UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS

RENATA DA FONSECA MORAES BATISTA

O uso de abordagens histórica-investigativa na reelaboração de
roteiros da Experimentoteca do CDCC-USP

São Carlos
2018

RENATA DA FONSECA MORAES BATISTA

O uso de abordagens histórica-investigativa na reelaboração de roteiros da Experimentoteca do CDCC-USP

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor(a) em Ciências.

Área de concentração: Física Aplicada
Opção: Física Biomolecular
Orientador: Prof^a. Dr^a. Cibelle Celestino Silva

Versão corrigida
(versão original disponível na Unidade que aloja o Programa)

São Carlos
2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Batista, Renata da Fonseca Moraes

O uso de abordagens histórica-investigativa na reelaboração de roteiros da Experimentoteca do CDCC-USP / Renata da Fonseca Moraes Batista; orientador Cibelle Celestino Silva - versão corrigida -- São Carlos, 2018. 234 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Física Aplicada Biomolecular) -- Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2018.

1. Abordagem histórico-investigativa. 2. Atividades experimentais. 3. Ensino de Ciências. 4. Experimentoteca do CDCC. I. Silva, Cibelle Celestino, orient. II. Título.

Dedico este trabalho a meus pais Maribene e Sérgio, com muito amor e carinho e apoio durante toda a jornada deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a meus pais e irmã, que com muito apoio me auxiliaram nessa jornada. Pela torcida, compreensão, paciência, auxílio, apoio, conversas, enfim, tudo que foi necessário para meus estudos e formação. Obrigada pelos ensinamentos que me tornaram a pessoa que sou! Vocês são tudo!

Agradeço também a minha família, que sempre esteve me apoiando e ajudando em todas as etapas da minha vida. Vocês são muito importantes!

A querida professora, conselheira e orientadora Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva. Agradeço muito pela sua orientação e anos de convivência. Obrigada pela grande contribuição para meu crescimento científico, intelectual e pessoal. Sem seu auxílio, discussões, ideias, trabalhos e principalmente paciência, essa pesquisa não seria desenvolvida assim!

As queridas amigas Carolina e Natália! Obrigada pelo apoio, conselhos, broncas, conversas e momentos especiais. Sem elas não conseguiria chegar até aqui. Ao Barca, que mesmo longe, sempre me apoia, conversa e ajuda dos momentos que preciso. Muito obrigada por tudo!

Agradeço ao Agide, pelo companheirismo, risadas, conversas e paciência em alguns momentos! Obrigada! Agradeço também aos amigos Charlie, Caface e Edna que estão presentes e sempre proporcionando boas risadas.

Agradeço às escolas parceiras e aos professores que contribuíram para que essa pesquisa acontecesse. Apesar de muitos problemas ao longo dessa jornada, sempre contribuíram e ajudaram nas condições mais complicadas. Agradeço principalmente ao Professor PRF, que não mediu esforços para que a pesquisa ocorresse. Obrigada!

Ao Professor Dr. Valter Líbero e toda equipe do Centro de Divulgação Científica e Cultural da USP que auxiliaram na realização desse trabalho.

Agradeço ao pessoal do Grupo de História, Teoria e Ensino de Ciências (GHTEC) da USP, pelas conversas e discussões acadêmicas realizadas.

A alguns funcionários da USP, que sem eles, a tese não sairia: Neusa da biblioteca, que com muita atenção e paciência me ajudou na formatação da tese, Ricardo e Tiago do serviço de Pós-Graduação e ao Ítalo e pessoal da gráfica, que sempre quebraram os galhos quando precisei.

Ao Instituto de Física de São Carlos, pela oportunidade de estudar, pesquisar, crescer e realizar essa pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa e apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram para essa pesquisa. Certamente esse espaço não é suficiente para agradecer a todos que me ajudaram ao longo de minha caminhada. Meu sincero agradecimento e desculpas àqueles que não citei diretamente. Vocês também fazem parte disso! Muito obrigada pessoal!

"Lembranças machucam. As boas, mais ainda!"
Harlan Cohen

RESUMO

BATISTA, R. F. M. **O uso de abordagens histórica-investigativa na reelaboração de roteiros da Experimentoteca do CDCC-USP**. 2018. 234 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

Esta tese discute potencialidades, limitações e desafios envolvidos na implementação da abordagem histórico-investigativa (HI) em aulas de física. Entendemos como abordagem histórico-investigativa, o uso de atividades experimentais de cunho investigativo pautadas na história e filosofia da ciência, centrada no aluno e orientada pelo professor, de modo a criar situações de ensino e aprendizagem que propiciem a aprendizagem de conteúdos científicos e metacientíficos e estimulem a argumentação em sala. A abordagem HI foi utilizada para criar novos roteiros para kits de calor, ótica e mecânica da Experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC-USP – localizado na cidade de São Carlos). Os novos roteiros foram desenvolvidos em parceria com professores usuários da Experimentoteca, atuantes na rede pública de ensino. A metodologia de pesquisa utilizada foi a Design Based Research (DBR) com o intuito de integrar a pesquisa com o desenvolvimento de intervenções educativas em ambientes de aprendizagem. Adotamos como referencial de análise das atividades aplicadas o Losango Didático, proposto por Méheut e Psillos, que considera as dimensões epistêmica e pedagógica dos saberes escolares. Também analisamos as Práticas Epistêmicas, propostas por Silva e por Araújo, que ocorrem ao longo das arestas do Losango Didático.

Palavras-chave: Abordagem histórico-investigativa. Atividades experimentais. Ensino de Ciências. Experimentoteca do CDCC.

ABSTRACT

BATISTA, R.F.M. **The use of historical-investigative approach in redesigning guides of the Experimentoteca of CDCC-USP**. 2018. 234 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

This thesis discusses the potentials, limitations, and challenges involved in the implementation of historical-investigative approach (HI) in physics classes. We understand as a historical-investigative approach, the use of investigative activities based on the history and philosophy of science, centered on the students and guided by the teacher. The main goals of the approach are to create teaching and learning situations that allow reflection on scientific and meta-scientific contents, to foster the learning of scientific concepts and the argumentation in class. The HI approach was used to create new guides for experimental kits on heat, optics, and mechanics of Experimentoteca of the Center for Scientific and Cultural Dissemination of University of São Paulo (CDCC-USP - located in the city of São Carlos). The new scripts were developed in partnership with public school teachers who are users of the Experimentoteca. The research methodology used was Design-Based Research (DBR) to integrate research with the development of educational interventions in learning environments. As framework for the analysis of the results, we adopted the Didactic Rhombus, proposed by Méheut and Psillos activities, which considers the epistemic and pedagogical dimensions of school knowledge. We also analyzed the Epistemic Practices, proposed by Silva and by Araújo, that occur along the edges of the Didactic Rhombus.

Keywords: Historical Investigative approach. Experimental activities. Science Teaching. Experimentoteca from CDCC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	História e Filosofia da Ciência na abordagem HI.	44
Figura 2 –	“Losango Didático”.....	45
Figura 3 –	Losango Didático com as práticas epistêmicas alocadas.	51
Figura 4 –	Esquema representativo dos Ciclos de Reflexão.	56
Figura 5 –	Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo.	59
Figura 6 –	Kits dos experimentos da área de Física.	60
Figura 7 –	Recorte de um dos relatórios dos alunos. Legenda: “Conforme foi apresentado no texto, o calor específico é uma propriedade específica de cada matéria, ou seja, uma matéria precisa de uma maior quantidade de calor do que uma outra substância [...]”.....	99
Figura 8 –	Recorte de um dos relatórios dos alunos. Legenda: “Quando diferentes objetos com massas diferentes estão em um local e são submetidos a mesma temperatura, o que determina se esse objeto esquentaria mais que o outro é o calor específico, que é o quanto de energia que o material pode absorver”.	99
Figura 9 –	Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento calor específico.....	101
Figura 10 –	Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de calor específico.....	102
Figura 11 –	Ilustração da alavanca e de seus pontos de apoio P1, P2 e P3.....	109
Figura 12 –	Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de máquinas simples.	118
Figura 13 –	Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de máquinas simples.	119
Figura 14 –	Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de máquinas simples.	120
Figura 15 –	Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de máquinas simples.	120
Figura 16 –	Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de máquinas simples. Legenda: “As roldanas facilitam na hora de puxar o peso, porque o peso é distribuído entre a quantidade de roldanas. Com uma	

roldana a força peso se igualou a 1N. Acrescentamos mais uma roldana e o peso foi distribuído dando o resultado de 0,5N”.	121
Figura 17 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de reflexão e refração da luz.....	131
Figura 18 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de reflexão e refração da luz.....	133
Figura 19 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de reflexão e refração da luz.....	134
Figura 20 – Recorte de um dos relatórios dos alunos contendo resumo do texto histórico e parte do procedimento experimental.....	135
Figura 21 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de reflexão e refração da luz.....	136
Figura 22 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de reflexão e refração da luz.....	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis das atividades/aulas investigativas.....	37
Tabela 2 – As práticas epistêmicas.....	49
Tabela 3 – Perfil dos professores colaboradores	61
Tabela 4 – Aplicação das atividades.....	62
Tabela 5 – Aplicação do roteiro sobre Calor Latente e Calor Específico	82
Tabela 6 – Aplicação do roteiro sobre Máquinas Simples	104
Tabela 7 – Aplicação do roteiro sobre Reflexão e Refração da luz	123

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	APORTES TEÓRICOS.....	23
2.1	HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA	23
2.2	ENSINO INVESTIGATIVO	30
2.3	ABORDAGEM HISTÓRICO-INVESTIGATIVA.....	38
2.4	O INSTRUMENTO DE ANÁLISE DAS ATIVIDADES.....	44
3	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO E PESQUISA	53
3.1	DESIGN BASED-RESEARCH E OS CICLOS DE REFLEXÃO	53
3.2	QUESTÕES E OBJETIVOS DA PESQUISA	57
3.3	A EXPERIMENTOTECA DO CDCC.....	58
3.4	SUJEITOS DA PESQUISA E TEMAS SELECIONADOS.....	60
3.5	COLETA DE DADOS	63
4	O DESENVOLVIMENTO DOS ROTEIROS	65
4.1.1	Problematização inicial	66
4.1.2	Papéis para o texto histórico.....	67
4.2	ANÁLISE DOS DESAFIOS ENFRENTADOS NA ELABORAÇÃO DOS ROTEIROS	69
4.3	USO DOS ROTEIROS.....	72
4.4	ELABORAÇÃO DOS ROTEIROS SOBRE CALOR LATENTE E CALOR ESPECÍFICO.....	73
4.5	ELABORAÇÃO DO ROTEIRO SOBRE MÁQUINA SIMPLES	76
4.6	ELABORAÇÃO DO ROTEIRO SOBRE REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ	77
4.7	POTENCIALIDADES AO IMPLEMENTAR A ABORDAGEM HI NOS ROTEIROS.....	78
5	SALA DE AULA: A IMPLEMENTAÇÃO DOS ROTEIROS	81
5.1	IMPLEMENTAÇÃO DO ROTEIRO SOBRE CALOR LATENTE E CALOR ESPECÍFICO	81
5.1.1	Problematização inicial e a investigação.....	87
5.1.2	Papéis do texto histórico na investigação.....	88
5.1.3	Os alunos e o processo de investigação científica na realização do experimento	94
5.1.4	Análise dos relatórios dos alunos.....	98
5.2	IMPLEMENTAÇÃO DO ROTEIRO SOBRE MÁQUINA SIMPLES	104
5.2.1	Problematização inicial e a investigação.....	105
5.2.2	Papéis do texto histórico na investigação.....	107
5.2.3	Os alunos e o processo de investigação científica na realização do experimento	109

5.2.4	Análise dos relatórios dos alunos	117
5.3	IMPLEMENTAÇÃO DO ROTEIRO SOBRE REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ	123
5.3.1	Problematização inicial e a investigação	124
5.3.2	Papéis do texto histórico na investigação	126
5.3.3	Os alunos e o processo de investigação científica na realização do experimento.....	127
5.3.4	Análise dos relatórios dos alunos	131
6	O OLHAR DO PROFESSOR PARCEIRO SOBRE A ATIVIDADE HI	139
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
	REFERÊNCIAS.....	155
	APÊNDICE A – ROTEIROS ORIGINAIS DA EXPERIMENTOTECA.	167
	APÊNDICE B – ROTEIROS REELABORADOS SOBRE CALOR ESPECÍFICO.....	185
	APÊNDICE C – ROTEIROS REELABORADOS SOBRE CALOR LATENTE.	195
	APÊNDICE D – ROTEIROS REELABORADOS SOBRE MÁQUINAS SIMPLES.	203
	APÊNDICE E – ROTEIROS REELABORADOS SOBRE REFRAÇÃO DA LUZ.	215
	APÊNDICE F – ROTEIROS REELABORADOS SOBRE REFLEXÃO DA LUZ.	225

1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1990, novas abordagens para o ensino de ciências foram sugeridas pela promulgação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) e da publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) visando um ensino de forma a contribuir para uma formação humana e profissional, desenvolvendo habilidades, conhecimentos e senso crítico, visando propor soluções para os problemas de interesse pessoal e social, promovendo o processo de ensino e aprendizagem e não o acúmulo e memorização de informações. Esses documentos destacam o uso da história e filosofia da ciência e o ensino através da investigação no ensino de ciências. Entendemos então que é urgente uma mudança no ensino de física, rompendo as práticas tradicionais da sala de aula e inserindo novas abordagens que resultem em transformações no processo de ensino-aprendizagem.

O presente trabalho investigou os desafios e possibilidades envolvidos na elaboração e implementação de atividades de ensino explorando a história da ciência e também atividades experimentais de cunho investigativo, em parceria com professores em serviço. Diversos autores (1-6) defendem a relevância e inclusão da dimensão histórica e filosófica no ensino de física, visto que esse processo pode ser compreendido como uma construção ao longo da história, que é influenciada por várias questões culturais, sociais e econômicas; e do ensino investigativo que pode contribuir para o ensino e aprendizagem do aluno. (7-13)

O ensino investigativo (EI) é uma metodologia caracterizada por atividades problematizadoras, que podem ou não conter atividades experimentais e outras abordagens. Visa tornar o aluno o protagonista da aula, buscando respostas para as situações propostas, permitindo a construção de conceitos, modelos, teorias e fazendo-o refletir e não apenas ter uma lembrança vaga e breve dos conceitos científicos, ou seja, é uma abordagem centrada na participação ativa do aluno, promovendo o aprendizado, em oposição à participação passiva no ensino tradicional. (7,9,13)

A história e filosofia da ciência (HFC) pode ser articulada com o EI, para trazer situações investigativas às salas de aula com base em episódios históricos que podem servir de substrato para reflexão e argumentação. (4,12) As duas abordagens juntas formam a chamada abordagem histórico-investigativa (HI) (14), centrada no aluno e orientadas pelo professor, de modo a criar situações de ensino e aprendizagem que propiciem a reflexão sobre conteúdos específicos da ciência e conteúdos metacientíficos, a prática experimental e a

argumentação, contribuindo para o aprendizado do aluno através de um conteúdo diferenciado.

Nessa pesquisa, a inserção da abordagem HI no ensino de física foi realizada através da reelaboração de roteiros dos kits de experimentos de física já existentes na Experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP - localizado em São Carlos). Atualmente, os roteiros seguem uma abordagem conhecida como “cookbook” (15), que limita o envolvimento e desenvolvimento cognitivo dos alunos. Portanto os roteiros são reelaborados de forma a auxiliar os alunos no processo de aprendizagem e o professor, ao trabalhar os experimentos numa perspectiva histórico-investigativa.

O envolvimento do professor nesse processo é essencial, dado que ele detém o saber docente e já conhece os roteiros da Experimentoteca, podendo, assim, contribuir de forma crucial para a superação de obstáculos didático-pedagógicos inerentes ao processo de inovação em sala de aula.

Adotamos como metodologia de desenvolvimento a Design Based Research (DBR) (16), adequada para trabalhos colaborativos e que integra a pesquisa e o desenvolvimento de intervenções educativas em ambientes de aprendizagem. Como referencial de análise, utilizamos o Losango Didático, proposto por Méheut e Psillos (17), que considera as dimensões epistêmica e pedagógica dos saberes escolares no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, analisamos a dinâmica discursiva dos alunos na aplicação das atividades HI buscando as práticas epistêmicas que emergem nas ações dos alunos. Essa pesquisa propõe conjugar temas de ensino que são ainda pouco pesquisados e propor alternativas para passar o discurso a favor da HFC para sua prática em sala de aula através do ensino por investigação.

Esta tese está estruturada em 7 capítulos. Inicialmente apresentamos os aportes teóricos, consistindo na discussão das abordagens de ensino que são utilizadas em nosso trabalho. No segundo capítulo discutimos a metodologia de pesquisa do trabalho, em que aparecem nossos objetivos e questões de pesquisas que responderemos ao longo da tese. Neste capítulo também discutimos a metodologia de desenvolvimento das atividades baseadas na Design Based Research. Além disso, apresentamos a Experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo. No capítulo seguinte discutimos de forma mais extensa a escolha e reelaboração dos roteiros dos kits experimentais

da Experimentoteca. No capítulo 5 apresentamos as análises e discussões dos dados coletados a partir do Losango Didático e das práticas epistêmicas. No capítulo 6 exibimos as impressões do professor participante em relação a atividade HI. Por fim, no último capítulo apresentamos a discussão final do trabalho expondo sua contribuição à área de pesquisa de Ensino de Física.

2 APORTES TEÓRICOS

A utilização de novas abordagens no ensino de ciências tem sido cada vez mais recorrente. Entre as abordagens, algumas vêm ganhando destaque nas últimas décadas. Entre elas estão o ensino baseado na abordagem investigativa e a inclusão da história e filosofia da ciência. (2,4,9,23,50) Ambas as abordagens são consideradas benéficas e podem proporcionar contribuições ao ensino e aprendizagem dos alunos. Assim, escolhemos trabalhar com as duas abordagens de forma a integrá-las, na chamada abordagem histórico-investigativa. (14)

Esta seção apresenta, portanto, a origem da abordagem histórico-investigativa. Nesse sentido, introduzimos a história e filosofia da ciência e a abordagem investigativa para posteriormente, discutir a abordagem histórico-investigativa, o modo que a entendemos e utilizamos na pesquisa.

Além disso, essa seção também apresenta o referencial de análise que será utilizado na pesquisa. Nesse caso, o losango didático proposto por Méheut & Psillos (17), que considera as dimensões epistêmicas e pedagógica dos saberes escolares no processo de ensino-aprendizagem.

Integram também nosso referencial de análise as práticas epistêmicas (108-109,111,116), entendidas como práticas relacionadas a produção comunicação e avaliação do conhecimento. No contexto da pesquisa, as práticas epistêmicas estão relacionadas com o processo de investigação dos alunos, compreendendo a comunicação entre alunos e seus pares e alunos e professor na construção do conhecimento.

Visto que o losango didático evidencia a interação entre professores e alunos, utilizamos as práticas epistêmicas para investigar a construção e comunicação do conhecimento por parte dos alunos frente às atividades elaboradas e aplicadas em sala de aula.

2.1 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

A seguir discutimos a noção da abordagem histórico-investigativa (HI) a partir da história e filosofia da ciência e o ensino investigativo. Iniciamos a discussão desta seção com a apresentação da história da ciência e do ensino investigativo.

Atividades em sala de aula que exploram o caráter inerentemente histórico e investigativo da Física, pautadas em leitura de textos científicos e fontes secundárias, bem como em atividades de cunho investigativo, podem servir de momento reflexivo para os estudantes acerca do fazer científico. (50,56-57,78)

Na metade do século XIX, especificamente em 1855, membros da British Association for the Advancement of Science (BAAS) se reuniram em Glasgow e chegaram à conclusão de que a história da ciência deveria estar presente na educação dos jovens, com o propósito de promover a própria ciência. (51) Em 1918, a mesma associação produziu um relatório reiterando que o ensino de ciências nas escolas deveria incluir aulas de história da ciência e biografias de cientistas de forma a humanizar a ciência e “[...] *fornecer um solvente para a barreira artificial entre os estudos literários e a ciência, usualmente encontrado nas escolas*”. (51, p.274) No mesmo ano um relatório do governo britânico, o Natural Science in Education (conhecido como Relatório Thompson), propôs algo semelhante ao que a associação britânica vinha sugerindo, ou seja, que a história e filosofia da ciência (HFC) fizesse parte da formação dos professores de ciências das escolas secundárias. (52) A proposta desses documentos ocorreu vagarosamente, e nos anos seguintes instituições de ensino ofereceram cursos de história da ciência buscando preparar os professores. (51-52)

Após a Segunda Guerra Mundial, a utilização da história da ciência no ensino de ciências passou novamente a ser buscada pelos educadores ingleses, visando um ensino de ciências mais contextualizado, ou seja, abordando os contextos éticos, sociais, históricos, filosóficos, científicos e tecnológicos. (4,51-52) A defesa da inserção desses conteúdos ocorreu pela conexão entre a British Society for the History of Science (BSHS – fundada em 1946) e a organização dos professores de ciências, promovendo o desenvolvimento de currículos e atividades sobre HFC. Apesar dessas iniciativas, a HFC permaneceu em segundo plano e os professores de ciência a utilizavam esporadicamente, em caráter opcional.

