueira de aquário é o corpo do termômetro onde a água colorida de nosso experimento variará de nível de acordo com a temperatura ambiente;
3. Fixada a mangueira, deve-se retirar o filamento de dentro da lâmpada, o que pode ser feito serrando parte do encaixe de alumínio da lâmpada ou quebrando a parte cerâmica traseira da lâmpada;
4. Após isso, deve-se fixar a mangueira na lâmpada com a cola, lembrando sempre que não pode haver vazamento de ar;
5. Por fim, o recipiente com o suco em pó dissolvido em água deve ser colocado diante da montagem do termômetro, de modo que a ponta da mangueira fique imersa no líquido.

Modelo Matemático:

O debate sobre esta montagem nos remete aos modelos matemáticos especificados nas duas primeiras montagens experimentais.

Vamos então debater e tentar compreender o funcionamento deste experimento.

Experimento 5: Motor Stirling

Este é o último experimento de que nos utilizaremos para trabalhar nossas concepções a respeito dos conceitos de calor e temperatura.

A foto a seguir exhibe a montagem experimental utilizada:

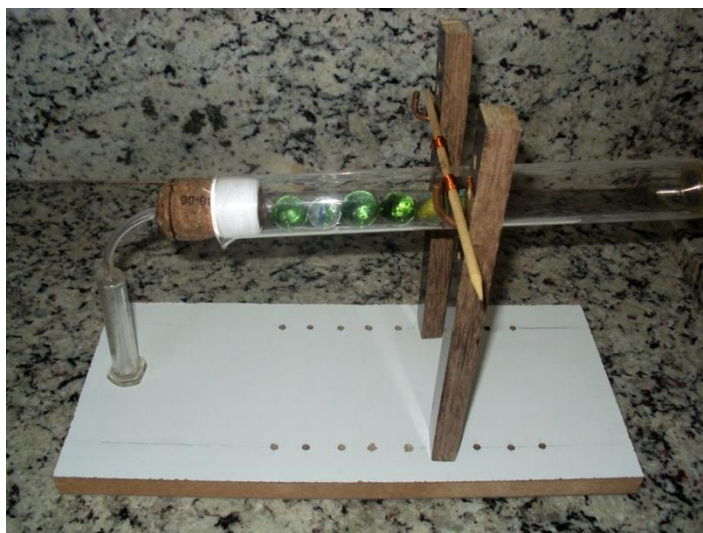


Figura 5: Motor Stirling

A descrição da montagem também será colocada a seguir:

- **Materiais para confecção:**

- Haste para sustentação;
- Um tubo de ensaio ou proveta de aproximadamente 50 ml;
- Uma rolha perfurada para vedar o tubo de ensaio;
- Uma mangueira que se ajuste ao furo da rolha;
- Uma lamparina ou uma vela utilizada como fonte de calor do motor;
- Bolinhas de gude;
- Seringa de vidro ou de plástico lubrificada com graxa, à qual a mangueira se ajuste.

- **Montagem do experimento:**

- 1 Primeiramente, a haste deve ser montada de modo que sustente o tubo de ensaio/proveta, que terá em seu interior as bolinhas de gude;
- 2 A rolha que será utilizada deve ser perfurada, sendo que o orifício aberto nela deve se ajustar à mangueira que será utilizada no experimento;
- 3 O tubo/proveta deve ser tampado com a rolha;
- 4 A seringa deve ser ajustada da forma com que ilustra a figura 1;
- 5 A mangueira deve ser conectada da rolha à seringa;
- 6 Estando todas as partes do experimento devidamente ajustadas, deve-se acender a fonte de calor e colocá-la em contato com o tubo.

Modelo matemático:

A partir dessa montagem, trabalharemos a relação entre os conceitos de calor e temperatura no funcionamento de um motor Stirling.

Faremos algumas considerações e discutiremos o funcionamento da montagem.

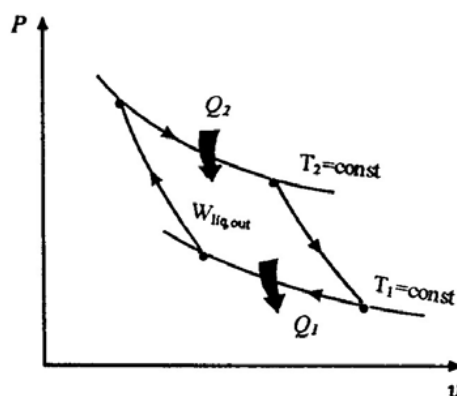


Figura 6: Ciclo de Carnot

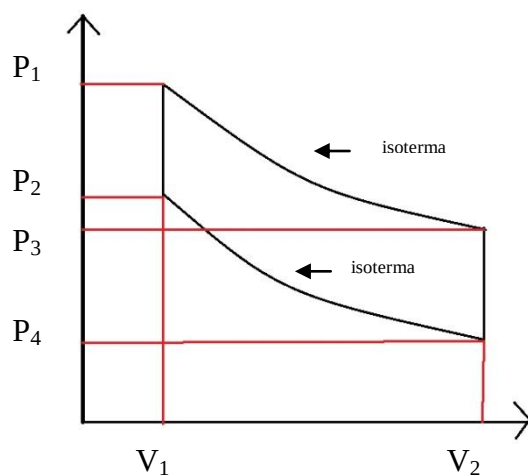


Figura 7: Representação do ciclo Stirling

A partir desses ciclos, embasaremos nosso debate sobre as seguintes expressões:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \quad (I)$$

No entanto, como:

$$W = Q_1 - Q_2 \quad (II)$$

A eficiência térmica pode ser escrita da forma:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (III)$$

que para o Ciclo de Carnot, pode ser escrita como:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (IV)$$

Referências

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física. Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, vol. 2, ed. 8, 2009.

HEWITT, P. G. **Temperatura, Calor e Dilatação**. In: Física Conceitual. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002, p. 268-280.

"FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -
"JÚLIO DE MESQUITA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Experimentos e Modelos Matemáticos no Ensino Superior de Física: Uma visão construtivista

Pesquisador: Douglas Augusto Galbiatti

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 13481813.3.0000.5398

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior ((CAPES))

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 254.409

Data da Relatoria: 24/04/2013

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa apresenta os problemas/hipóteses a serem investigados de maneira clara e objetiva.

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos primários e secundários apresentam claramente o que vai ser investigado.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não há risco nenhum e os benefícios são importantes e contribuirão para possíveis mudanças no ensino de Física.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante não só para os objetivos propostos, bem como para qualquer atividade relacionada a ensino/aprendizagem.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Está bom, porém deve acrescentar que o sujeito pesquisado pode mudar de idéia em qualquer momento da pesquisa.

Recomendações:

Acréscimo das informações acima no TLCE.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há.

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01

Bairro:

CEP: 17.033-360

UF: SP

Município: BAURU

Telefone: (143)103--6087

Fax: (143)103--6087

E-mail: arimaia@fc.unesp.br

"FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -
"JÚLIO DE MESQUITA



Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto considerado aprovado por estar em conformidade com os parâmetros legais, metodológicos e éticos analisados pelo colegiado.

BAURU, 24 de Abril de 2013

Assinador por:
Ari Fernando Maia
(Coordenador)

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01

Bairro:

CEP: 17.033-360

UF: SP

Município: BAURU

Telefone: (143)103--6087

Fax: (143)103--6087

E-mail: arimaia@fc.unesp.br