Nas décadas seguintes houve a produção de dois relatórios, *Alternatives for Science Education* em 1979 e *Education through Science* em 1981, que focavam na incorporação de materiais didáticos históricos e filosóficos para serem utilizados em sala de aula. Novamente, a tentativa de inserir a HFC nas escolas fracassou devido à aplicação desses materiais, visto que os professores não possuíam formação adequada, nem conhecimento necessário para lidar com esse tipo de material na época. (52)

Nos EUA, depois da Segunda Guerra Mundial, a Universidade de Harvard por iniciativa do professor James Bryant Conant tornou-se referência ao incluir a história da ciência ao ensino da ciência experimental. Ele publicou livros sobre o tema (*Compreendendo a ciência: uma abordagem histórica*, em 1947 e *Estudo de casos de Harvard sobre história nas ciências experimentais*, em 1957, tornando-se livro texto de muitos cursos de ciências) além de difundir o estudo de caso como abordagem metodológica nas disciplinas de ciências. (4,52)

Com as iniciativas de reformas dos currículos de ciências, foi desenvolvido na década de 1960 o Projeto de Física de Harvard (elaborado por Gerald Holton, James Rutherford, Fletcher Watson e outros) cujo objetivo era utilizar fundamentos teóricos, culturais e filosóficos da ciência para “*Ajudar os estudantes a ver a física como a atividade humana de muitos lados que realmente é. Isto significa apresentar o assunto em uma perspectiva histórica e cultural, e mostrar que as ideias da física têm uma tradição assim como formas de adaptação e mudança evolutiva*”. (53, p. III-IV)

Ao longo das décadas de 1970 e 1980, a expansão da inclusão da HFC nos currículos escolares foi proposta por diversos órgãos governamentais e educacionais de vários países. Entre eles estão os relatórios americanos Project 2061 e The Liberal Art of Science, ambos da American Association for the Advancement of Science (AAAS); Science for Every Student do Science Council of Canada (SCC) no Canadá; o Danish Science and Technology Curriculum da Dinamarca; o Physics Curriculum Development Project na Holanda e o British National Curriculum Council (NCC) na Inglaterra. Todos tendo como objetivo comum oferecer os fundamentos históricos, culturais e filosóficos ao currículo escolar, além de algumas outras propostas que incluíam a abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). (4,52,91)

Evidenciando a proposta americana, por exemplo, o Project 2061 recomenda que

[...] os cursos de ciências devem colocar a ciência em sua perspectiva histórica. Estudantes liberalmente educados [...] devem completar os seus cursos de ciências valorizando a ciência como parte de uma tradição intelectual, social e cultural [...]. Os cursos de ciências devem transmitir esses aspectos da ciência enfatizando suas dimensões éticas, sociais, econômicas e políticas. (4, p.10)

Do mesmo modo, o currículo britânico sugeria o estudo de exemplos científicos e do desenvolvimento de teorias, além de defender que os estudantes desenvolvessem

[...] seu conhecimento e entendimento sobre como o pensamento científico mudou ao longo do tempo e como a natureza desse pensamento e sua utilização são afetados pelos contextos sociais, morais, espirituais e culturais em cujo seio se desenvolvem. (52, p.167)

A inclusão da HFC no ensino de ciências contribui para um melhor entendimento dos conteúdos (teorias científicas e seus métodos); fornece uma aprendizagem contextualizada com a sociedade, economia e cultura; revela como a ciência funciona ao reviver os debates e experiências históricas; apresenta o conhecimento científico como provisório e mutável; entre outros. (50)

Ainda, segundo Martins (2)

*A própria compreensão dos resultados científicos mais complexos é virtualmente impossível, sem um conhecimento histórico. Pensem, por exemplo, nas nossas concepções sobre estrutura atômica, núcleo, elétrons, orbitais, etc. Sem se saber como de fato estabeleceu o tamanho dos átomos, núcleos, o número de elétrons de cada elemento, etc., esses conhecimentos não podem ser **compreendidos** – podem ser memorizados e repetidos. Sem a História, não se pode também conhecer e ensinar a base, a fundamentação da Ciência, que é constituída por certos fatos e argumentos efetivamente observados, propostos e discutidos em certas épocas. Ensinar um resultado sem a sua fundamentação é simplesmente **doutrinar** e não ensinar ciência. (2, p.4, grifo do autor).*

Além disso, conhecer sobre HFC permite compreender que a ciência é suscetível a transformações, ou seja, não foi criada e permanece do mesmo jeito até hoje, ela foi evoluindo e se transformando ao longo do tempo, enfrentando obstáculos e erros, destruindo dogmas e mitos, além de confrontar as concepções equivocadas que alguns livros didáticos trazem, construindo o conhecimento científico, pois

[...] a busca de aproximações faz parte do método da ciência e a abordagem histórica nos permite constatar que o saber científico não é meramente transmitido, revelado ou adquirido pela simples observação. Ele é construído a partir de referências múltiplas, num processo de ir e vir constante e incansável, [...]. A história ajuda a reconhecer a ciência como uma reconstrução possível. (70, p.103).

Segundo Matthews (52) a inserção da HFC no processo de ensino-aprendizagem é benéfica, pois

[...] podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do ‘mar de falta de significação’ que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, dar uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (52, p. 165)

Apesar dos benefícios em utilizar a HFC no ensino, Martins (2) ainda chama a atenção de que os acontecimentos históricos abordados no ensino tradicional são restritos a fatos, anedotas e heróis, mostrando uma visão distorcida do fazer ciência. Muitas vezes os acontecimentos históricos são desvinculados de sua origem e os nomes dos “grandes gênios” são usados erroneamente, ou seja, se dá notoriedade para um cientista mais conhecido, mas que não foi exatamente o precursor de tal acontecimento. Segundo Menezes (71) “*[...] no ensino convencional de Física, considerações históricas sobre descobertas etc., têm um papel meramente ilustrativo ou anedótico ao invés de ser parte efetiva do processo educacional. Aprende-se uma ciência que parece estar estruturada marginalmente ao contexto social e às condições socioeconômicas*”. (7, p. 94)

Apesar das contribuições positivas da HFC no ensino, consideradas há décadas e apontadas acima, e das críticas como de Martins (2) e Menezes (71), ainda hoje livros e textos didáticos que tentam fazer uma abordagem nesse sentido falham, visto que trazem ênfases nos cientistas e seus trabalhos e não discutem de fato a história da ciência. (72-73)

Seguindo a tendência das propostas americanas e britânicas, vários países tomaram a iniciativa da inclusão da história da ciência em seus currículos como, por exemplo, Itália, Japão e Espanha. No Brasil esse movimento se iniciou na década de 1970, através da introdução do Projeto de Física de Harvard com forte utilização da história da ciência e com o intuito de promover a aprendizagem dos conceitos científicos além de motivar os alunos. (91)

No que se refere às mudanças necessárias para a atualização dos currículos de física a partir da abordagem histórico-filosófica, diversos autores (1-2,5-6,55,57-58,60,63-64,67-

68,70) defendem sua relevância e inclusão, pois esta pode contribuir para evitar visões distorcidas sobre os processos e fatores envolvidos na construção do conhecimento científico, de seu método e de suas relações com os seus condicionantes sociais, proporcionar o desenvolvimento de atividades em sala de aula que favoreçam a aprendizagem de conceitos e procedimentos típicos da atividade científica; entre outras coisas.

De uma maneira geral, a física é ensinada por memorização de fórmulas e alguns conceitos, com repetições de exercícios muito semelhantes e muitas vezes descontextualizados. (54) A abordagem histórico-filosófica pode mitigar essa situação pois aborda a física como um processo evolutivo, cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, através de contribuições culturais, econômicas e sociais, discute dificuldades conceituais e os caminhos teóricos e experimentais que levaram à construção dos conceitos aceitos atualmente e permite conexões entre diferentes tópicos e disciplinas da ciência e expõe a natureza interdependente e integrada das realizações humanas. (4,59,68-69)

Os documentos oficiais para a Educação Básica no Brasil produzidos nas duas últimas décadas incorporam, com diferentes ênfases, as recomendações para a inclusão da HFC feitas pelas comunidades nacionais de pesquisadores em ensino e em história da ciência. As orientações gerais nos PCNs para o ensino médio (PCNEM), detalhado em 2002 através dos PCNs+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, aponta para a relevância da HFC no ensino de ciências. Esse documento sugeria o uso da HFC relacionada às questões sobre ciência, tecnologia e sociedade, natureza da ciência e a relação entre a HFC com outras matérias. O propósito era a contextualização sociocultural do conhecimento científico visando à formação de indivíduos críticos e com autonomia intelectual. O documento também ressaltava que *“a física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais [...]”*. (74, p. 59)

Além da atualização dos PCNs+, em 2006 houve a elaboração das Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) com o objetivo de aproximar o diálogo entre o professor e a escola. Esse documento ressalta que a formação dos alunos deve ser tal que possibilite um pensamento crítico e lógico; no caso da disciplina de física,

Um tratamento didático apropriado é a utilização da história e da filosofia da ciência para contextualizar o problema, sua origem e as tentativas de solução que levaram à proposição de modelos teóricos, a fim de que o aluno

tenha noção de que houve um caminho percorrido para se chegar a esse saber. (75, p. 50)

Atualmente a BNCC também incluiu a história da ciência como uma abordagem que pode propiciar ao aluno diferentes visões do mundo, contextos e intencionalidades de forma a construir posições e tomar decisões, valorizando e utilizando “*os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva*”. (35, p. 9)

Infelizmente, apesar das diretrizes educacionais do Brasil e outros países estimularem o uso da dimensão histórico-filosófica no ensino, isso ocorre de forma esporádica em sala de aula. Vários fatores podem contribuir para isso, como por exemplo, as habilidades, atitudes e crenças dos professores; a cultura do ensino de física ser distinta das culturas de ensino de outras disciplinas (estilos de comunicação e interação entre professor e aluno, conteúdo que o professor considera relevante para ensinar, a física é constituída de memorização de fatos e conceitos); quadro institucional do ensino de ciências nas escolas com o foco no currículo (estruturas curriculares e estratégias de avaliação); falta de conteúdo de HFC nos livros didático. (49,73)

Por outro lado, a inclusão da HFC no ensino tem sido objeto de diversas pesquisas e iniciativas de formação docente, havendo vários exemplos recentes de iniciativas de sucesso, como Castro (58), Vannucchi (55), Heering (56), Höttecke (59), Peduzzi (54), Allchin (65), Silva e Martins (68), Metz e colaboradores (61), HIPST Project (50), Quintal & Guerra (57), Forato (63), Prestes & Caldeira (64), Henrique & Silva (62), Metz (60), Allchin e colaboradores (66), Silva & Guerra (67).

Explorar a historicidade do conhecimento científico no ensino da Física não é algo simples e os vários aspectos envolvidos precisam ser mais bem investigados. Além da pesquisa histórica e epistemológica, a investigação acerca dos aspectos didático-metodológicos é essencial para fundamentar como abordagens históricas podem ser inseridas no processo educacional. Portanto, construir estratégias de ensino que incorporem a história e filosofia da ciência não é algo trivial para o professor, que deve possuir um conhecimento de história da ciência, além de saber utilizar os dados históricos e deter de procedimentos e métodos inerentes da prática científica. (73,76-79)

2.2 ENSINO INVESTIGATIVO

As abordagens pautadas na história da ciência também podem ser conciliadas com as práticas investigativas, uma vez que o tema investigado pode ser associado a um determinado episódio histórico, citando as considerações aplicadas, as interpretações e os passos para finalizar um problema. (14,50)

Nos últimos anos, o ensino investigativo tem sido considerado como uma abordagem capaz de desenvolver competências pertinentes ao fazer científico e também competências de caráter geral como leitura, reflexão, argumentação, entre outras. (7-12,18-23,97)

A abordagem conhecida em inglês como “*inquiry learning*” foi proposta nos Estados Unidos no final do século XIX por Charles Eliot (1834-1926), químico e reitor da Universidade de Harvard. Eliot expôs a necessidade de ensinar ciências, a importância da contribuição das atividades práticas e da utilização de laboratórios no currículo universitário. (24) Nessa mesma época, Herbert Spencer (1820-1903), filósofo e cientista social, publicou o artigo intitulado *What knowledge is of most worth?*, discutindo a inserção da ciência no currículo escolar. Para ele, o laboratório era uma oportunidade de os alunos aprenderem os conceitos presentes nos fenômenos naturais que os livros não traziam e que as crianças deveriam “[...] *ser levadas a fazer suas próprias investigações e tirar suas próprias conclusões. Elas devem ser informadas o mínimo possível e induzidas a descobrir o máximo possível*”. (25, p.124-125) O ensino por investigação nessa época tinha como objetivo o desenvolvimento pessoal dos alunos e o desenvolvimento do raciocínio indutivo através das atividades práticas e laboratoriais. (24)

Em 1924 o termo “*inquiry*” passou a ser usado em um relatório do Committee on the Place of Science in Education da American Association for the Advancement of Science (AAAS), que enfatizava o valor do pensamento científico, a importância da experimentação e observação, além de ressaltar o método investigativo como a melhor abordagem para se ensinar ciências. (26) Nesse contexto e ainda na primeira metade do século XX, essa abordagem foi defendida pelo filósofo e pedagogo americano John Dewey (1859-1952), adepto do ensino centrado na vida e na atividade, aliando a teoria à prática. Suas ideias surgiram em um momento em que os EUA passavam por uma crise no desenvolvimento econômico, culminando em um conjunto de medidas governamentais para conter o

desemprego e a falências das empresas. Nesse escopo, Dewey posiciona-se para a necessidade de uma educação escolar que contribuísse para uma sociedade mais humanizada. Para isso, os professores deveriam utilizar a ciência de forma a mudar pensamentos e atitudes dos alunos que não se adequassem a essa sociedade: uma sociedade mais democrática, que buscava igualdade para os indivíduos. (26-28,30)

Dewey argumentou que os alunos deveriam investigar a natureza do ambiente físico e social, fazendo perguntas e tentando respondê-las. Ele chamou isso de “experiência”*, e para ele, a experiência e a aprendizagem caminham juntas. (30) Ele afirma

Uma árvore pode ser somente um objeto da experiência visual, pode passar a ser percebida de outro modo se entre ela e a pessoa se processarem outras experiências como a utilidade, aspectos medicinais, econômicos, etc. Isso fará o indivíduo perceber a árvore de modo diferente. Depois dessa experiência, o indivíduo e a árvore são diferentes do que eram antes (29, p.114).

Em sua proposta sobre “inquiry learning” professores e alunos definem um problema, os alunos sugerem uma solução, desenvolvem e testam essa sugestão para formular uma conclusão. (30) Essa proposta investigativa de Dewey serviu de base para a elaboração de uma proposta de ensino de ciências para a educação dos EUA, a *Science in Secondary Education*, em 1937. Mas, apesar de seu esforço, essa abordagem não foi introduzida na primeira metade do século XX. No entanto, a ideia de inserir a investigação científica na sala de aula foi retomada várias vezes ao longo do século XX.

No Brasil, as reformas curriculares no ensino de ciências nas décadas de 1950 e 1960, ocorreram em um momento em que o país sofria a falta produtos industrializados devido a Segunda Guerra Mundial. Para sair da dependência de outros países, o país precisava progredir em ciência e tecnologia. Logo, as mudanças curriculares deveriam incentivar a investigação científica e impulsionar o desenvolvimento científico e tecnológico. (28)

Nessa perspectiva, em 1946, foi criado o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) cujo objetivo era melhorar o ensino de ciências através de investigações científicas e introduzir o método experimental nas salas de aula. Em 1955 o IBECC realizou o projeto “Iniciação Científica”, que produziu kits experimentais sobre química, física e

* Para Dewey “experiência” é a integração da ciência com a atividade humana, ou seja, trazer a vivência para a sala de aula e refletir, desenvolvendo o conhecimento. (30)

biologia, apoiado pelo Ministério da Educação, Fundação Ford e Fundação Rockefeller dos EUA e Fundação Nuffield da Inglaterra. (28,31) Os kits eram voltados para alunos dos níveis primário e secundário e consistiam em um caixa com materiais suficientes para um ou dois experimentos, um roteiro com instruções para a execução e material de leitura complementar. Ao utilizar os kits esperava-se que os alunos fizessem suas próprias investigações realizando os experimentos e solucionando o problema, desenvolvendo uma atitude científica. (31)

Essencialmente podemos resumir que o ensino investigativo na primeira metade do século XX, tanto nos EUA quanto no Brasil, era visto como forma de desenvolver habilidades científicas nos estudantes de forma a solucionarem problemas específicos.

Já na segunda metade do século XX, o lançamento do satélite artificial russo Sputnik I (em 1957) colocou a Rússia em evidência, fazendo com que os EUA se questionassem sobre a qualidade dos professores de ciências e o currículo utilizado nas escolas. Com isso, um forte incentivo para a valorização da ciência e tecnologia aconteceu, iniciando assim uma corrida de melhorias na educação. Os EUA deram início a reformas educacionais, tanto nos currículos de ciências e produção de materiais didáticos, quanto na formação de professores de química, física e biologia. O modelo adotado baseava simular a atividade científica enfatizando os caminhos que os cientistas percorriam ao gerar novos conhecimentos. (26,28)

Ao final da década de 1950, órgãos governamentais nos Estados Unidos relacionados à educação e financiados pela National Science Foundation (NSF) produziram alguns materiais didáticos. Entre eles o Biology Science Curriculum Study (BSCS) para biologia, que teve a contribuição de Joseph Schwab, frequentemente associado à noção de investigação. Esse material objetivava que os alunos fossem mais ativos nos laboratórios, evidenciando a investigação. O Physics Science Study Committee (PSSC) lançado no MIT (Massachusetts Institute of Technology), que pretendia substituir a memorização de fórmulas por abordagens lógicas e experimentais. E por fim o Chemical Bond Approach (CBA) para química, cujo conteúdo se baseava na ideia do aluno se portar como um cientista, ou seja, a partir de um problema/questão proposto, o aluno iria observar, classificar, inferir, coletar dados, controlar as variáveis, interpretar, discutir, argumentar, refletir e concluir. (27-28)

Entre 1961 e 1964, os materiais didáticos de ciência oriundos dos EUA, tais como o BSCS, PSSC, CBA, foram traduzidos para serem usados nas escolas do Brasil (com o financiamento da Fundação Ford). Todo esse material era baseado “[...] *no conceito de ciências como um processo de investigação e não só como um corpo de conhecimentos*

devidamente organizados”. (31, p.1973) Nessa mesma época, contando com o financiamento da Fundação Ford, o IBCEC produziu outros materiais, como a coleção “Cientistas de amanhã” (em 1965, com 21 kits), a Coleção “Mirim” (em 1966, com 30 kits) e o projeto “Ciências para o curso primário” (em 1968, com livros textos para alunos e professores). Todo esse material objetivava tornar o ensino experimental, visto que “[...] *todos os materiais produzidos foram planejados para desenvolver nos alunos o espírito crítico e o raciocínio, pela vivência do método científico*”. (31, p.1976)

Na década de 1990, a investigação voltou a ser defendida como metodologia para o ensino de ciências. Nos EUA o Project 2061 do Science for All Americans (1990) objetivava a contextualização dos conteúdos científicos, alfabetização científica e recomendava que o ensino de ciências fosse consistente com a natureza da investigação científica, ou seja, os alunos deviam aprender alguns procedimentos como observar, anotar, manipular, descrever, indagar e obter respostas. O National Science Education Standards (1996) do National Research Council (NRC) fornecia orientações sobre conteúdo, estratégias, avaliações, com foco na investigação científica. Além desses relatórios, em 2000 houve a publicação do volume intitulado Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning, que trazia exemplos de aulas investigativas e identificava alguns parâmetros essenciais ao ensinar pelo método investigativo. (26-28)

Em 1997, a abordagem de ensino que contempla atividades investigativas foi inserida implicitamente nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Esse documento destacava que os alunos podiam trabalhar temas diversos e realizar experimentos para investigar fenômenos, aspectos ou situações, e recomendava ser importante no processo de investigação a intervenção do professor, visto que é o responsável por

[...] apresentar ideias gerais a partir das quais o processo de investigação sobre o objeto possa se estabelecer. A apresentação de um assunto novo para o aluno também é instigante, e durante as investigações surgem dúvidas, constroem-se representações, buscam-se informações e confrontam-se ideias. (33, p. 28).

Em 1998, os PCN sugeriu a investigação, defendendo que

[...] o desenvolvimento de atitudes e valores é tão essencial quanto o aprendizado de conceitos e de procedimentos. Nesse sentido, é responsabilidade da escola e do professor promoverem o questionamento, o

debate, a investigação, visando o entendimento da ciência como construção histórica e como saber prático, superando as limitações do ensino passivo, fundado na memorização de definições e de classificações sem qualquer sentido para o aluno. (34, p. 62)

Recentemente o MEC divulgou a proposta preliminar da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em substituição aos PCNs para o ensino fundamental. Esse documento apresenta como condições gerais para que o processo de ensino aprendizagem ocorra,

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e inventar soluções com base nos conhecimentos das diferentes áreas. (35, p. 9)

No presente texto, apresentamos como a abordagem investigativa é inserida em currículos brasileiro e estadunidense. No entanto ela está presente em currículos de vários outros países. (7,24,26) Apesar do reconhecimento de sua importância, não há consenso, entre a comunidade brasileira de educadores em ciências, sobre quais aspectos devem estar presentes em atividades investigativas. Temos como exemplos (evoluindo ao longo dos anos), alguns autores e suas concepções de atividade investigativa (12):

- Para Gil-Perez (36), a investigação deve constituir-se de estratégias (usando ou não experimentos) que levem os estudantes a confrontar ou corroborar as hipóteses formuladas diante de uma situação problemática proposta adequadamente ao nível de dificuldades dos alunos. A análise e a interpretação dos resultados obtidos são importantes e devem também fazer parte da estratégia de ensino.
- Para Almeida (37), a atividade investigativa deve levar o aluno a compreender e explicar o problema selecionado (pode incluir problemas cotidianos, sociais e culturais). Caso envolva experimentos, as análises das variáveis presentes, a identificação, controle e manipulação do mesmo são muito importantes.
- Para Azevedo (38), uma atividade investigativa não precisa necessariamente conter um experimento de laboratório, ela precisa ser tal que leve os alunos a refletir, discutir, explicar, descrever, e não somente observar o fenômeno e manipular objetos. Os alunos também devem ser muito

participativos e a atividade deve girar em torno de uma situação problema que os levem a diálogos e argumentações de forma a proporcionar a aprendizagem de conceitos.

- Para Sasseron (147), a atividade investigativa deve fazer com que o aluno tenha papel ativo na construção do conhecimento científico. O professor deve instigar os alunos em discussões pela busca da solução de um problema. A análise de dados, comparação e avaliação de dados também são importantes.

- Para Carvalho (8), a atividade investigativa não deve ser somente uma atividade que contém uma manipulação de dados. O problema proposto deve estar inserido no cotidiano dos alunos e deve levá-los a pensar, refletir, discutir, indagar e explicar. Também é necessário que o professor assuma o papel de mediador e não de transmissor de informações, ajudando os alunos

[...] a construir seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão, em vez de fornecer-lhes respostas definitivas ou impor-lhes seus próprios pontos de vista transmitindo uma visão fechada das ciências. (8, p.3)

No início da década de 2010, a professora Anna Maria Pessoa de Carvalho (9-10), da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, desenvolveu as chamadas sequências de ensino investigativo (SEIs). As SEIs são sequências de aulas sobre um determinado tópico escolar em que cada atividade é planejada proporcionando aos alunos conhecimento novo a partir de conhecimentos prévios, visando propiciar a construção do conhecimento.

Segundo a autora, os pontos essenciais das sequências de ensino investigativo são: o problema ser relevante, oferecer oportunidades de passagem da ação manipulativa para a intelectual, a solução de um problema levar a diferentes explicações e o professor, através de questionamentos, auxiliar os alunos na construção do conhecimento. Ela ainda destaca que no processo da construção do conhecimento deve haver especial atenção à participação ativa do aluno, relação entre aluno e seus pares, ao papel do professor na elaboração dos problemas de forma a direcionar o raciocínio dos alunos, à criação de um ambiente que encoraje os alunos à discussão com seus pares e com o professor, entre outros.

Apesar de diferentes abordagens, há aspectos consensuais em que consiste o ensino por investigação (9-13,19-20):

- Construção ou proposição de um problema a ser introduzido aos alunos;
- O problema deve favorecer a criação de hipóteses, ideias, debates, reflexões e argumentações entre os alunos;
- Depois das observações sobre o fenômeno/situação feitas pelos alunos, há o processo de coleta de dados e avaliação dos dados, em busca de um resultado (caso a experimentação faça parte da atividade);
- O conhecimento do aluno deve ser aplicado ao problema, sob orientação do professor;
- Confronto das expectativas iniciais do problema com a análise e discussão dos dados experimentais para obtenção de uma resposta;
- Relatar a resposta final e discuti-la entre os alunos e o professor para a finalização do problema.

O ensino investigativo visa, entre outras coisas, que o aluno assuma algumas atitudes típicas do fazer científico como indagar, refletir, discutir, observar, trocar ideias, argumentar, explicar e relatar suas descobertas. Isso faz com que o ensino investigativo se torne uma abordagem em que os professores deixam de fornecer conhecimentos para os alunos, que passam a ser mais ativos, deixando o papel de meros receptores de informação.

Portanto, quando se realiza uma atividade de investigação em sala de aula, seguindo esses aspectos mencionados acima, os alunos são ativos na busca de soluções para os problemas propostos. No entanto, é necessário que as atividades contribuam para o desenvolvimento da capacidade de reflexão dos alunos, de modo que o conhecimento anterior gere um novo. Assim, o professor deve orientar os alunos ao longo do processo de investigação, proporcionando condições para que entendam e compreendam o que estão fazendo.

O nível de envolvimento e desempenho do professor e dos alunos em atividades de investigação definem o nível de investigação da atividade. Vários pesquisadores discutem quão investigativa uma classe ou atividade pode ser. (39-44) A partir da proposta original de Pella (40), Carvalho (44) definiu cinco níveis de investigação (tabela 1):

Tabela 1 - Níveis das atividades/aulas investigativas

	Nível I	Nível II	Nível III	Nível IV	Nível V
Problema	P	P	P	P	A
Hipótese	P	P	P	A	A
Plano de Trabalho	P	P	A	A	A
Coleta de dados	A	A	A	A	A
Conclusão	P	A	A	A	A

Fonte: CARVALHO (44). Legenda: P - Professor, A - Aluno.

O nível I não caracteriza uma atividade investigativa, pois o problema, hipótese, plano de trabalho e conclusões são propostos pelo professor. Nesse tipo de aula, o professor tem participação ativa na aula e o aluno obtém os dados do experimento seguindo as instruções indicadas. Esse tipo de aula é o mais encontrado no ensino tradicional e nos manuais experimentais de laboratórios, tanto da educação básica quanto do ensino superior.

A partir do nível II a atividade começa a ganhar um enfoque investigativo. Os alunos têm liberdade de tirar suas próprias conclusões a partir dos resultados experimentais, que são obtidos por eles mesmos, e de discutir entre grupos e com a classe a solução para o problema. Entretanto o problema proposto, a hipótese para sua solução e o plano de trabalho para a realização do experimento são propostos pelo professor. Apesar dessa abordagem ser mais centrada no professor, não deve haver problemas do tipo “prove que...”, “comprove que...”, em que as conclusões são fechadas. Como exemplifica Carvalho, “*em vez da proposição ‘prove que a aceleração da gravidade é $9,8 \text{ m/s}^2$ ’ o problema a ser proposto seria ‘qual a aceleração que você pode obter? E por quê?’*”. (44, p. 55)

No nível III há um enfoque maior no fazer científico, em que o professor propõe um problema aos alunos e fornece hipóteses para sua resolução. Dessa forma os alunos podem propor um plano de trabalho para testar as hipóteses, obter os resultados e tirar suas próprias conclusões a partir dos dados. Nesse nível cabe ao aluno propor um procedimento experimental para testar a hipótese.

O nível IV é caracterizado pelo professor somente propondo um problema aos alunos, sendo eles os responsáveis pelo resto do processo, ou seja, lançar hipóteses, sugerir um plano de trabalho, testar, obter os dados e tirar conclusões.

Por fim, o nível V é o nível considerado para cursos de mestrado e doutorado em que há total liberdade do aluno, que propõe inclusive o problema e tenta resolvê-lo.

A princípio, para os últimos níveis (III à V), em que os alunos devem propor hipóteses para o problema em questão, é importante que o problema proposto seja de interesse do aluno, para que ele se sinta engajado em investigá-lo e resolvê-lo, de forma com que não se sintam desmotivados e desistam de toda a atividade.

Do ponto de vista didático, a atividade de investigação deve contemplar a aprendizagem, promover a formação de conceitos, compreensão da dinâmica do trabalho científico, desenvolvimento de pensamento crítico, reflexão sobre os fenômenos naturais, o desenvolvimento da argumentação, entre outros. O papel do professor é crucial, já que ele é o mediador do processo investigativo e é sua função fornecer as condições e orientações para os alunos compreenderem o que estão fazendo para resolver o problema proposto.

Atualmente, há muitas dificuldades na inserção do ensino investigativo nas escolas. Isso decorre de problemas como, a falta de cursos de formação para o professor, os livros textos serem no estilo “cookbook”, falta de material e recursos de qualidade em português, insegurança que os professores possuem na utilização dos laboratórios e realização dos experimentos, gerenciar uma turma grande, falta de tempo, entre outros. (20,27,45-49) Sem a ajuda de instituições de ensino e órgãos governamentais atuando na formação inicial e continuada de professores, esses obstáculos fazem com que os professores abdicuem da abordagem investigativa e continuem a utilizar o ensino tradicional em sala de aula.

2.3 ABORDAGEM HISTÓRICO-INVESTIGATIVA

De acordo com os autores Heering & Höttecke (14) e Pinho (80), abordagens complementares podem ser utilizadas ao estudar a HFC. Entre as várias alternativas metodológicas e abordagens complementares há a abordagem histórico-investigativa (HI), que contempla a inserção da HFC no ensino de ciências integrada com a abordagem

investigativa. A HI visa motivar e ensinar conceitos científicos de uma forma mais crítica, explicitando dificuldades e conquistas e contextualizando os conteúdos a serem trabalhados em sala de aula.

A abordagem histórico-investigativa pode ou não conter experimentos. No caso desta pesquisa entendemos como abordagem histórico-investigativa a inserção do uso da história da ciência em atividades experimentais de cunho investigativo de forma a criar um mecanismo de ensino e aprendizagem centrado no aluno e orientado pelo professor. Assim, ao utilizar a abordagem histórica aliada à investigativa, os estudantes podem ser levados a discutir, dividir opiniões e conhecimentos e debater sobre as diferentes interpretações e teorias. Isso, pois o ensino investigativo se concentra “[...] *tanto no aprendizado dos conceitos, termos e noções científicas quanto no aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica*” (10, p.13) e ao fazer o debate histórico juntamente com os experimentos, há a revelação de como a ciência acontece, é criada, construída e funciona. (50,81-86)

Salientamos que a atividade histórico-investigativa não prepara os alunos para manipular materiais automaticamente em busca de um resultado numérico, como normalmente ocorre em aulas de laboratório tradicionais. Na abordagem HI é esperado que os estudantes se envolvam em uma investigação através da participação ativa. Não é suficiente que os alunos desfrutem da experiência. Com a mediação do professor, os alunos problematizam uma situação, contextualizam e relacionam com o conteúdo, criam hipóteses que são discutidas e testadas experimentalmente, e interpretam seus resultados.

Segundo Heering & Höttecke (14), a abordagem histórico-investigativa (HI):

- Contextualiza a ciência com sua história e filosofia;
- Enfatiza os aspectos sociais e culturais da história e da filosofia;
- Possibilita o ensino e aprendizagem de ciências;
- Permite que os alunos explorem por conta própria os fenômenos naturais;
- Possibilita a reflexão dos alunos sobre suas ações e fomenta habilidades de raciocínio;
- Conecta as atividades investigativas com a ciência do passado.

Heering & Höttecke (14) afirmam que ao utilizar e manipular experimentos os estudantes não irão testar somente as hipóteses conhecidas, mas adquirir entendimento pela

interação teórica, material e humana, desenvolver habilidades e refletir em uma investigação própria e na relação que há com um determinado contexto histórico. Além disso, ao conduzir uma investigação científica, os estudantes podem contextualizar a ciência com sua história, possibilitar a aprendizagem sobre a natureza da ciência, permitir reflexões críticas de suas próprias ações e aprendizagens, além de promover habilidades de raciocínio, basear as investigações em pesquisas relacionadas à ciência do passado, enfatizar os aspectos culturais, sociais e materiais da ciência, entre outros. (14) Dessa forma, eles discutem outras estratégias de ensino fundamentadas na abordagem HI que podem ser utilizadas no ensino de ciências:

- Narrativas[†] históricas com experimentação: os alunos, através de suas ideias e conhecimentos prévios, interagem com as ideias de narrativa histórica para realizar um experimento. Neste caso, os alunos formulam ideias e hipóteses e testam para comparar com o trabalho original,
- Narrativa sobre história da ciência: os professores orientam os alunos na narrativa, por meio de um processo de análise crítica para discutir, interagir e questionar sobre a história da ciência apresentada,
- Manuscritos e diários de laboratórios de cientistas: utilizam fontes primárias que podem fornecer uma base confiável para a compreensão da ciência. Esse tipo de abordagem mostra aos alunos que alguns dos questionamentos que eles possuem atualmente sobre determinado problema foram os mesmos que os cientistas enfrentaram. Os experimentos descritos nos diários podem ser efetuados pelos estudantes de forma a mostrar as dificuldades e erros que os cientistas enfrentaram,
- Instrumentos/aparatos do passado: reconstrução de experimentos históricos ou experimentação através de aparatos originais. Essa abordagem fornece aos alunos o entendimento sobre como a construção de um conhecimento científico foi desenvolvido e contextualiza os experimentos, materiais e instrumentos utilizados na época,
- Materiais modernos: podem fornecer aos alunos a compreensão do processo da ciência e também permitem o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas dos alunos,

[†] Narrativa pode se referir à descrição e discussão de um experimento ao longo da história, elaboração de um texto com um discurso histórico, discussão de uma situação histórica, entre outros. (14)

- Museus e centros de ciências: através de experimentos históricos e originais contidos nos museus, os alunos exploram e analisam os fenômenos físicos no contexto histórico da época, permitindo uma visão sobre a cultura material da experimentação científica.

Allchin e colaboradores (81,87) consideram importante utilizar “casos” e “problemas” no ensino, pois situam o conhecimento em um contexto real, focam em situações específicas, usando um ensino orientado ao aluno e contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. (81) Os autores acreditam que os alunos ao trabalharem em casos ou problemas, exercitam o pensamento crítico e reflexivo, desenvolvem habilidades de análise e interpretação, podem refletir sobre sua experiência e assim compreender as práticas científicas. (81,87) Allchin (81,87) cita estratégias que utilizam o EI e a HFC e podem ser usadas no ensino:

- Casos contemporâneos são casos ainda não resolvidos e mostram uma ciência que ainda está caminhando (“in-the-making”). Nesta abordagem são utilizados artigos de jornais contemporâneos e materiais dos meios de comunicação, de forma a promover o desenvolvimento crítico do aluno e mostrar a evolução da ciência. Além disso, ao analisar casos os alunos percebem aspectos da ciência como a incerteza, a subjetividade, as tentativas, diferentes perspectivas, papéis sociais e interesses políticos.

- Investigações orientadas aos alunos englobam problemas, hipóteses, ideias, discussões, comunicações, testes experimentais, coleta de dados, análise e interpretação dos dados, explicações. Este tipo de abordagem desenvolve as habilidades em práticas científicas nos alunos. Allchin cita duas estratégias que são orientadas aos alunos e utilizam casos/problemas: Case-based learning (CBL) e Problem-based learning (PBL). No CBL os casos podem ser narrativas ou somente um cenário para que o aluno entenda como um conhecimento foi gerado e no PBL os problemas são apresentados aos alunos que assumem um papel ativo para encontrar a solução à este problema.

- Casos históricos podem mostrar as críticas, debates, perspectivas culturais e sociais, as motivações, problemas e erros que os cientistas enfrentaram. Esses aspectos promovem o entendimento do conhecimento, a função das teorias, a natureza da observação e do experimento, as diferentes interpretações científicas que podem surgir.

O mesmo autor acredita que essas abordagens (ou qualquer outra) sozinhas não são efetivas e por isso devem ser integradas entre si. O modelo utilizado por ele se baseia em narrativas históricas como guia para investigação, objetivando o ensino da ciência. (66) Para que isso ocorra, são citados alguns elementos que devem estar presentes na estrutura desta abordagem:

- Contexto motivacional da história, tanto cultural quanto biográfico, e que consista em perguntas para serem investigadas,
- Formato narrativo com um exemplo de caso, mostrando uma explicação histórica do processo de ciência,
- A narrativa deve ser de tal forma que tenha uma pausa para o pensamento investigativo,
- Perspectivas históricas que mostrem a incerteza da ciência, ou seja, que a ciência está em construção,
- Questões que problematizam a natureza da ciência e promovem a investigação da natureza da ciência,
- Finalização da investigação e narrativa histórica,
- Reflexão das lições da natureza da ciência.

Höttecke e Riess (88) e Henke, Höttecke e Riess (89) também defendem uma abordagem para o ensino de ciências que envolve a participação do aluno e o uso da história da ciência. Para os autores é importante que a atividade seja centrada no aluno para proporcionar a observação, discussão e experimentação, promovendo o ensino e aprendizagem de ciências. Dessa forma o método utilizado por eles inclui o desenvolvimento de um modelo inspirado no ensino investigativo e uso de réplicas de experimentos históricos, de forma que os alunos elaboram seus próprios experimentos, relacionando-os com os descritos no passado. Os autores também desenvolveram estudos de casos históricos para o uso em sala de aula com atividades centradas nos alunos utilizando diferentes estratégias didáticas. Dentre elas:

- Escrita criativa na qual os estudantes escrevem cartas, diários, diálogos, comentários e representações a partir da perspectiva de um personagem fictício. A escrita criativa faz com que os alunos compreendam a ciência e os cientistas por suas próprias

perspectivas, entendimento de suas próprias ideias sobre a natureza da ciência e conceitos científicos,

- Atividades de encenação em que os estudantes exploram conflitos entre cientistas, e os motivos das controvérsias científicas além de tentar solucioná-las. Esse método humaniza os cientistas e promove um melhor entendimento sobre a natureza da ciência. Os autores ainda citam que quanto mais envolvidos os alunos estão na encenação, maior a compreensão de conceitos científicos complexos,
- Reconstrução de réplicas de aparatos e instrumentos históricos. Esse método tem como objetivo focalizar no caráter processual e na situação sobre aquele momento da história, havendo assim uma contextualização sobre o momento,
- Atividades investigativas por problemas, ações ou ideias de cientistas, nos quais os alunos buscam uma resolução de um problema explorando como os cientistas desenvolveram instrumentos e interpretaram resultados e chegaram a seus resultados.

Não obstante suas potencialidades, o uso da abordagem HI na sala de aula não é uma tarefa trivial, e os professores enfrentam várias dificuldades e obstáculos para inseri-la em sala de aula. Entre eles está o tempo necessário para estudar e compreender uma nova abordagem, o fato de que os professores precisam desenvolver novas habilidades para atuar como mediador na sala de aula, os professores têm dúvidas sobre o método e insegurança para a inovação, que pode estar relacionada com as suas atitudes e crenças sobre o ensino e novas abordagens. (45,49,73,79) Além disso, os professores também precisam aprender sobre a história da ciência e buscar novos materiais de ensino.

Enfatizamos que a atividade experimental HI elaborada possui um problema no qual os alunos procuram uma resposta e uma conclusão, mas eles não irão replicar a história para realizar isso. A HFC nesta abordagem atua como um provedor das situações investigativas em que os alunos discutem, elaboram um plano de trabalho e testam suas ideias experimentalmente. Assim, a história pode orientar os alunos na atividade histórico-investigativa ao mesmo tempo em que pode ajudar o professor a orientar os alunos (figura 1):

Figura 1 – História e Filosofia da Ciência na abordagem HI.
Fonte: Elaborada pela autora.

Dessa forma, ao aliar as duas abordagens, pretendemos superar a aquisição mecânica de fórmulas, equações e expressões matemáticas que, muitas vezes, os alunos decoram e utilizam sem compreender o seu significado real, estabelecer o processo de elaboração de um conceito e apresentar a construção do conhecimento científico, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem do aluno.

2.4 O INSTRUMENTO DE ANÁLISE DAS ATIVIDADES

Adotamos o losango didático (*The didactical rhombus*) proposto por Méheut e Psillos como referencial de análise das atividades de ensino. (17) Para as autoras, o processo de elaboração de sequências de ensino-aprendizagem, que no presente trabalho figura-se nos moldes de atividades de ensino pautadas na abordagem HI, deve contemplar dois eixos didáticos: o eixo epistêmico que liga o conhecimento científico ao mundo material e o eixo pedagógico que relaciona as ações do professor com as dos alunos.

A parceria entre pesquisadora e professores compreende uma dinâmica própria de construção e implementação dos roteiros reelaborados e, conseqüentemente, da atividade HI. Nesse sentido, o losango didático se mostrou um bom instrumento de análise para explicitar as relações entre alunos, professor, o mundo material e o conhecimento científico. Ou seja, para discutir os processos que ocorrem entre professor e aluno, na dimensão pedagógica, e elaboração e validação do conhecimento científico perante o mundo material, na dimensão

epistêmica, analisamos a dinâmica da sala de aula e as ações realizadas por professores e alunos durante a implementação da atividade HI. Assim, pelos eixos didáticos do losango, conseguimos responder às questões de pesquisa propostas.

O losango didático de Méheut e Psillos (17) é formado pelas dimensões epistêmicas e pedagógicas (figura 2):

Figura 2 – “Losango Didático”.
Fonte: MÉHEUT & PSILLOS (17)

Segundo Méheut e Psillos

Ao longo do eixo epistêmico, por exemplo, encontramos os pressupostos sobre os métodos científicos, os processos de elaboração e validação dos conhecimentos científicos que fundamentam a concepção da sequência. Ao longo do eixo pedagógico, encontramos opções sobre o papel do professor, tipos de interação entre professor e alunos e, próximo ao vértice dos alunos, as interações entre os alunos. Ao longo do lado ‘Aluno-Mundo Material’ colocamos as concepções de fenômenos físicos, com formas espontâneas mais gerais de raciocínio mais próximas do vértice ‘Alunos’. As atitudes dos alunos em relação ao conhecimento científico serão colocadas ao longo do lado ‘Aluno-Conhecimento Científico’. (17, p.518)

A dimensão epistêmica se refere aos processos de elaboração, os métodos utilizados e a validação do conhecimento científico com relação ao mundo real, destacando-se a discussão do conteúdo científico a ser desenvolvido. (17,104) Já a dimensão pedagógica leva em conta

os aspectos relacionados a interações entre professor-aluno e aluno-aluno, em que o “[...] *modelo se concentra sobre os alunos e sobre o papel do professor como um facilitador de atividades estudantis*”. (17, p. 519) Ainda de acordo com as autoras a abordagem “construtivista integrada” é a evolução da integração dessas duas dimensões: a epistêmica classificada como “construtivismo epistêmico” e a pedagógica, classificada como “construtivismo psicológico”. Portanto a junção das duas dimensões enfatiza os aspectos do conteúdo a ser ensinado e sua gênese histórica, a motivação e significância do conhecimento a serem ensinadas, as características de cognição dos alunos e a dimensão didática relativa à instituição de ensino. (17)

Nos inspiramos em Colombo Junior (120) ao utilizar o losango didático na análise de dados, buscando evidências que demonstrem a eficácia dos roteiros reelaborados e das atividades a partir da abordagem histórico investigativa e o favorecimento das dimensões epistêmica e pedagógica pelas atividades desenvolvidas em sala de aula. Discutimos os processos que ocorrem entre professor-aluno (dimensão pedagógica) e os processos de elaboração, compreensão e validação dos conhecimentos científicos no processo de implementação da atividade HI (dimensão epistêmica).

Assim, na dimensão pedagógica, exploramos a exposição e discussão das ideias dos alunos em relação à atividade, em busca de indicadores que demonstrem a ocorrência de compartilhamento de ideias e promoção da comunicação entre os alunos e entre professor-alunos. Buscamos identificar aspectos e abordagens que suportam a construção do conhecimento científico pelo uso dos kits experimentais de Física do CDCC e do roteiro reelaborado para auxiliar no processo de aprendizagem. Já na dimensão epistêmica, analisamos nas atividades desenvolvidas, a aproximação entre o conhecimento científico e o mundo material, a identificação das dificuldades na aprendizagem, a discussão sobre o conhecimento historicamente construído e como este influencia na compreensão do tema abordado pelos alunos. Dessa forma exploramos a relação entre o trabalho do professor perante a atividade e os conteúdos e a resolução dos problemas propostos que envolvem a participação investigativa dos alunos. Esses aspectos levantados, tanto na dimensão pedagógica quanto epistêmicas, se concretizam nas nossas questões de pesquisa analisadas (pontuadas na seção 3.2).

Essas análises buscaram responder a algumas questões de pesquisa, como por exemplo, se a problematização criada engaja os alunos no processo de investigação, se o texto

histórico favorece o momento de investigação científica dos alunos, os papéis desempenhados pelo texto histórico, como os novos roteiros podem ser utilizados, como os professores avaliam a atividade HI e quais os obstáculos que o professor enfrentou ao implementar a abordagem HI em sala de aula.

Além dos pontos citados da dimensão epistêmica e pedagógica que buscam interpretar os vértices do losango didático, para responder às nossas questões de pesquisa utilizamos também a noção de práticas epistêmicas.

As relações entre professor, aluno, conhecimento científico e mundo material também podem ser analisadas através das ações realizadas durante a atividade HI. (115) Essas ações podem se manifestar através das práticas epistêmicas. (105-110) Para compreendermos, por outro aspecto, sobre os desafios e possibilidades de implementar a abordagem HI em atividades experimentais de física, buscamos compreender como as práticas epistêmicas relacionadas à produção e comunicação do conhecimento são contempladas em atividades HI.

Sandoval e Reiser (112), Jiménez-Aleixandre e Reigosa (113) e Sasseron e Duschl (114) consideram que aprender ciências envolve uma aprendizagem epistêmica, pois envolve a produção e avaliação dos conceitos científicos desenvolvidos pelos alunos dentro de uma sala de aula.

Várias pesquisas relacionadas às práticas epistêmicas têm sido desenvolvidas recentemente e um dos focos em que o interesse cresceu é verificar como elas estão incorporadas no discurso científico dos alunos quando estes desenvolvem atividades investigativas. (105-110) A análise desses trabalhos atenta para o processo de construção e validação do conhecimento científico, evidenciando como os alunos propõem respostas às questões, constroem e justificam argumentos, interpretam dados e validam o conhecimento produzido, ou seja, como é o processo em que os alunos através do discurso, produzem e validam o conhecimento das investigações realizadas. (111)

Os autores Kelly & Duschl (105-106) realizam estudos para compreender as formas como o conhecimento é construído e avaliado dentro de uma comunidade em particular. Kelly (106) afirma que *“uma comunidade justifica seu conhecimento através de práticas sociais. As práticas sociais são constituídas por um conjunto padronizado de ações, tipicamente elaboradas por membros de um grupo com base em propósitos e expectativas comuns, com valores, ferramentas e significados culturais compartilhados. Quando tais padrões dizem*

respeito ao conhecimento, eles podem ser chamados de epistêmicos". (106, p. 99) Dessa forma Kelly (106) define práticas epistêmicas como as *"formas específicas pelas quais os membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam as reivindicações de conhecimento dentro de uma estrutura disciplinar"*. (106, p. 99)

A partir dessa definição, os autores alegam ser importante o estudo das práticas epistêmicas na ciência, uma vez que estão associadas às formas como proposições, argumentos, diálogos, avaliação e legitimação de ideias são realizados pelos alunos. (105-106)

Entendemos que atividades pautadas no ensino investigativo favorecem o aparecimento das práticas epistêmicas, uma vez que os estudantes interagem com o professor e com seus pares em um processo que envolve a negociação de valores e conhecimento tanto prévios quanto adquiridos em sala de aula na busca de uma solução para um determinado problema. As ações envolvidas nesse processo, como discutir e comunicar o conhecimento, são epistêmicas. Portanto, a aprendizagem de ciência envolve também uma aprendizagem epistêmica. (105,108,110,114)

Além das ações falar e ouvir, a aprendizagem do aluno depende também de ações como escrever. O estudo da escrita na ciência é igualmente importante como afirmam os autores Kelly e Duschl. (105) Em suas pesquisas, os alunos, ao utilizar a escrita para redigir relatórios mostraram observações, inferências e os conceitos de ciências que detêm sobre determinado assunto. Por meio da escrita os alunos apresentaram o que desenvolveram em atividades realizadas, reflexões sobre a atividade, a compreensão sobre o tema abordado, o uso da evidência e como seus conhecimentos prévios influenciavam nas respostas das questões investigadas. (105)

Portanto, a escrita e o discurso dos alunos podem fornecer dados valiosos sobre como as práticas epistêmicas formam o conhecimento e entendimento da ciência. No caso específico desta pesquisa, a escrita pode mostrar como os alunos selecionam dados, empregam os dados obtidos, relacionam evidências com explicações, atribuem informações para uma evidência, relacionam dados com o texto histórico, desenvolvem modelos e explicações, concluem sobre o problema proposto, entre outros.

Para identificar as práticas epistêmicas ocorridas durante a atividade HI, investigamos o discurso dos alunos no processo investigativo durante as aulas, buscando as falas em que os

alunos produzem, comunicam, avaliam e validam o conhecimento científico. No processo do ensino investigativo, os alunos hipotetizam e discutem respostas ao problema, elaboram e realizam experimentos, geram e interpretam dados e chegam a conclusões. Tais eventos que envolvem aspectos epistêmicos conduzindo os alunos ao próprio desenvolvimento e compreensão do conhecimento científico.

Para mapear as práticas epistêmicas desenvolvidas e realizadas pelos alunos e professor durante a atividade HI, adaptamos um sistema de práticas já propostas na literatura (108-109,116) para qualificar as práticas epistêmicas no contexto escolar de acordo com esta pesquisa. A tabela 2 exibe as práticas sociais relacionadas ao conhecimento e as práticas epistêmicas específicas que utilizamos na análise a partir das aplicações dos roteiros e da atividade HI em sala de aula:

Tabela 2 – As práticas epistêmicas realizadas durante a atividade

Prática Epistêmica	Prática social relacionada ao saber	Práticas epistêmicas específicas
PE ₁	Produção do conhecimento	Discutir, construir argumentos, formular explicações e perguntas, realizar previsões, elaborar textos, imagens, tabelas, desenhos e /ou gráficos.
PE ₂	Apropriação e comunicação do conhecimento	Avaliar argumentos, relacionar informações, exemplificar, generalizar, interpretar textos, imagens, tabelas, desenhos e /ou gráficos, descrever e apresentar ideias e explicações.
PE ₃	Análise do conhecimento	Avaliar/interpretar uma afirmação, evidência, explicação ou modelo científico, complementando/contrapondo ideias, criticando declarações.
PE ₄	Planejar investigações científicas e realizar testes experimentais para responder questões	Discutir variáveis relevantes, elaborar e executar desenhos experimentais, coletar dados, observar e escrever (narrativas e cálculos).
PE ₅	Instrução do conhecimento	Contextualizar a atividade, guiar a observação e a execução de desenhos experimentais, relacionar a atividade com outros fenômenos.
PE ₆	Organização do conhecimento	Mediar discussões, organizar as ideias dos alunos, resgatar o conhecimento prévio, esclarecer dúvidas, estimular a reflexão, relacionar a atividade com outros tópicos.
PE ₇	Síntese e avaliação do conhecimento	Reconhecer e nomear conceitos científicos, verificar ações, o aprendizado e interpretações dos estudantes frente ao conhecimento científico, compartilhar informações.

Fonte: Elaborada pela autora.

A primeira coluna desta tabela exibe a abreviação das práticas epistêmicas (PE) e uma numeração relacionada à categoria que representa, por exemplo, a abreviação PE₁ está relacionada a prática social produção do conhecimento que corresponde a prática epistêmica

específica referente a discussão, construção de argumentos e explicações, e etc. Elaboramos essas abreviações para ficar mais simples ao discuti-las na análise dos resultados. As práticas PE1, PE2, PE3 e PE4 são as práticas realizadas pelos alunos durante a atividade HI. Já as práticas PE5, PE6 e PE7 são as realizadas pelo professor ao longo da atividade.

A distinção dessas práticas, como mostrada na tabela acima, está presente em alguns trabalhos sobre ensino investigativo. No caso desta pesquisa, a adaptamos para a situação no qual envolve a abordagem histórico-investigativa. Nesse sentido, a distinção entre as práticas não existe, pois ao mesmo tempo em que os alunos estão lançando hipóteses, eles argumentam, retomam o texto histórico para discutir com os colegas, refletem, comunicam suas descobertas e chegam a uma conclusão. Os alunos estão produzindo o conhecimento, comunicando, avaliando e planejando investigações científicas, ou seja, algumas das práticas relacionadas aos alunos (PE1, PE2, PE3 e PE4) ocorrem simultaneamente e se sobrepõem. Da mesma forma, a distinção entre as práticas relacionadas ao professor (PE4, PE5 e PE6) também não ocorre. No momento em que o professor guia e orienta os alunos, ele media discussões, avalia e verifica o aprendizado. Apresentamos dessa maneira apenas para dialogar com a literatura.

As práticas epistêmicas envolvidas na produção, apropriação, comunicação e análise do conhecimento (PE1, PE2, PE3) correspondem a momentos da atividade os quais os alunos dialogam de forma a articular seus saberes com o conhecimento científico. Isso se materializa por ações tais como discutir, construir argumentos, formular explicações e perguntas, realizar previsões, elaborar textos, imagens, tabelas, desenhos e/ou gráficos, avaliar argumentos, relacionar informações, interpretar textos, imagens, tabelas, desenhos e/ou gráficos, avaliar/interpretar uma afirmação, evidência, explicação ou modelo científico, descrever e apresentar as ideias e explicações, complementar/contrapor ideias, criticar declarações. Os conhecimentos prévios dos alunos podem manifestar-se nesse momento.

A prática epistêmica relacionada a planejar uma investigação científica e realizar experimentos (PE4) corresponde a momentos em que os alunos articulam seus saberes com o mundo material. Nessa ocasião o aluno também comunica seu conhecimento, pois está discutindo com seus colegas e professor sobre o planejamento e teste de um procedimento experimental. Com isso, há a aproximação do mundo material com o conhecimento científico, visto que o aluno utiliza os conceitos e concepções discutidas na produção e comunicação do conhecimento, por exemplo, (PE1, PE2) para planejar o experimento. Nesse sentido, os

alunos discutem as variáveis relevantes, como elaborar e executar desenhos experimentais, coletar dados, observar e escrever.

A instrução do conhecimento (PE5) está relacionada com o professor articular seu conhecimento com o mundo material, de forma a contextualizar a atividade, guiar a observação, orientar a execução de desenhos experimentais, relacionar a atividade com outros fenômenos para os alunos.

A organização, síntese e avaliação do conhecimento (PE6 e PE7) estão relacionadas com o professor articular seu conhecimento com o conhecimento científico, de modo a mediar as discussões realizadas, organizar as ideias dos alunos, resgatar o conhecimento prévio dos alunos, esclarecer dúvidas, estimular a reflexão, relacionar a atividade com outros tópicos, reconhecer e nomear conceitos, verificar ações, o aprendizado e interpretações dos estudantes, e compartilhar informações.

Visto que o ensino investigativo promove a participação ativa do aluno para resolver um problema, as práticas epistêmicas (tabela 2), ações realizadas na interação entre professor e aluno e que estão relacionadas ao conhecimento científico e mundo material, podem ser alocadas no losango didático da seguinte forma:

Figura 3 – Losango Didático com as práticas epistêmicas alocadas.
Fonte: Elaborada pela autora.

Esta análise foi possível visto que o losango didático aponta as relações entre professor, aluno, mundo material e conhecimento científico de forma que, durante a atividade, professores e alunos produzem, comunicam e avaliam o conhecimento. Assim, conseguimos analisar as ações, que no caso são as práticas epistêmicas, realizadas por eles nesse processo.

Além disso, como Méheut & Psillos (17) não apresentam em seus trabalhos aspectos operacionais de como o losango didático pode ser interpretado, as práticas epistêmicas adaptadas são uma forma e contribuição de operacionalizar o uso do losango didático a partir das práticas epistêmicas.

Além da comunicação oral entre professor e alunos durante a atividade, analisamos também os relatórios escolares desenvolvidos pelos alunos. Essa análise buscou encontrar também as práticas epistêmicas, porém em forma de textos, evidenciando descrição, explicação, generalização, definição, exemplificação, construção de narrativas e cálculos por parte dos alunos, entre outras. (109) Nesse sentido, as práticas referentes ao professor não foram analisadas nos relatórios dos alunos.

Dessa forma, por meio das análises das práticas epistêmicas buscamos entender como a implementação da atividade histórico-investigativa em sala de aula auxiliou no engajamento dos alunos no processo de investigação, favoreceu discussões ao utilizar o texto histórico, ajudou no planejamento e testes dos experimentos, no aprendizado e no entendimento de conhecimentos científicos pelos alunos através da interação entre professor-alunos.

3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO E PESQUISA

Nesta pesquisa, utilizamos a abordagem qualitativa, de caráter participativo, caracterizada pela colaboração e participação ativa entre os participantes no processo de desenvolvimento, discussão, análise, decisão e produção de conhecimento. Essa abordagem se preocupa em estudar o fenômeno em seu ambiente natural, isto é, a situação do ambiente, e as interações que nele ocorrem. (90) No caso deste trabalho a pesquisa qualitativa é do tipo estudo de caso etnográfico, ou seja, a aplicação da abordagem etnográfica em um estudo de caso. (90-91) O estudo de caso etnográfico é caracterizado pelo contato direto entre uma situação que se queira pesquisar e o pesquisador, salientando os processos e as relações que configuram a experiência escolar diária e estudo dessa situação com seu contexto, complexidade e dinâmicas próprias; envolve um trabalho de campo, em que eventos, pessoas e as situações estudadas são observados em seu ambiente natural e a observação participante, em que o pesquisador interage com o fenômeno/situação estudado descrevendo ações e problemas que permeiam o cotidiano escolar, atitudes, crenças e etc.

Como metodologia de pesquisa e desenvolvimento, adotamos a Design Based Reasearch (DBR), uma metodologia de trabalho colaborativo, integrando pesquisa e desenvolvimento de intervenções educacionais em ambientes de aprendizagem. (16) Na DBR, pesquisadores em colaboração com professores desenvolvem soluções para problemas identificados no contexto escolar que pressupõe o desenvolvimento de intervenções educacionais. O resultado desse processo gera conhecimento e produtos com aplicação na prática educativa.

3.1 DESIGN BASED-RESEARCH E OS CICLOS DE REFLEXÃO

Na década de 1990, Ann Brown (117) e Allan Collins (118), ao perceberem que as metodologias tradicionais, apesar de suas contribuições, apresentavam dificuldades no desenvolvimento, implementação e solução que implicariam um avanço das práticas educacionais, propuseram uma metodologia de pesquisa, que já era utilizada em áreas da engenharia. Brown (117) enfatiza que esse tipo de metodologia inclui a colaboração contínua entre pesquisador-profissional da área, visto que, quando há algo no projeto que não funciona,

os atores envolvidos trabalham juntos de forma a fazer as mudanças necessárias para melhorar o projeto.

Assim, a DBR pode compor uma metodologia coerente que liga pesquisa teórica e prática educativa e vislumbra ao mesmo tempo o design de uma intervenção e suas especificações como objetos de pesquisa, produzindo práticas inovadoras e fornecendo princípios para serem utilizados por outros. (16, p. 8) As vantagens de utilizar esse tipo de metodologia é que envolve contextos reais e a cada projeto aplicado, há a chance de analisá-lo e efetuar as modificações necessárias para a próxima aplicação, refletindo um compromisso para a compreensão do processo de ensino e aprendizagem.

A DBR envolve a cooperação entre pesquisador e profissional da área para definir um problema, desenvolver sua solução e avaliá-la, dentro de um ambiente de aprendizagem. Essa dinâmica envolve uma abordagem de “refinamento progressivo”, ou seja, ao aplicar a primeira versão de um projeto e analisar seu funcionamento, obstáculos e erros, o projeto deve ser reelaborado de forma a sanar os problemas iniciais e posteriormente ser reaplicado, quantas vezes necessário. Assim, a avaliação do projeto é um ciclo evolutivo que vai se modificando até uma versão final do projeto. (16,117-118)

Segundo Collins (118-119), uma DBR deve ser desenvolvida de forma a abordar alguns pontos como: questões teóricas sobre a natureza da aprendizagem em um determinado contexto, situações do mundo real, ir além da aprendizagem tradicional e obter resultados de forma a detectar as dificuldades que aparecem durante a aprendizagem. Ela também deve contribuir para (16):

- Desenvolver teorias sobre o processo de aprendizagem;
- Validar conhecimentos através de um ciclo que contém a elaboração do projeto, aplicação, análise e reelaboração;
- Levar a teorias compartilháveis e relevantes para professores e pesquisadores;
- Elaborar o projeto de forma que os resultados sejam expressivos da realidade do ensino que se pretende promover;
- Utilizar métodos que documentem e conectem o processo de aplicação do projeto com os resultados.

Ao utilizar a DBR no projeto, os professores tornam-se ativos em todo o processo, desde identificação de problemas no contexto da pesquisa, quanto definição de novos temas/problemas relevantes para a área, para que no fim do projeto haja o maior progresso possível dos participantes envolvidos, além de poder produzir novas ferramentas de ensino. As formas de documentação da metodologia podem ser diversas, como anotações, gravações, fotografias, entre outros. Esses registros são de extrema importância para a metodologia de pesquisa, visto que é por eles que os momentos de ensino são analisados para gerar uma reelaboração do projeto aplicado.

No presente trabalho, a DBR é utilizada de forma a organizar toda a pesquisa, que é composta por momentos distintos que evoluem de forma cíclica (figura 4). Os “ciclos de reflexão”, entendidos como ações contínuas de pesquisa e desenvolvimento que proporcionam suporte didático e pedagógico visando a parceria entre professores e pesquisadores, além de guiar todas as ações da pesquisa. Esta metodologia foi usada e testada em outros trabalhos do grupo (120-121), desenvolvida a partir de outros trabalhos envolvendo colaboração com professores. (16,89)

A evolução do ciclo é realizada por etapas que definem a constituição do grupo de trabalho envolvendo pesquisadores (no caso a pesquisadora e sua orientadora) e professores (etapa A), a iniciação do trabalho de pesquisa e desenvolvimento (etapa B) e a aplicação, avaliação e novas adaptações a partir dos resultados da aplicação do material (etapa C).

Figura 4 – Esquema representativo dos Ciclos de Reflexão.
Fonte: Adaptada de COLOMBO JUNIOR (120)

• **Constituição do grupo de trabalho:** Foram convidados professores de física, matemática e química, via Diretoria de Ensino (DE) e contato direto através dos professores que utilizavam o CDCC, para participarem desta pesquisa voluntariamente. Nesta etapa a proposta de trabalho foi apresentada e discutida com o grupo.

• **Atualização de conteúdos:** Discussões acerca da abordagem HI e dúvidas dos professores são tiradas, de forma a preparar o docente para a aplicação em sala de aula. Esta etapa, apesar de estar contida na Etapa A, pode ocorrer em todo o desenvolvimento da pesquisa.

• **Compartilhamento de ideias, perspectivas e identificação de problemas e soluções:** Compartilhamento de ideias entre pesquisador e professores sobre os tópicos e conteúdos referentes à elaboração/reelaboração dos roteiros e identificação e solução de problemas que possam surgir.

• **Coleta de material:** Após encontros e discussões realizados com os professores anteriormente, pesquisador e professor definem os tópicos que serão abordados em sala de aula sobre a pesquisa. Neste momento o professor assume papel de maior importância, visto que somente ele é capaz de apontar os problemas, especificidades de sua escola e possibilidades de trabalho com seus alunos.

• **Desenvolvimento do material:** Elaboração dos novos roteiros. Neste momento há o diálogo e discussão com o professor de forma a adequar o material tanto para o professor, quanto para o projeto de pesquisa. A elaboração do material também é realizada de acordo com as questões de pesquisa que se deseja responder, como por exemplo, como implementar a abordagem HI nos roteiros, como relacionar a história da ciência com experimentos investigativos e em qual nível de investigação elaborar o roteiro.

• **Aplicação, avaliação e reelaboração do material:** Aplicação do material desenvolvido na parceria, além de reuniões com os professores para discutir e avaliar o material. Isso engloba analisar os dados obtidos avaliando as questões de pesquisa e, caso haja a necessidade de adequação do material desenvolvido, a reelaboração é efetuada visando sanar os problemas encontrados.

• **Disponibilização do material:** Divulgação e disponibilização de todo o conteúdo e material produzido, tanto para o professor aplicar em outras turmas, quanto para a utilização do CDCC. Além disso, essa disponibilidade também é feita em artigos científicos, congressos e tese.

3.2 QUESTÕES E OBJETIVOS DA PESQUISA

Neste projeto investigamos a inserção de atividades experimentais de cunho investigativo pautadas na história da física. As atividades utilizam material disponível na Experimentoteca do CDCC, transformando o estilo dos roteiros, hoje majoritariamente na forma “cookbook”, para roteiros que auxiliem o professor a trabalhar os experimentos na perspectiva histórico-investigativa.

Os temas foram escolhidos em parceria com os professores que atuam conosco. Com isso, visamos responder as seguintes questões:

- Quais os desafios, dificuldades e potencialidades ao implementar a abordagem HI em roteiros experimentais em parceria com os professores?,
- A problematização criada auxilia e engaja os alunos no processo de investigação?
- Qual a importância do uso do texto histórico na atividade? Ele favorece a investigação científica e aprendizagem dos alunos?,
- Quais os papéis desempenhados pelo texto histórico?,
- Como os professores avaliam as atividades histórico-investigativas?,
- Como os novos roteiros podem ser utilizados pelos professores?,
- Quais os principais obstáculos que os professores enfrentaram para mediar aulas HI?.

3.3 A EXPERIMENTOTECA DO CDCC

Localizado na cidade de São Carlos, o Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP) (figura 5) busca estabelecer vínculos com a comunidade, tendo como objetivo o acesso da população à produção científica e cultural, criando visitas e atividades que despertem o interesse pela ciência e cultura, como por exemplo, locais temáticos de biologia, física e química. O CDCC possui uma Biblioteca, Cineclube, sala de acesso à Internet, Observatório Dietrich Schiel (ODS) e a Experimentoteca. O CDCC promove cursos e oficinas para alunos e professores, exposições, eventos e atividades científicos e culturais, sessões de cinema, entre outros. Todos estes programas recebem anualmente cerca de 65 mil visitantes entre público escolar e espontâneo. (93,148)

Figura 5 – Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo.
Fonte: CDCC (93)

A Experimentoteca, desenvolvida pela equipe do Prof. Dietrich Schiel, funciona como uma biblioteca pública, pois oferece o acesso a uso de kits experimentais aos professores em um sistema de empréstimo. Ela é composta por 102 conjuntos nas áreas de física, química, biologia e matemática, sendo 64 voltadas para o ensino fundamental e 38 para o ensino médio (figura 6). Em cada kit há 10 exemplares do mesmo experimento, com isso, até 40 alunos podem trabalhar simultaneamente, pelo menos do ponto de vista material. Os kits experimentais para o ensino fundamental foram desenvolvidos entre 1984 e 1989 e os kits para o ensino médio foram desenvolvidos entre 2003 a 2005.

Os kits são acompanhados de roteiros, com instruções para a realização dos experimentos, precedidos de uma pergunta teórica que está associada ao tema ou uma pergunta que está relacionada ao cotidiano.

Figura 6 – Kits dos experimentos da área de Física.
Fonte: Elaborada pela autora.

Desenvolvidos na década de 1990, em sua grande maioria, os roteiros têm um caráter semelhante ao estilo “cookbook”. (43,95-96) Esse estilo de roteiro é o mais comum em laboratórios escolares (95,97,99-101) e é o preferido por professores, pois é mais fácil para o professor conduzir as aulas. Os professores se sentem seguros com este tipo de material uma vez que existem poucos desafios que precisam ser superados em sala de aula para realizar o experimento neste estilo. Ao mesmo tempo, os alunos só precisam seguir o roteiro para gerar dados, organizá-los em tabelas muitas vezes predefinidas e modelos gráficos, fazer alguns cálculos e fornecer as respostas para algumas perguntas. (15,99-100,102-103)

Visando a modernização do conjunto de roteiros (sem alterar os materiais já existentes nos kits), nesta pesquisa renovamos cinco roteiros utilizando a abordagem histórico-investigativa, em caráter piloto.

3.4 SUJEITOS DA PESQUISA E TEMAS SELECIONADOS

A presente pesquisa envolve a parceria entre um grupo de professores de escolas públicas, doutoranda e orientadora.

Inicialmente a pesquisa contava com cinco professores que se voluntariaram para realizar a aplicação das atividades em sala de aula. Esses professores possuíam formação

inicial em física, química, matemática e ciências exatas. O projeto de pesquisa foi apresentado aos professores juntamente com a ideia inicial de reelaboração dos roteiros e a primeira versão do roteiro. Infelizmente, desses cinco professores somente dois terminaram a pesquisa. Dentre os três professores que não finalizaram, dois deles eram professores de química e matemática que estavam dando aulas de física e voltaram às suas respectivas áreas e um professor que desistiu.

Os dois professores que finalizaram a pesquisa possuem formação inicial em física (tabela 3):

Tabela 3 – Perfil dos professores colaboradores

	Formação Acadêmica	Escola onde atua
Professor PRF	Graduado em Licenciatura em Física (UFSCAR)	EE Professor José Juliano Neto (Escola A) EE Jesuíno de Arruda EE (Escola C) EE Arlindo Bittencourt (Escola D)
Professor PRJ	Mestre em Física (UFSCAR), Graduado em Licenciatura em Física (Universidade Federal de Pelotas)	EE Conde do Pinhal (Escola B)

Fonte: Elaborada pela autora.

Esses professores[‡] conhecem e já utilizam os kits da Experimentoteca, ou seja, o professor conhece o estilo atual dos roteiros e pode contribuir para a nova elaboração dos roteiros, evidenciando os problemas e dificuldades relacionados a ele.

Além disso, dos dois professores que participaram plenamente da pesquisa, somente um de fato efetuou a aplicação da atividade em sala de aula. O outro professor iniciou a pesquisa, respondeu à entrevista sobre a abordagem HI e como as atividades seriam realizadas, participou da elaboração dos roteiros, porém no momento da aplicação cedeu as aulas para a pesquisadora efetuar a aplicação. Conversamos novamente sobre a pesquisa, a importância do professor em realizar as aplicações da atividade HI, e nesse momento de conversa ele concordava com as questões levantadas. Porém no momento da aplicação ele pedia para a pesquisadora efetuar as aplicações, alegando que era mais fácil. Nas aplicações dos roteiros, houve vários momentos que o professor PRJ se ausentou da sala e não

[‡] As escolas parceiras da pesquisa pertencem à Diretoria de Ensino do interior do Estado de São Paulo.

acompanhou o andamento da atividade. Várias tentativas para selecionar novos professores durante a pesquisa foram realizadas, porém mesmo mostrando interesse no projeto, desistiram alegando falta de tempo.

Os temas trabalhados nessa pesquisa foram escolhidos após consulta aos professores usuários da Experimentoteca. Os critérios foram adequação ao programa dos professores para o ano letivo de 2016 e 2018. Escolhemos os kits referentes a máquinas simples, calor latente, calor específico, refração e reflexão da luz e máquinas térmicas. Na presente tese não abordaremos o resultado desse último kit, pois a aplicação se deu no âmbito de um minicurso no Simpósio Nacional de Ensino de Física (XXII SNEF), o que difere muito no contexto de sala de aula no qual os outros roteiros foram aplicados.

Dessa forma, a aplicação das atividades ocorreu da seguinte forma:

Tabela 4 – Aplicação das atividades

	Atividade	Escola
Professor PRJ que cedeu as aulas para a pesquisadora	Calor específico: 2 salas Calor latente: 1 sala Reflexão e Refração da luz: 1 sala Máquinas simples: 1	B
Professor PRF	Calor específico: 1 sala Calor latente: 1 sala	A
Professor PRF	Calor específico: 1 sala Calor latente: 1 sala Reflexão e Refração da luz: 1 sala Máquinas simples: 2	C
Professor PRF	Calor específico: 2 salas	D

Fonte: Elaborada pela autora.

Assumimos os professores como parceiros em todas as etapas da pesquisa, pois, além de atuarem como mediadores das ações ocorridas dentro da sala de aula foram essenciais para que os objetivos traçados decorressem de modo eficiente e para que houvesse uma integração satisfatória tanto entre pesquisador-professor quanto entre professor-sala de aula-alunos.

3.5 COLETA DE DADOS

Com relação às formas de registrar os dados, foram utilizadas gravações em áudio e vídeo da atividade que foi aplicada na sala de aula, relatórios dos alunos sobre a atividade, entrevistas semi-estruturadas com professores, observações diretas de ambiente de sala de aula e anotações da pesquisadora.

O uso de questionários e entrevistas semiestruturadas, ambos anônimos, garantem ao professor uma tranquilidade para responder às perguntas. Já as gravações em áudio e vídeo auxiliam e amparam as discussões com os professores assim como as anotações da pesquisadora. Essa diversidade de métodos permite obter dados de uma maneira mais confiável e, como apontam Lüdke e André (92), a combinação desses métodos é importante, pois fornece um confronto entre os resultados obtidos, auxiliando sua análise.

As perguntas gerais das entrevistas foram destinadas a explorar e compreender aspectos relacionados às expectativas dos professores com a abordagem histórico-investigativa, seus pontos de vista sobre os roteiros originais e novos, as dificuldades que eles experimentaram na condução e gerenciamento de suas aulas usando o novo roteiro e suas impressões sobre o desempenho dos estudantes nas aulas. Os relatórios elaborados pelos alunos sobre a atividade também constituam um material de análise visto que, a partir deste, analisamos aspectos referentes à aprendizagem dos alunos.

A realização das filmagens e gravação dos áudios das atividades em sala de aula foram realizadas com um gravador de voz e uma câmera filmadora. Os dados coletados foram capturados em formato digital (arquivo com extensão .wmv e .m4a) para efetuarmos as análises necessárias utilizando o programa Inqscribe®. Trata-se de um programa de edição de vídeos e áudios que permite a transcrição da mídia e produção de legendas. A transcrição de diálogos é realizada em ordem cronológica e pode ser feita palavra por palavra ou através de notas.

O programa possui um controle de mídia de precisão, incluindo velocidade de reprodução, recuo de tempo, linha de tempo interativa (podendo passar para qualquer momento da mídia através de um clique), controle de volume e comandos de reprodução do arquivo. O editor de texto próprio do programa para a transcrição dos áudios é personalizado, fornecendo fontes e tamanhos diferentes. O texto transcrito pode ser incorporado ao

áudio/vídeo ou somente exibir a marcação de tempo que corresponde ao momento do vídeo/áudio. O programa também permite a utilização de códigos de tempo marcando pontos específicos da mídia, ou seja, é possível fazer a transcrição dos trechos selecionados.

Nas transcrições das falas não foi realizada nenhuma correção do discurso oral, dessa forma quando um sujeito se prolongava na fala adicionamos reticências, tons de surpresas ou situação em que o sujeito enfatizava certo momento foram expressos por pontos de exclamação. Indicamos reticências entre colchetes quando houve longas pausas no discurso e descrevemos gestos entre colchetes e que foram expressos no momento que consideramos importantes. As descrições de gestos são importantes para a contextualização e compreensão de certos momentos ocorridos nos diálogos durante a atividade.

As unidades de análise gerais foram os segmentos selecionados da entrevista transcrita dos professores e as seleções de partes relevantes das gravações dos áudios e vídeos que respondem às nossas questões de pesquisa. A comparação entre o discurso dos professores, videoclipes e áudios selecionados, relatórios dos alunos e as anotações da pesquisadora permitiram a triangulação dos dados para verificação e validação das questões de pesquisa investigadas.

4 O DESENVOLVIMENTO DOS ROTEIROS

Os temas dos roteiros a serem trabalhados na pesquisa foram escolhidos pelos professores considerando os assuntos que iriam lecionar ao longo do período da pesquisa. Os temas escolhidos foram calor específico, calor latente, máquinas simples, reflexão da luz e refração da luz. Neste capítulo discutimos e analisamos a reelaboração em conjunto com os professores e em cada tópico é mostrado a versão final do roteiro.

A construção do roteiro com a inserção da abordagem HI foi feita em etapas, seguindo os ciclos de reflexão. A primeira versão dos roteiros foi realizada pela pesquisadora e sua orientadora e apresentada aos professores. Os professores sugeriram modificações, que foram incorporadas. A seguir, os roteiros foram aplicados em sala de aula e modificados novamente após discussão entre professores e pesquisadora, até atingir a versão final do roteiro.

Os roteiros originais da Experimentoteca, disponíveis no Apêndice A, são compostos por uma pergunta geral (que na maioria das vezes relaciona o tema a uma situação da vida cotidiana), uma explicação teórica sobre o conteúdo, os objetivos do experimento e as instruções específicas para realizá-lo.

No processo de reelaboração do novo roteiro, o grupo de pesquisa (pesquisadora e orientadora) decidiu produzir dois roteiros distintos, um designado ao professor e outro ao aluno. Todos os roteiros do professor são iniciados por um breve texto sobre ensino investigativo e história e filosofia da ciência. Consideramos pertinente manter esse texto em todos os roteiros, pois, além de esclarecer sobre a abordagem HI, o roteiro reelaborado também será utilizado na Experimentoteca. Dessa forma outros professores que utilizarão os kits experimentais terão base para entender o formato do roteiro e sobre a abordagem adotada.

Assim a estrutura geral do roteiro do professor contém uma introdução sobre a abordagem HI, atualização do conteúdo específico, problematização inicial, texto contendo a narrativa histórica e orientações sobre o direcionamento da aula. Esse roteiro foi elaborado visando contemplar um aspecto formativo a respeito da metodologia HI e conceitos científicos específicos.

Já a estrutura geral do roteiro do aluno contém um texto histórico e um convite para os alunos elaborarem um plano de trabalho de um experimento para sua realização. Optamos por

um roteiro do aluno enxuto para que o professor possa ter liberdade de complementá-lo de acordo com seus objetivos didáticos e os diferentes grupos de alunos.

4.1.1 Problematização inicial

Como apontam diversos autores (8,36-38), a problematização é o início do processo de investigação, em que o professor lança uma situação ou problema, que seja de interesse dos alunos, que buscam por uma solução. Para essa situação/problema, é recomendado que seja relacionado com o cotidiano dos alunos e possível de ser resolvido. Inserir o cotidiano é importante, pois é a partir dele que o aluno traz para a sala de aula sua vivência e seus questionamentos, relacionando-os com o conteúdo que o professor está lecionando.

Segundo apontam Delizoicov e colaboradores (122)

A problematização poderá ocorrer pelo menos em dois sentidos. De um lado, pode ser que o aluno já tenha noções sobre as questões colocadas, fruto da sua aprendizagem anterior, na escola ou fora dela [...]. A discussão problematizada pode permitir que essas concepções apareçam. De outro lado, a problematização poderá permitir que o aluno sinta necessidade de adquirir outros conhecimentos que ainda não detém; ou seja, coloca-se para ele um problema para ser resolvido. Eis por que as questões e situações devem ser problematizadas. (122, p.201)

No entanto não é qualquer pergunta que possui o caráter de pergunta problematizadora. Para Gil-Pérez e Castro (123) a situação problematizadora deve “[...] incentivar a reflexão do estudante sobre a relevância e o interesse das situações propostas, que dá sentido ao seu estudo (considerando as possíveis implicações da CTS, etc.) e evitar um estudo descontextualizado, socialmente neutro” (123, p. 156), estar inserida na zona de desenvolvimento potencial do aluno, favorecer a reflexão, construção de hipóteses e ideias, promover colaboração e debates. Ainda de acordo com Delizoicov e colaboradores (122) “Apresentam-se situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas, embora também exijam, para interpretá-las, a introdução dos conhecimentos contidos nas teorias científicas”. (122, p.200)

Após a problematização, o professor orienta os alunos a investigarem e responderem sobre a situação apresentada, criando hipóteses e ideias e discutindo-as em grupos. Durante essa investigação inicial, o professor solicita explicações para o problema, e os grupos de alunos discutem entre eles e com o professor de forma a compartilharem e questionarem

teorias, sugestões e ideias. Esse diálogo é importante, pois é nele que o professor consegue esclarecer dúvidas, identificar contradições, erros e limitações do conhecimento dos alunos e guiá-los para o conhecimento aceito. O professor não deve deixar os alunos seguirem com teorias descartadas, pois, apesar da atividade ser investigativa e com a participação ativa dos alunos, ele é um facilitador da aprendizagem e deve propiciar a aprendizagem de conceitos em concordância com o que se aceita hoje como correto. (122)

Efetuada a discussão, quando os grupos tiverem entrado em consenso e partilhado suas respostas com o restante da classe, o professor explora o conhecimento que os grupos apresentaram para analisar e interpretar a situação problema, podendo dar outros exemplos para propiciar uma melhor compreensão do problema em questão.

Após os diálogos realizados e a investigação iniciada, o professor faz a relação da problematização com, no caso desta pesquisa, o conteúdo teórico estudado, o experimento que será realizado pelos alunos e o texto histórico (não necessariamente nessa ordem).

4.1.2 Papéis para o texto histórico

Para a inserção da história e filosofia da ciência nos roteiros, elaboramos um texto histórico, empregando trechos de fontes primárias quando viável. O uso de fontes primárias em sala de aula não é trivial. Como afirmam Forato e colaboradores (126), é importante saber “[...] *quando, quanto e como utilizar trechos de fontes primárias para o professor e para o aluno*” (126, p. 134), por isso algumas condições devem ser consideradas ao fazer a seleção e utilização dos textos (124-126):

- A análise e seleção de um episódio histórico é realizada de forma que contemple discussões e reflexões sobre os aspectos envolvidos, além de estar adequado ao nível de escolaridade dos alunos;
- Considerar a linguagem utilizada, pois uma linguagem muito técnica e rebuscada pode tornar a compreensão dos alunos mais difícil;
- Considerar o tempo didático, que abrange não só as horas de aula disponíveis, mas também o tempo necessário para o aluno compreender o tópico abordado. O conteúdo selecionado deve viabilizar o tempo que o professor tem em sala de aula, ou

seja, o texto não pode ser muito complexo, visto que levaria mais tempo para o aluno compreendê-lo e discuti-lo;

- A omissão e/ou simplificação do texto selecionado pode acarretar visões distorcidas da história, sendo necessário, então, selecionar um texto de forma a não produzir episódios muito superficiais e comprometer a qualidade da narrativa histórica;

- Aprofundamento do conteúdo histórico, de forma que o texto possua os elementos que estão sendo abordados com uma relativa profundidade para discussão e compreensão dos alunos, apresentando uma contextualização e uma quantidade mínima de detalhes significativos.

Os textos desenvolvidos nessa pesquisa contemplam as condições citadas acima, de forma que os alunos possam realizar questionamentos, discutir e argumentar, tirar dúvidas e construir seu conhecimento. Na abordagem HI, o texto histórico pode desempenhar diferentes papéis dentre os listados a seguir, simultaneamente ou não. O professor é autônomo para escolher como e quando o conteúdo histórico será usado em sala de aula.

Caso o texto seja utilizado antes dos alunos refletirem e trabalharem em suas ideias sobre o problema proposto, ele pode funcionar como um estímulo inicial na atividade proposta servindo como o provedor/gerador do problema, ou seja, o texto fornece aos estudantes inspiração, reflexão ou motivação no momento inicial da investigação, e assim os alunos trabalham suas ideias articuladas com o texto.

Ao planejar o procedimento experimental, o texto pode desempenhar também um papel heurístico, de forma a servir como um auxílio aos alunos no momento em que decidem como realizar o experimento e que materiais podem ser utilizados. Dessa forma, os alunos podem se inspirar para realizar o experimento, escolher quais materiais podem ser utilizados e quais as variáveis que estão envolvidas em determinado fenômeno. As discussões sobre o problema inicial em pequenos grupos e com a classe após a leitura do texto histórico ajudam os alunos a refletir sobre a atividade que está sendo realizada.

O texto também pode ser usado após o início da atividade, isto é, durante a atividade, no momento do planejamento, elaboração e concepção da atividade experimental, ajudando a solucionar o problema por fornecer subsídios experimentais e conceituais.

Por outro lado, ao ser utilizado depois dos alunos desenvolverem e testarem soluções para o problema em questão, o texto histórico pode apoiar a reflexão sobre o que foi realizado durante a atividade. O texto também pode inspirar a interpretação dos resultados e explicações propostas pela comparação dos resultados obtidos com os resultados contidos no texto histórico. O professor pode aproveitar este momento para estabelecer relações entre os resultados obtidos pelos alunos e os resultados contidos no conteúdo histórico, discutindo as diferenças ou similaridades entre eles.

4.2 ANÁLISE DOS DESAFIOS ENFRENTADOS NA ELABORAÇÃO DOS ROTEIROS

Ao reelaborar os roteiros, em versão preliminar, ou seja, sem apresentá-los aos professores, deparamo-nos com alguns obstáculos, tanto relacionados com a inserção da parte investigativa, quanto na parte da história da ciência.

Os desafios enfrentados pelo grupo na elaboração dos roteiros e que são foco da presente discussão foram:

- Utilizar o material já existente da Experimentoteca,
- Elaborar um texto histórico em linguagem acessível aos alunos,
- Selecionar e traduzir as fontes primárias e secundárias utilizadas para a construção do texto histórico,
- Relacionar o contexto histórico com as práticas experimentais investigativas,
- Elaborar uma problematização que se conecte ao texto histórico e ao experimento,
- Adequar o nível de investigação das atividades dos roteiros.

A pesquisa conta com a renovação dos roteiros experimentais existentes nos kits da Experimentoteca e esse foi o maior problema que nosso grupo de pesquisa (orientadora e pesquisadora) enfrentou. O material dos kits experimentais não sofreu mudanças. Portanto, o grupo de pesquisa teve que criar atividades com esse material. Essa etapa foi complexa, pois tivemos que buscar fontes primárias e secundárias relacionadas ao tema, estudar o modo como poderia ser conectada ao experimento, e unir de uma forma investigativa.

Para relacionar a história da ciência com as práticas experimentais investigativas, escolhemos trabalhar com episódios históricos que retratassem situações, observações e experimentos semelhantes aos experimentos contidos nos kits da Experimentoteca.

A seleção de fontes primárias adequadas ao material experimental disponível não foi trivial. Essa etapa para a construção do texto histórico envolveu outros problemas, como elaborar o texto em linguagem acessível aos alunos, traduzir as fontes sem distorcê-las, considerar os conceitos abordados no tema e deixá-los com uma linguagem menos complexa.

Balancear todos esses fatores foi um aspecto importante (124-126) para que o texto histórico retratasse os aspectos conceituais e contextuais em consonância com a historiografia moderna. Além disso, como aponta Forato e colaboradores (126), o texto também deve ser acessível para os professores utilizarem e deve-se considerar o tempo didático. Um texto histórico muito complexo demanda tempo para ser discutido, podendo interferir no andamento da atividade e atrasar a aula.

O desafio enfrentado pelo grupo de pesquisa ao elaborar a problematização foi criar um problema que remetesse ao cotidiano do aluno ou a conhecimentos gerais. (8,122-123) Esse processo é importante, pois os alunos devem interpretar o problema através de sua vivência e intuição. Além disso, a problematização deve estar conectada com a atividade experimental e o texto histórico. Assim, os alunos ao tentar solucionar a problematização e discuti-la, são conduzidos à leitura do texto histórico, ou vice-versa.

Outro aspecto relacionado à reelaboração dos roteiros foi determinar quão investigativo deveriam ser. Elaboramos o roteiro seguindo o grau de abertura de investigação IV (tabela 1). Elaborar nesse nível foi um obstáculo, pois o professor é o mediador do processo investigativo. Sua atuação e intervenção na sala de aula é que dita o grau de abertura de investigação efetivo. Além do papel do professor na sala de aula, o nível de abertura também varia em função da motivação e engajamento dos alunos. Dessa forma, criar um roteiro em um nível não significa que esse seja atingido quando aplicado em sala de aula.

Após elaborarmos uma primeira versão dos roteiros, eles foram apresentados para os professores e discutidos com eles. Os professores contribuíram nas modificações de alguns aspectos dos roteiros. Houve apontamentos bem específicos para cada roteiro. Enxergamos essa contribuição como aceitável pelo fato de que os professores não estão acostumados com essa abordagem e um roteiro nesse formato.

Como alteração importante de caráter geral, os professores sugeriram a inclusão de uma revisão dos conteúdos específicos para cada roteiro. Inicialmente havíamos considerado que essa revisão dos conteúdos não necessitava fazer parte do roteiro do professor, já que pode ser encontrada em livros didáticos. Porém os professores acharam interessante manter.

Sobre a problematização inicial dos roteiros, os professores gostaram e o professor PRF destacou ser importante sua relação com o cotidiano dos alunos.

ProfessorPRF: *“Eu acho que seria melhor começar com uma problematização mais geral, e depois ir para uma mais específica [do conteúdo], porque às vezes você generaliza tanto que eles não entendem a pergunta, o que você tá perguntando de fato. Então você começa com uma mais geral e depois vai especificando melhor o que você quer. Então essas perguntas que estão no dia a dia deles, eles conseguem responder certo, porque vai mais do que eles já conhecem do dia a dia deles, de lógica”.*

Ao discutir sobre o nível de investigação do roteiro (nível IV), os professores julgaram ser interessante esse nível por permitir os alunos a serem mais ativos na atividade:

ProfessorPRF: *“Eu até acho mais interessante deixar os alunos mais livres para desenvolver o conteúdo do que seguir a receita de bolo, porque se os alunos fazem o que está pedindo no roteiro, eles não investigam, e pronto, qualquer um pode fazer o que se pede, e chega em resultados satisfatórios, mas sem entender o que está acontecendo. Então eles fazendo, mesmo dando errado, a primeira vez, a segunda vez, as primeiras vezes, mas claro com a orientação do professor, mas sem seguir uma receita, deixar eles se virarem, é melhor”.*

O segundo professor também achou interessante, porém ressaltou algumas preocupações:

ProfessorPRJ: *“Eu gosto da ideia, eu fiz isso em algumas aulas, e eles gostaram da abordagem [investigativa] foi algo mais de deixá-los pensar a respeito. Mas tenho dúvidas se não teremos que dar uma “forcinha” para que eles saibam exatamente o que fazer...Normalmente nós passamos os procedimentos...”.*

Essas preocupações foram discutidas e o professor compreendeu o modo como o nível IV poderia ser lecionado dentro da sala de aula.

Sobre os textos históricos elaborados, de forma geral, os professores gostaram do modo como cada tema foi abordado e houve algumas modificações relacionadas a palavras

complexas e algumas dúvidas sobre o conteúdo. Discutimos essas modificações específicas nos tópicos de cada roteiro reelaborado.

Já a versão inicial do roteiro dos alunos continha somente o texto histórico. Porém, os professores sugeriram que fossem incluídos as ilustrações e materiais disponíveis, pois como a atividade é algo muito nova para os alunos, eles poderiam ficar confusos.

ProfessorPRF: *“Aqui, nesse você não coloca nada de procedimento né. O que conversamos na semana passada, de que eles [alunos] criam um procedimento experimental”.*

Pesquisadora: *“É, porque...”.*

ProfessorPRF: *“É que você joga lá os materiais e não tem como, você tem que dar uma orientada, é tudo novo para eles”.*

Portanto, o roteiro dos alunos foi reelaborado novamente de forma a conter os materiais listados e as ilustrações. Ao apresentar esse roteiro aos professores, os mesmos avaliaram de forma positiva:

Professor PRF: *“Isso, assim [com a imagem e materiais] fica perfeito. Deixa assim”.*

ProfessorPRJ: *“Gostei”.*

Dessa forma, as mudanças gerais sugeridas pelos professores foram inseridas em todos os roteiros, tanto dos professores quanto dos alunos.

4.3 USO DOS ROTEIROS

Quando aplicados em sala de aula, o professor pode escolher de que maneira conduzirá a atividade HI, a forma que a experimentação será promovida e o modo que será melhor para os alunos dado o nível, capacidade e habilidade dos mesmos. Os roteiros podem ser trabalhados de duas formas, quantitativamente ou qualitativamente. (43,80,82-83,102,145-146)

Quando usado quantitativamente, o professor buscará como resultado final da parte experimental, resultados numéricos ou que a resposta direcione a uma lei matemática. O professor instigará os alunos a analisar seus resultados questionando os valores obtidos,

discutindo as diferentes variáveis e buscando funções matemáticas que as conectem; além de incentivar que os alunos identifiquem causas para as diferenças obtidas. Em uma abordagem quantitativa para o roteiro, o nível de experimentação e investigação é maior. Assim, é necessário também que os alunos tenham maturidade para tal.

Caso o professor decida abordar o roteiro qualitativamente, o foco estará no aprendizado do fenômeno, e não na obtenção de resultados numéricos, embora um não exclua o outro. Isto é, os alunos podem expressar seus resultados em termos de “aumenta mais que o outro”, “diminui mais que aquilo,” etc. A preocupação não está em obter uma lei matemática, provar uma equação ou obter o resultado numérico esperado. O objetivo está em compreender as variáveis envolvidas nos fenômenos, discutir a variedade de fenômenos que poderiam ocorrer naquela situação, entender o conceito envolvido e seu significado, a relação entre as variáveis podendo encontrar que uma variável é maior que a outra, entre outras.

4.4 ELABORAÇÃO DOS ROTEIROS SOBRE CALOR LATENTE E CALOR ESPECÍFICO

Para a elaboração do texto histórico referente aos roteiros de calor latente e calor específico, utilizamos como fontes as anotações de Joseph Black em *Lectures on the elements of chemistry*. (136) Os textos de Joseph Black utilizados são transcrições das conferências ministradas por ele na University of Edinburgh, em que lecionava, e anotações de suas pesquisas. Em seus textos há a presença de anotações sobre experimentos realizados, questionamentos, perguntas, algumas discussões, resultados e conclusões de tais experimentos.

Estudamos e analisamos as anotações de Joseph Black de forma a selecionar os excertos que continham o conteúdo que abordaríamos. Nesse sentido foram utilizadas as partes em que Joseph Black realiza observações e faz anotações sobre os experimentos referentes a calor latente e calor específico. As fontes secundárias de consulta e que guiaram a construção do texto histórico foram as referências de número (127,133-135).

Ao analisarem o texto histórico elaborado sobre calor específico e calor latente, os professores esclareceram algumas dúvidas relacionadas ao texto e sugeriram algumas trocas de palavras para um entendimento mais claro:

ProfessorPRF: *“Olhei o roteiro aqui e eu tenho uma dúvida no texto histórico, acho que uma frase aqui está trocada, hmm.... Olha essa parte... o que acha?”*.

As dúvidas referentes ao texto histórico foram sanadas e aspectos históricos sobre o calor foram discutidos mais profundamente com os professores. Ao serem questionados sobre a compreensão do texto histórico e seu tamanho para a realização em sala de aula, os professores afirmaram que são adequados e que os roteiros levam em conta o letramento do aluno.

ProfessorPRF: *“Eu gostei [do roteiro]... é melhor do que o tradicional. Ele [o texto histórico] não é grande. Não há nada além da compreensão dos alunos [difícil, complicada], eles podem entender a ideia que está sendo transmitida. Não é exagerado em nada [...]”*.

ProfessorPRJ: *“Legal dar o contexto histórico da época, o que estava acontecendo, [no caso do Black] o que motivou ele [a fazer os experimentos]... Sim...Vocês deram ...como posso dizer, existe uma adequação né...”*.

A adequação ao qual o professor se refere foram alguns comentários que foram inseridos nas anotações de Joseph Black para auxiliar na compreensão do texto. O professor também destaca a importância do texto histórico:

ProfessorPRF: *“Então, eu acho que a parte histórica é importante para dar o contexto da experiência, orientar eles no que está acontecendo e como eles devem proceder na própria experiência [...] Então, assim, o contexto histórico é importante, o embasamento teórico é importante também, e o aluno para fazer a experiência satisfatoriamente e sem seguir uma receita de bolo, ele tem que ter muito claramente no objetivo que ele quer chegar, então é importante [o contexto]”*.

Com relação à realização dos experimentos sobre calor latente e calor específico, o professor PRF ainda não havia tido contato com o kit da Experimentoteca, portanto desconhecia o aparato experimental. Por isso, o professor pediu para realizar os experimentos, e a pesquisadora realizou a preparação.

ProfessorPRF: *“Tá legal [os roteiros], eu só queria fazer a experiência dos dois antes de aplicar. Mas assim, como se fossemos os alunos, do zero, para sentirmos as dificuldades que eles podem sentir também, e na hora também saber lidar com a situação. Pois esse experimento eu nunca fiz”.*

Um encontro foi marcado para a realização do experimento. Durante a realização do experimento, algumas dúvidas surgiram sobre o procedimento experimental, por exemplo a água ferver a menos de 100°C na cidade de São Carlos. Outra dúvida foi relacionada a deixar o termômetro tocar o fundo do béquer (próximo à fonte de calor). Nesse sentido, no momento em que a água está esquentando, o termômetro pode marcar um valor de temperatura maior do que o valor real da temperatura da água. E por fim, a última questão foi sobre o gelo já estar derretendo antes de iniciar o experimento, visto que estaria fora da geladeira no início da aula.

A primeira dúvida o professor disse que seria bom mencionar aos alunos, pois é algo que eles não iriam prestar atenção. Com relação ao termômetro tocar o fundo do béquer, o professor considerou importante avisar aos alunos para segurar o termômetro e não ocorrer uma leitura errada da temperatura. Já sobre o gelo, ele propôs utilizar a temperatura referente ao momento em que o gelo seria colocado dentro do calorímetro.

Ao realizar o experimento, o professor ainda comenta outro problema relacionado ao gelo. Ele menciona que a geladeira da escola é pequena e não há freezer, além de que necessitaria uma quantidade grande de gelo. Esses fatores impossibilitariam a realização da atividade da escola. Chegamos à solução de que levaríamos o gelo pronto à escola e deixaríamos na cantina, com a autorização do Diretor.

O professor ainda sugeriu realizar, em outro momento, o experimento para calcular a capacidade térmica do calorímetro e essa possibilidade permaneceu em aberto:

ProfessorPRF: *“Seria legal calcular a capacidade térmica do calorímetro, mas não daria tempo de fazer as duas juntas. Mas acho que seria interessante eles verem como calcula a capacidade térmica do calorímetro”.*

As modificações sugeridas pelos professores foram incorporadas à versão final do roteiro do professor e do aluno sobre calor específico e latente. Essa versão foi então novamente apresentada aos professores, que os consideraram adequados e não indicaram outras mudanças.

ProfessorPRF: *“O resto tá tranquilo [dos roteiros de calor]”.*

ProfessorPRJ: *“Gostei dos roteiros. Perfeito, eu acho que dá para aplicar sim do jeito que está”.*

As versões finais dos roteiros do professor e alunos sobre calor específico encontram-se no Apêndice B. Já os roteiros do professor e alunos sobre calor latente encontram-se no Apêndice C.

4.5 ELABORAÇÃO DO ROTEIRO SOBRE MÁQUINA SIMPLES

O roteiro de máquinas simples discute seu uso na construção das pirâmides. Nesse contexto, discutimos que essas máquinas já eram conhecidas e utilizadas antes de Arquimedes, considerado erroneamente o inventor das máquinas simples.

Para a elaboração do texto históricos utilizamos as fontes secundárias (128), (129), (130), (131), (132) e (143). Elaboramos uma primeira versão do roteiro, que foi apresentada aos professores. Os professores gostaram de termos apresentado o estudo das alavancas e polias no contexto da construção das pirâmides:

ProfessorPRF: *“Sim, isso é interessante e legal [...] Eu acho legal porque, na mídia, geralmente, e também pessoas que falam que foram alienígenas que construíram as pirâmides, que como eles levaram um monte de pedra pra lá, entendeu, é legal essa parte... [risos] Você usando a física consegue mover coisas pesadas. Você tem trabalho, mas não é impossível levantar uma pedra de várias toneladas. Usando a alavanca é possível...É legal também demonstrar essa parte teórica...”.*

Após a aplicação da atividade em sala de aula, o professor PRF sugeriu mudanças nas problematizações iniciais, de modo a incluir a gangorra e seu funcionamento, que é um objeto relacionado com a vivência e cotidiano dos alunos.

As versões finais dos roteiros do professor e dos alunos sobre máquinas simples encontra-se no Apêndice D.

4.6 ELABORAÇÃO DO ROTEIRO SOBRE REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ

Uma dificuldade que enfrentamos ao elaborar o roteiro foi escolher os recortes históricos e personagens a serem discutidos. Inicialmente, havíamos optado iniciar pelos modelos de luz de Descartes para a construção do texto histórico sobre reflexão e refração da luz, porém, ao nos aprofundarmos neste tema, percebemos que seria inviável continuar com a proposta. O texto histórico estava muito denso na tentativa de explicar os estudos de Descartes sobre a reflexão e refração da luz. Isso tornaria sua compreensão mais difícil, além do texto ficar grande e influenciar no tempo didático do professor. Optamos então, por apresentar uma visão geral dos estudos sobre refração e reflexão da luz. Como vários dos personagens abordados estudaram sobre os dois fenômenos, o texto elaborado é único. Assim o professor discute com os alunos sobre os fenômenos de reflexão e refração da luz ao mesmo tempo.

Utilizamos como fontes primária (142) e como secundárias (63,137-141). Ao apresentarmos a primeira versão do roteiro para os professores, os mesmos gostaram da forma como o texto histórico foi inserido, contextualizando o tema de forma ampla. Os professores acharam o texto histórico longo para ser usado em aula simples de 50 minutos, mas preferiram mantê-lo assim:

ProfessorPRF: *“Acho que o texto histórico por ser grande, seria interessante os alunos lerem uma aula antes sabe, o professor passar o texto antes, se for duas aulas tudo bem, mas nem sempre é duas aulas, então seria bom eles lerem antes senão não vai dar tempo. Até organizar, montar, tudo, aí não daria tempo de realizar tudo [atividade]”.*

Concordamos com a sugestão do professor de o texto ser lido antes pelos alunos, e não realizamos nenhuma modificação no texto histórico. No dia de realização da atividade, o professor pode discutir o texto histórico relacionando seu conteúdo com a problematização proposta e realizar a parte experimental.

Após a primeira aplicação em sala de aula, o professor PRF observou que com os materiais disponíveis na caixa da Experimentoteca é possível abordar a reflexão total da luz na mesma atividade da refração e reflexão da luz. Discutimos neste momento sobre como isso poderia ser feito e decidimos inseri-lo ao fim do roteiro. Como problematização inicial o

professor sugeriu incluir a fibra ótica, tema que ele cita em sala de aula e sobre o qual já havia um comentário no roteiro.

Os roteiros sobre refração da luz do professor e aluno encontram-se no Apêndice E, e os de reflexão da luz do professor e aluno no Apêndice F.

4.7 POTENCIALIDADES AO IMPLEMENTAR A ABORDAGEM HI NOS ROTEIROS

A implementação da abordagem HI nos novos roteiros mostrou potencialidades. O roteiro relaciona o conteúdo científico em questão com situações do cotidiano e experimentos, auxiliando o professor a apresentar um conhecimento que no livro texto se apresenta descontextualizado.

Visto que o novo roteiro ficará disponível na Experimentoteca para os professores, a limitação que anteriormente o professor teria para abordar algum assunto mais contextualizado, não existe mais. Sabemos que materiais didáticos que relacionam história da ciência em seu conteúdo são escassos. Os materiais que a utilizam, normalmente apresentam uma cronologia de fatos e datas e cientistas famosos. (2,71) Os roteiros reelaborados apresentam um contexto, uma motivação e um caminho histórico para os temas abordados. Assim, o novo roteiro supre a falta de materiais didáticos com conteúdo histórico e é uma alternativa de uso para os professores.

A abordagem nos novos roteiros facilita que, no momento da aplicação da atividade em sala de aula, o aluno comunique ou construa seu conhecimento mediante os diálogos traçados entre o professor e o aluno. Ao ser questionado sobre um problema, ou ao ler o texto histórico, o aluno precisa resgatar seu conhecimento prévio (visto em sala de aula ou não) e relacioná-lo com situações apresentadas no texto histórico e demandadas para a solução de um problema específico. Dessa forma, há a possibilidade do aluno construir habilidades de comunicação e compreensão e interpretação de textos, que favorecem a atividade cognitiva, a criatividade e o pensamento reflexivo.

Além disso, o roteiro reelaborado visou tornar as aulas diferenciadas, mais atrativas para os alunos e contextualizadas, envolvendo-os e deixando-os mais interessados em aprender. Esse objetivo foi discutido e aprovado pelos professores. Eles gostaram bastante do

roteiro em sua versão final, gostaram de como o texto histórico aborda os temas selecionados e de como a problematização criada está relacionada de alguma forma com o dia a dia do aluno, aspectos que consideram importantes.

Ademais, o roteiro reelaborado compartilhou muitos conhecimentos entre pesquisadora e professores, desde as dificuldades de criá-lo e os elementos que não funcionariam dentro da sala de aula, até gerar novos conhecimentos sobre as abordagens utilizadas e mediar aulas e aplicar experimentos no formato HI.

5 SALA DE AULA: A IMPLEMENTAÇÃO DOS ROTEIROS

Neste capítulo, discutimos dados coletados durante a aplicação dos roteiros reelaborados na perspectiva histórico-investigativa. Para a análise utilizamos o losango didático (LD) e as práticas epistêmicas (PE)[§]. Os pontos explicitados do LD e as PE foram utilizadas em uma tentativa de instrumentalização do losango didático. Buscamos responder perguntas tais como se a problematização criada auxiliou e engajou os alunos no processo de investigação, se o uso do texto histórico na atividade favoreceu na investigação científica e aprendizagem dos alunos, quais os papéis desempenhados pelo texto histórico, como os novos roteiros podem ser utilizados e os obstáculos enfrentados pelos professores ao mediar aulas HI.

Optamos por discutir os resultados das implementações dos roteiros separadamente, para posteriormente sintetizarmos aspectos gerais no capítulo 7. Destacamos que os resultados exibidos são os que consideramos mais relevantes a serem discutidos e os resultados não estão ordenados de acordo com as escolas A, B, C, D. Os resultados são exibidos em seções em que cada uma é referente a implementação de um roteiro. Dentro de cada seção os resultados estão separados conforme os tópicos: uso do problema inicial, uso e papeis do texto histórico e o processo de investigação dos alunos durante a atividade HI. Assim, em um mesmo tópico podemos exibir e discutir os resultados da implementação dos roteiros de várias escolas.

5.1 IMPLEMENTAÇÃO DO ROTEIRO SOBRE CALOR LATENTE E CALOR ESPECÍFICO

O roteiro sobre calor latente e calor específico foi aplicado em quatro escolas, totalizando cinco turmas diferentes do segundo ano:

[§] Utilizamos legendas nas transcrições das falas e discussões, como JB para Joseph Black, TH para texto histórico, P para pesquisadora, Ax para aluno x, LD para losango didático e PE para práticas epistêmicas.

Tabela 5 – Aplicação do roteiro sobre Calor Latente e Calor Específico

	Salas	Escola
Professor PRF	Calor específico: 1 sala com aproximadamente 30 alunos Calor latente: 1 sala com aproximadamente 30 alunos	Escola A
Professor PRF	Calor específico: 1 sala com aproximadamente 20 alunos Calor latente: 1 sala com aproximadamente 20 alunos	Escola C
Professor PRF	Calor específico: 1 sala com aproximadamente 30 alunos	Escola D
Professor PRJ que cedeu as aulas para a pesquisadora	Calor específico: 2 salas com aproximadamente 30 alunos Calor latente: 1 sala com aproximadamente 30 alunos	Escola B

Fonte: Elaborada pela autora.

Na escola A, o professor PRF aplicou os roteiros sobre calor específico e calor latente com um mês de diferença, devido ao agendamento do experimento junto à Experimentoteca e disponibilidade do professor. A aplicação nessa escola envolveu vários desafios relacionados à infraestrutura, comuns em escolas públicas do país. No caso, o laboratório era pequeno para o número de alunos por sala e esse fator dificultou a aplicação da atividade. Não havia espaço suficiente para os alunos sentarem e algumas bancadas estavam quebradas, o que gerou falta de foco e concentração dos alunos para realizarem a atividade. Na sala de aula normal, o professor já tem dificuldades em controlar o comportamento dos alunos; no laboratório, sem qualquer estrutura para acomodar os alunos, essa situação foi agravada.

Na primeira aula, o professor realizou o experimento de calor específico:

PRF: Pessoal, silêncio....[...] Vamos sentando....Pessoal.....
[minutos]
PRF: Nós vamos para o laboratório fazer um experimento sobre calor específico. Lembram que expliquei sobre isso já? Vamos relembrar...silêncio pessoal! [Explica a teoria e diz como será efetuado o experimento]
Entenderam? Então vamos para o laboratório fazer... [se direcionam para o laboratório, professor explica resumidamente como deve ser feito o experimento].
A1: De cerveja?

PRF: É de cerveja, e ela também tem uma tampinha de plástico com um furo, para a gente enfiar o termômetro. Certo? E aí, qual é a ideia? Nós vamos fazer duas experiências, vamos achar o calor específico do alumínio e vai achar o calor latente do gelo. Vou fazer uma explicação rápida...

Eu tenho, por exemplo, 500g de água dentro do calorímetro, essa vai ser a massa da água. O calor específico da água vai ser 1cal/g°C. A temperatura inicial da água, vamos supor que seja 25°C, aí a gente coloca um objeto quente aqui dentro, vamos supor que a massa desse objeto seja 500g. O calor específico desse objeto é o que eu quero descobrir, e a T_i do objeto vai ser 300°C, vou chutar também. Ai se eu coloquei uma coisa quente aqui dentro da água, o que vocês acham que vai acontecer com a temperatura da água?

Alunos: Vai esquentar.

PRF: Isso, vai esquentar, a temperatura da água vai diminuir até alcançar o quê? O equilíbrio...

A2: ...Térmico.

PRF: Agora vamos supor que a essa temperatura.... [Professor começa a realizar os cálculos na lousa e avisa que a fórmula deverá ser usada no experimento].

O professor não conseguiu controlar a sala, e infelizmente ele mudou a estratégia de aplicação da atividade. Ele recorreu ao ensino tradicional para terminar o experimento e não realizou discussões, investigações ou a leitura do texto histórico com os alunos. O professor apenas realizou a atividade experimental, fornecendo os passos que os alunos deveriam realizar.

Na entrevista com o professor, perguntou-se porque ele optou por não utilizar a abordagem HI. Ele mostrou descontentamento com o comportamento dos alunos e relatou “*pelo menos ninguém colocou fogo na sala*”. Devido a essa situação, o professor não quis aplicar a continuação do experimento, sobre calor latente.

No entanto, após alguns dias, o professor contatou a pesquisadora para saber sobre a possibilidade de aplicar o roteiro sobre calor latente nessa mesma sala. Ao ser questionado sobre motivos da mudança da ideia, o professor PRF disse que os alunos estavam pedindo muito por outra aula fora da sala de aula. Ele disse que os alunos “*estavam ansiosos*” e, portanto, decidiu dar outra chance. Percebemos neste momento o caráter motivador de aulas experimentais, pois apesar do comportamento dos alunos não ter sido o desejado, após a aula no laboratório eles ficaram animados e pediram ao professor outras aulas no estilo.

Para o experimento de calor latente, o professor iniciou a aula no laboratório e não efetuou nenhuma explicação sobre a teoria, como havia feito no experimento anterior. Após relembrar os alunos sobre o experimento de calor específico que eles haviam efetuado, entregou os roteiros e forneceu algumas orientações gerais sobre a atividade. A seguir exibimos um conjunto de quatro trechos de falas de grupos de alunos diferentes que ilustram

momentos do processo de investigação. O professor questionou os grupos de alunos sobre o procedimento experimental que estavam realizando:

PRF: E vocês, como estão fazendo?
A7: Primeiro estamos esquentando a água, e depois vamos colocar o gelo.
PRF: Mas onde vocês vão colocar o gelo?
A7: Na água.
A8: Mas pera, porque vamos colocar o gelo na água?
A7: Ué, nós vamos colocar o gelo aqui dentro [calorímetro] e depois vamos colocar o termômetro aqui e a água.
PRF: Mas que água?
A9: A água que está a 50 graus.
A7: Isso, a que está esquentando...Aí vê a temperatura que está a água com gelo. Aí vamos ver o calor que está aqui dentro. Não é isso?
A9: Do gelo derretendo....

PRF: Para que vocês estão acendendo a lamparina?
A2/3: Para derreter o gelo, não é?
PRF: Não, você vai derreter o gelo, mas como você vai fazer esse processo de derreter o gelo? Você não vai colocar o gelo para derreter direto no fogo.
A4: Não!
A2: Hm, então para que vai acender?
A4: Tem que acender sim!
A2: Então é para colocar o gelo dentro da água?
A4: Isso, na água que vai ferver aqui!
A2: Ah, então vai ferver a água e colocar lá dentro do negócio [calorímetro] e ahh...medir!
PRF: Isso!
A4: Com o gelo!
A2: Ahhh, entendi!
A4: A gente coloca a água ambiente!
PRF: Isso, ela vai estar em temperatura ambiente e depois vai esquentar né!
A2: Então tem que anotar a variação da temperatura dela?
PRF: Isso, e da água também....

A10: Bom, nós vamos medir a temperatura, quer dizer o calor latente, da fusão...
PRF: Isso, e como você vai fazer isso?
A11: Então...
PRF: Bom, você tá esquentando a água, mas então para quê?
A10: Para medir o calor dentro da água.
PRF: Hm, e aí?
A10: Não sei...
PRF: Mas você não me disse que quer medir o derretimento do gelo?
A10: Isso, então eu vou ter que jogar essa água [quente] lá [calorímetro].
PRF: É, mas por que? O que vai acontecer?
A10: A água quente vai derreter o gelo.
PRF: Isso.

PRF: Pessoal, tá tendo dúvida na quantidade de gelo, a massa do gelo que derreteu que precisa para efetuar as contas.... Como eu calculo essa massa?
--

A9: Tipo, você tem 100 ml [de água] aí depois você mede a quantidade da água com o gelo e o que tiver a mais do 100 ml é o gelo.
PRF: Isso mesmo, muito bem. Todo mundo entendeu?
Alunos: Sim!!!!

Observamos uma mudança drástica no comportamento dos alunos com relação ao experimento anterior sobre calor específico. Os alunos se engajaram na investigação científica, discutiram, questionaram as ideias e hipóteses de seus colegas e elaboraram o procedimento experimental. Os alunos, quando responsáveis por elaborar os experimentos sozinhos, se sentiram instigados e interessados em realizar o procedimento experimental. Percebemos também o interesse dos alunos no momento em que houve presença de questionamentos e tentativas de respostas e explicações entre os alunos dos grupos. Além disso, o processo de investigação foi favorecido, pois o professor atuou como mediador, conduzindo os alunos de forma investigativa.

Apesar do professor não ter utilizado a questão problematizadora e o texto histórico, os alunos se comportaram muito melhor do que no experimento sobre calor específico. O professor reportou que foram os alunos que se interessaram e pediram outra aula no laboratório e ele não precisou “*dar bronca*” sobre o comportamento deles, que “*eles [os alunos] que se comportaram melhor mesmo*”. O professor ainda comentou que considerou a segunda aplicação da atividade “*bem melhor que a outra aplicação [primeira]. Não teve stress, confusão. Eles foram mais comprometidos, achei legal isso*”.

O professor comentou que não utilizou a problematização e o texto histórico, pois achou que a atividade de calor latente iria ocorrer de maneira semelhante à atividade de calor específico, com os mesmos problemas comportamentais dos alunos. Assim, se sentiu inseguro e decidiu iniciar a atividade de calor latente lembrando os alunos sobre a atividade anterior e discutindo acerca do experimento que iriam realizar. Essa discussão naturalmente conduziu os alunos à realização do experimento e nesse momento ele optou por não utilizar a problematização e o TH.

Ao analisar as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD nos quatro trechos de falas acima, a prática PE1 (produção do conhecimento) e PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) foram contempladas no momento que os alunos construíram e relacionaram informações e formularam explicações ao serem questionados pelo professor ou colegas. A prática PE3 (análise do conhecimento) quando avaliaram afirmações e explicações

dos colegas, PE4 (planejar investigações e realizar testes experimentais) no momento em que discutiram sobre quais variáveis estão relacionadas com o experimento e deveriam ser coletadas. As práticas PE5 (instrução do conhecimento), PE6 (organização do conhecimento) e PE7 (avaliação do conhecimento) foram contempladas no momento que o professor estimulou a reflexão dos alunos, mediou as discussões e organizou as ideias dos alunos e verificou ações dos alunos. As práticas específicas contempladas dizem respeito de como a investigação foi produzida, comunicada e analisada pelos alunos, corroborando com professor atuando como mediador e motivando os alunos na investigação.

Enfatizamos um momento ocorrido na escola A, ao final do experimento sobre calor específico. Um aluno perguntou à pesquisadora sobre um dos materiais que utilizaram para o experimento:

A5: Moça, o amianto não pega fogo?
P: Não.
A5: Então eu vou fazer uma casa de amianto.
P: O problema é que ele é tóxico.
A5: Ahhh.. [gesticulando negativamente]

O aluno, ao entrar em contato com materiais a que normalmente não está acostumado, refletiu sobre o mesmo e sugeriu uma possibilidade de uso. O aluno reagiu de forma bem negativa à resposta, mostrando descontentamento. A aproximação do conhecimento científico com o mundo material fez o aluno realizar observações de fenômenos que normalmente não faria. Esse evento ocorre quando o professor realiza atividades fora da aula de aula, levando os alunos ao laboratório, por exemplo. Nessas situações, verificamos a importância do uso de metodologias alternativas e contato com materiais. (9,77,80)

A aplicação do roteiro sobre calor específico na escola D com o professor PRF foi semelhante à aplicação descrita acima, da escola A. Ao analisar os dados, verificamos os mesmos “problemas e resultados” discutidos acima. Na primeira aplicação o professor PRF não conseguiu inserir o estilo HI e mudou sua aula para o ensino tradicional. Mesmo fornecendo orientações aos alunos, não conseguiu realizar todo o experimento por falta de tempo. Os alunos pediram outra aula no estilo e o professor resolveu dar outra chance aos alunos, como na escola A. Ele realizou a aplicação do experimento sobre calor específico de novo, na mesma sala. Essa aplicação conseguiu ser realizada no tempo de duas aulas de 50 minutos. O professor trabalhou de forma investigativa com os alunos, mediando os alunos no procedimento experimental. Nessa escola D ele também não utilizou o TH e a

problematização inicial pelo mesmo motivo. Verificamos uma mudança no comportamento dos alunos e, como consequência, a atividade conseguiu ser realizada. Os alunos se comprometeram mais com a atividade e investigações científicas ocorreram.

Nesse sentido, não apresentamos a análise dessa aplicação aqui, visto que a análise dos dados coletados dessa aula é semelhante ao resultado da análise dos dados da escola A discutidos acima.

5.1.1 Problematização inicial e a investigação

Na escola B, o professor cedeu as aulas e pediu para a pesquisadora realizar a atividade com os alunos. Essa foi a primeira aplicação realizada com o professor PRJ, e inicialmente ele não havia demonstrado que não realizaria a atividade. Por conta desse contratempo, na primeira aplicação (sala 1) a pesquisadora não utilizou a problematização ao iniciar a atividade. Em ambas as salas houve vários momentos que o professor PRJ se ausentou da aula e não acompanhou o andamento total da atividade.

Na sala 2 da escola B, a pesquisadora iniciou a aula questionando os alunos sobre o que eles entendiam sobre calor específico e como um experimento sobre o assunto poderia ser realizado. Em seguida ela lançou a problematização inicial (num dia de sol a lataria de um carro está muito mais quente ao que, por exemplo, a parede de uma casa):

A1: Acho que deveria fazer testes com temperaturas ou testes térmicos em diferentes materiais e com uma determinada quantidade de energia durante um tempo...
P: Exato, é algo próximo disso que vamos realizar. [P lança a problematização aos alunos]
A2: Por causa da densidade?
P: Pensem assim, o que influencia um material esquentar mais que o outro? Temos o mesmo Sol esquentando, e por que isso?
A8: Igual meu primo...ele deixa o carro dele no sol por muito tempo, que não tem cobertura....aí descascou o carro...
A3: É que alguns materiais são mais condutores de calor...
P: Tá, a lataria do carro conduz mais calor que a parede, mas não é isso...
A10: A temperatura...
P: Está envolvida... [...] Mas se eu estou fornecendo uma quantidade de calor e cada um absorve diferente, devido a que propriedade?
A4: Devido ao tanto que o material absorve de calor...
Vários alunos: Ah...calor específico.
P: Isso!! [sintetiza as ideias nomeando conceitos]

Quando questionados pela pesquisadora, os alunos refletiram e discutiram ideias acerca do problema proposto. A problematização criada, por remeter ao cotidiano, fez os alunos pensarem e considerarem variáveis envolvidas no fenômeno, engajando-os em uma investigação científica.

Ao analisar as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD, verificamos a presença das práticas PE1 (produção do conhecimento), PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento), PE3 (análise do conhecimento) e PE4 (investigar planejar investigações científicas) no momento que os alunos discutiram, formularam explicações, avaliaram a explicação dos colegas e discutiram as variáveis envolvidas no fenômeno, buscando uma resposta ao problema. As práticas relacionadas ao professor também estavam presentes, PE5 (instrução do conhecimento), PE6 (organização do conhecimento) e PE7 (síntese e avaliação do conhecimento), quando a pesquisadora guiou a investigação dos alunos, mediou discussões, estimulou a reflexão e nomeou conceitos. As práticas específicas contempladas comprovam os momentos de investigação alcançados pelos alunos e mediados pela pesquisadora.

5.1.2 Papéis do texto histórico na investigação

Na sala 1 da escola B, a pesquisadora entregou o roteiro sobre calor específico para os alunos realizarem a leitura do texto histórico. Por ser um TH que possui as anotações de Joseph Black, a pesquisadora se preocupou em verificar a compreensão do texto por parte dos alunos. Exibimos a seguir dois trechos de falas de diferentes grupos de alunos discutindo sobre o TH de calor específico (apêndice B):

A10: Eu entendi que ele [Joseph Black] determinou a diferença entre calor e temperatura e também no caso tinha o calor sensível e que hoje conhecemos como calor específico.
P: O que mais....ele aqueceu diferentes materiais..
A9: Isso, o ferro a 20 graus.
A10: Para ver como cada substância se comportava...
P: E como se comportava?
A10/11: Diferentes, por causa da substância.
P: E o que mais?
A11: Temperatura?
P: Tá mas pensa assim, se eu esquentar duas coisas diferentes só que com a mesma massa...
A10: Tem que ver qual demora mais tempo...
A11: Um vai esquentar mais e o outro menos.
P: Isso, e por quê? O que está influenciando?

A9: A substância.
que influencia ela?
A10: O calor específico.
A11: Ahhhhh...
P: Cada material tem um calor específico diferente, e isso faz com que eles se esquentem diferentes, absorvam calor de forma diferente.
A9: Entendi!

A5: Esse cara aí [JB] conseguiu distinguir o que era temperatura e calor...
A7: É, usando água e mercúrio. Ele foi usando quantidades diferentes e ele viu que não era a mesma coisa, tipo, meio quilo de água e de mercúrio não era a mesma quantidade de calor que você precisava, e aí foi fazendo experimentos...
A6: Aí ele foi numa sala lá com materiais diferentes, como fala aqui: <i>se tivéssemos mil massas de matéria de mesma forma e tamanho, mas de diferentes materiais, e todas fossem colocadas na mesma sala até que assumissem a mesma temperatura</i> , aí a quantidade de calor não era igual dos elementos, era diferente.
P: E essa diferença é devido ao quê?
A7: ...ao calor específico.
P: Isso, porque cada material vai ter ...
A7: ...um calor específico diferente.

O TH motivou os alunos a trabalharem em suas ideias para responderem às perguntas feitas pela pesquisadora. Neste caso, o TH funcionou como um estímulo inicial, promovendo a inspiração e reflexão tanto no momento inicial da investigação quanto ao longo de todo o processo de investigação ao fornecer subsídios conceituais para os alunos discutirem sobre os experimentos realizados por Joseph Black. Os alunos ainda utilizaram o TH de forma a retomarem anotações de Joseph Black para explicarem o conceito de calor específico. A pesquisadora motivou os alunos que participaram ativamente. Os alunos levantaram hipóteses sobre as variáveis responsáveis pelo fenômeno, debateram e argumentaram entre seus pares de forma a concluírem sobre o conceito científico abordado.

Já na sala 2 da escola B, os alunos iniciaram a leitura do TH sobre calor específico (apêndice B) e a pesquisadora esclareceu algumas dúvidas e discutiu o texto com os alunos. A seguir exibimos dois trechos de falas de diferentes grupos de alunos:

A6: Aqui fala da vida dele, desde quando nasceu até quando ele foi estudando o calor específico.
A6: Isso, e que também ele viu que as pessoas confundem calor com temperatura....
A7: Aqui também fala sobre a temperatura dos corpos que vai ser igual..
P: Não, aqui tá falando que a distribuição do calor que vai ser a mesma...[...]

A5: Entendi sobre o calor específico que tem algumas matérias que são bem rápido de esquentar e algumas matérias mais devagar....
P: Exato...materiais esquentam de formas diferentes...E o que mais? Pensa na problematização que discutimos da parede e do carro no sol...
A7: Então, mas ele dá um exemplo da massa de ferro muito quente e que vai ter a mesma distribuição...
A5: Ele deu o exemplo do ferro, tipo, entendi que... se eu colocar um ferro quente com um pote de água e mercúrio, o mercúrio por exemplo vai esquentar mais rápido só que ele vai utilizar menos energia tipo, menos quantidade de calor que a água para esquentar...e isso é por causa do calor específico...
P: Exatamente... ele fez esses experimentos e descobriu que os materiais reagem diferente ao serem aquecidos e descobriu que era por causa do calor específico. [sintetiza explicação sobre o conceito e relaciona à problematização]

P: Tô vendo o que você está falando do Joseph Black...sobre duas substâncias de massas iguais e aqueceu..
A14: E ele descobriu que para atingir a mesma temperatura era diferente a quantidade de calor que ia precisar para aquecer cada uma, mesmo as massas sendo iguais.
P: E isso foi devido ao quê?
A15: Deixa eu ler uma coisa aqui de novo [...]
A15: Ah, a gente tem materiais diferentes, mas se tivermos o mesmo peso né, a massa igual.. eles vão absorver calor diferente
A14: Porque cada um reage de uma maneira com o calor.
A16: Por causa da composição?
P: Tá, mas o que mais?...Vamos ler de novo... [...]
A14: Eu acho que então deve ser o calor.
P: Calor? Que calor? Como assim?
A14: Entendi que é o calor específico...

A pesquisadora utilizou o texto histórico de forma que auxiliasse os alunos na compreensão do conceito científico abordado. Os alunos retomam o texto e realizam explicações sobre o que compreenderam. No momento da leitura, os alunos questionaram algumas variáveis responsáveis por esquentar um objeto e concluíram sobre a característica responsável por tal fenômeno. Dessa forma o TH desempenhou o papel de reflexão para os alunos no momento inicial da investigação científica e construção do conhecimento. Além disso, a pesquisadora utiliza o TH de forma a conectá-lo com a problematização que foi discutida inicialmente na aula. Assim, discussões realizadas anteriormente auxiliam os alunos a discutirem sobre o TH.

Ao analisar as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD das falas da sala 1 e 2 da escola B, verificamos que a prática PE1 (produção do conhecimento) e PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) e PE3 (análise do conhecimento) foram favorecidas no momento que os alunos construíram argumentos e formularam explicações ao

serem questionados sobre partes do texto histórico, avaliaram afirmações, e no momento que discutiram e apresentaram soluções para os questionamentos da pesquisadora.

A prática PE4 (planejar investigações e realizar testes experimentais) foi contemplada no momento em que discutiram sobre quais variáveis seriam responsáveis para mudanças no comportamento de um material. As práticas PE5 (instrução do conhecimento), PE6 (organização do conhecimento) e PE7 (avaliação do conhecimento) foram contempladas no momento que a pesquisadora estimulou a reflexão dos alunos, mediou as discussões e organizou as ideias dos alunos e nomeou conceitos guiando-os para a construção do conhecimento. As práticas específicas contempladas dizem respeito à investigação realizada pelos alunos ao interpretarem e discutirem o texto histórico com a pesquisadora.

Durante a realização da parte experimental sobre calor específico na sala 2, um dos grupos de alunos questionou a pesquisadora sobre o experimento que estavam executando:

A4: Moça, uma dúvida. O objetivo do experimento é o que?
P: Qual é?
A4: Identificar as trocas de calor.
P: O que mais?
A5: Ver as variações de temperatura.
P: Hum, e a peça de metal?
A5: Então, a gente quer medir as trocas de calor, a variação de temperatura.
P: E isso implica no quê?
A4: A pecinha estava numa temperatura inicial, agora está outra. A água também.
P: Tá, e aí? [...]
A5: Massa, variação de temperatura e ...
A4: Calor específico.
A5: Então o objetivo é medir o calor específico da peça metálica.
P: Isso, que é de alumínio. [...]
P: E sobre o TH, o que tem a ver com o experimento?
A3: Não entendi muito bem.
P: O que vocês entenderam?
A3: Ele fez um experimento com mercúrio e água.
A4: Deixa eu ver aqui direito. [...] [alunos voltam a ler o TH]
A3: O que tem a ver então, isso com o experimento?
P: Eu que te pergunto! Tentem relacionar o que JB fez...
A5: O que tem a ver é que ele fez a mesma coisa que a gente. Ele tá medindo o calor numa quantidade de mercúrio e depois desse processo ele mede a da água. E viu a diferença.
A4: É está certo.
P: E essa diferença consiste no quê?
A3: Não sei.
A5: É o calor específico, o que estamos fazendo agora né...
A3/4: Ahhhh!!!!

Os alunos identificaram variáveis envolvidas no procedimento experimental, e discutiram com a pesquisadora. Quando questionados sobre a conexão entre o TH e o experimento, inicialmente, os alunos não conseguiram compreender qual era. Esse limite ocorreu, pois, normalmente os alunos não têm contato com a HFC, e não estão acostumados com a abordagem. Ao retomarem a leitura e discutirem novamente sobre o conteúdo do TH, eles compararam e compreenderam que o experimento realizado por Joseph Black era, de certa forma, o que estavam realizando. Dessa forma, o TH desempenhou o papel de ajudar durante a atividade e fazer com que os alunos refletissem sobre o experimento realizado. Além disso, percebemos como o TH contextualizou a atividade ao fazer com que os alunos compreendessem o objetivo do experimento que estavam realizando. Assim o TH desempenhou o papel de auxiliar na atividade, fornecendo subsídios conceituais para os alunos entenderem o experimento e favorecendo na aprendizagem dos alunos.

Visto que os alunos estavam engajados no processo de investigação, mediado pela pesquisadora, para discutirem o TH e os conceitos físicos envolvidos no assunto, as mesmas PE presentes entre os vértices do LD nas falas acima foram contempladas.

A aula na escola C foi atípica. A sala possui cerca de 20 alunos, porém no dia da aplicação da atividade, somente dois alunos participaram da aula. Esse fato ocorreu por dois motivos, primeiro porque a aula de física é a última aula na sexta-feira. O professor disse que normalmente alguns alunos faltam. Segundo porque os professores das aulas anteriores faltaram, e os alunos resolveram ir embora da escola. Dessa forma não esperaram para a aula de física. Apesar desse evento, o professor realizou a atividade HI sobre calor específico (apêndice B) com os dois alunos presentes:

PRF: Tem uma historinha aqui só para vocês entenderem o que é que tá acontecendo tá. [...] Vocês querem que eu leia junto com vocês, ou vocês leem sozinhos?
A1: Lê para nós professor.
PRF: Quer que eu leio e vocês acompanham a leitura? Pode ser?
A2: Pode ser.
PRF: Ó, vamos começar então [...] <i>Em 1760, Joseph Black esclareceu a diferença entre temperatura e calor,</i> Temperatura é uma coisa, calor é outra coisa, uma coisa não tem nada a ver com a outra... <i>...introduzindo o conceito de calor sensível, chamado hoje de calor específico. Ele notou que corpos de massas iguais e de substâncias diferentes, inicialmente à mesma temperatura, precisavam de quantidades de calor diferentes para atingir a mesma temperatura.</i> Ou seja, se eu tiver uma mesma quantidade de óleo numa panela e numa outra panela igualzinha eu tiver a mesma quantidade de água e colocar ela no fogo, qual a panela que vai esquentar primeiro, mais rápido?
A1: A de água!
PRF: Não. A de óleo. [risadas]

A2: Ah, a de óleo!
PRF: Vamos pegar assim, outro exemplo. Você tem um pedaço de ferro e um pedaço de madeira, certo, qual você acha que esquenta mais rápido?
A1: O ferro.
PRF: O ferro! Tá certo? Então você tem a mesma quantidade de material e se você colocar no fogo ou você esquentar objetos diferentes o que vai acontecer? Tem objeto que esquenta mais rápido que o outro, certo e isso tá relacionado com calor específico. Beleza?
Alunos acenam com a cabeça!
PRF: Bom, olha só, são palavras dele [Joseph Black]. <i>Parece, portanto, do resultado geral de tais experimentos, que, se tivéssemos mil massas de matéria de mesma forma e tamanho, mas de diferentes materiais, e todas fossem colocadas na mesma sala até que assumissem a mesma temperatura; se introduzíssemos nessa sala uma grande massa de ferro vermelho quente, o calor desta, quando comunicado a todos os diferentes corpos ao mesmo tempo, poderia ser suficiente para aumentar a temperatura de todos eles em 20 graus; o calor do ferro assim comunicado, embora produzisse um efeito igual sobre cada um destes corpos, em aumentar sua temperatura de 20 graus, não seria, contudo, dividido ou distribuído igualmente entre eles.</i>
PRF: O que acontece aqui, vou explicar...Você tem uma sala certo, e você tem materiais diferentes nesta sala, vamos supor que você coloque, na mente certo, na imaginação né, porque na prática é quase meio que impossível de fazer isso, mas uma bola gigantesca assim hiper quente, vermelhona, o que vai acontecer com o calor dessa bola? Vai irradiar para todos os corpos, tá certo? Mas todos os corpos vai pegar a mesma quantidade de calor?
A1: Acena com a cabeça não.
PRF: Não. Tem corpo que vai pegar mais calor do que outros corpos, tá certo? Ou seja, a quantidade de calor que chega em todos os corpos é a mesma quantidade, tá certo, tudo bem? Mas qual corpo vai esquentar primeiro, tem corpo que vai esquentar rapidão e tem corpo que vai demorar mais para esquentar e menos, certo, tranquilo?
A1: Certo.
PRF: [Professor termina a leitura] Então tudo isso tá relacionado com o quê? Com calor específico, um negócio chamado calor específico, beleza?
A2: Beleza.
PRF: Então a experiência que a gente vai fazer hoje é o que, é calcular o calor específico, no caso a gente vai calcular o calor específico do alumínio. [...] A ideia é de vocês pensarem um jeito de fazer a experiência...

O professor realizou a leitura do TH com os alunos, porém o professor não motivou os alunos a interpretarem e discutirem sobre o texto ou realizou questionamentos. Assim, o professor utilizou o TH nessa atividade de forma a recordar aos alunos a matéria estudada em sala de aula. Porém, a forma como o professor utilizou o TH, o texto desempenhou um papel relacionado somente ao professor e sem contribuições na aprendizagem dos alunos.

As práticas epistêmicas não foram contempladas nessa discussão, visto que o professor não engajou os alunos em uma investigação científica para produzirem, comunicarem, analisarem o conhecimento e planejarem investigações científicas.

Nessa sala da escola C, o professor realizou o experimento de calor específico e calor latente na mesma aula. Ele não utilizou o TH relacionado ao calor latente e quando

questionado sobre o ocorrido, argumentou que achou que não iria ter tempo hábil para discutir o TH com alunos.

5.1.3 Os alunos e o processo de investigação científica na realização do experimento

Na escola B, na sala 1, os alunos realizaram a parte experimental da atividade sobre calor específico e a pesquisadora discutiu os procedimentos adotados. A seguir exibimos dois trechos de falas de diferentes grupos de alunos:

A7: Só colocamos a água por enquanto.
P: E depois vocês vão fazer o quê?
A8: Depois vamos medir a temperatura da água e...
A9: E depois mede a temperatura quando esquentar.
P: Isso, mas para que tem isso aqui então? [calorímetro]
A10: Para isolar o calor né.
A9: Coloca isso aqui dentro depois [pecinha] para manter o calor.
P: Manter o calor...hm, mas o que vai acontecer?
A8: Hmm...não sei.
A9: Sei lá.
P: Pensa, esse é o calorímetro.
A10: Depois de esquentar vai colocar aqui né?
P: Mas a peça sozinha, quente?
A8: Calma, tô pensando nas alternativas.
P: Vocês não me falaram que isso aqui é para manter o calor?
A9: É, porque é um isolante.
P: Vamos colocar a pecinha de metal aqui dentro para poder medir o calor específico, certo? Mas e aí, o que tem que ter aqui dentro?
A10 e 9: Água
P: Isso, mas água? Porquê?
A8: Temperatura ambiente.
P: Porquê?
A8: Porque quando colocar a pecinha quente, vai esquentar a água.
A7: Ah, entendi.
A10: Aí espera um pouco?
P: O que acha?
A10: Acho que sim, para ficar igual, a água vai esquentar e ele [peça] vai esfriar.

A11: Já esquentei a peça de metal...
P: Tá, e agora?
A11: Agora tem que colocar ele aqui na água [dentro calorímetro] e vai medir ele em relação a água ambiente.
P: Como assim medir ele em relação..
A11: A temperatura dele em relação a água.
P: Então, mas você vai colocar ele aqui dentro agora certo? O que vai acontecer com a água aqui dentro?

A11: Vai esquentar
P: E a peça?
A11: Vai esfriar..vão entrar em equilíbrio.
A12: É, porque daí a peça aqui dentro, vai esfriar. Vão entrar em equilíbrio térmico [água e peça].
P: Isso tudo para...
A12: Calcular o calor específico dele [peça].
A11: Sobre a variação de temperatura...
P: Mas qual é essa variação de temperatura? Vocês colocaram água aqui dentro com a peça, e agora eles estão em outra temperatura, por quê?
A12: Porque o metal tá passando calor para a água..
P: E a água agora está em uma outra temperatura, do que estava inicialmente, concorda?
A11: Sim, entendi. Essa é a variação de temperatura. [P sintetiza o conceito]

A pesquisadora questionou os alunos de forma a instigá-los na investigação científica, atuando como mediadora. Os alunos, por sua vez, responderam de forma ativa, argumentando e discutindo sobre variáveis relacionadas ao experimento e os procedimentos que estavam realizando.

Percebemos também, pela primeira fala acima, que em certo momento os alunos não conseguiram responder aos questionamentos da pesquisadora. O aluno A8 apresentou uma dificuldade na investigação ao não conseguir levantar mais hipóteses e relatar que estava “*pensando nas alternativas*”. A pesquisadora realizou mais questionamentos e retomou discussões e explicações realizadas pelos alunos anteriormente. Ao fazer uma pergunta mais direcionada, questionando os alunos sobre a função do calorímetro, os alunos conseguiram refletir e apresentar ideias e explicações sobre o questionamento. A pesquisadora não ofereceu a resposta aos alunos, mas mediou a discussão de forma mais direcionada nesse momento.

Ao analisar as práticas epistêmicas relacionadas ao LD nos dois trechos de falas acima, foram favorecidas a PE1 (produção do conhecimento) no momento em que os alunos discutiram, formularam explicações e construíram argumentos, PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) quando relacionaram informações e apresentaram ideias, PE3 (análise do conhecimento) quando avaliaram uma explicação e evidência, PE4 (planejamento de investigações e realização de testes) quando realizaram o experimento, coletaram dados, e discutiram variáveis envolvidas, PE5 (instrução do conhecimento) quando a pesquisadora guiou os testes experimentais, PE6 (organização do conhecimento) quando a pesquisadora mediou as discussões, esclareceu dúvidas, resgatou conhecimentos prévios e estimulou a reflexão e PE7 (síntese e avaliação do conhecimento) quando a pesquisadora verificou a

interpretação e nomeou conceitos. Portanto, as práticas específicas contempladas estão associadas à investigação realizada pelos alunos.

Na escola C, o professor PRF iniciou a discussão com os alunos sobre como o procedimento experimental de calor específico poderia ser elaborado:

PRF: Ó, é esse negócio aqui que vocês vão medir [mostra a peça de metal] o calor específico, esse é de alumínio tá. Não se preocupem que vou ajudar, dar uns toques.
A1: Esse é aquele de gazinho aí? [perguntado sobre a lamparina]
PRF: Isso aqui a gente vai colocar álcool e vai colocar fogo aqui, isso é uma lamparina.
A1: Igual colocar óleo diesel naquelas lâmpadas?
PRF: O quê?
A1: Colocar óleo diesel no pano... É igual?
PRF: É...é parecido..isso! [Começam o experimento].
A2: Mas vai colocar onde isso aqui? No pano?
PRF: É, na lamparina. Colocar fogo aí para depois esquentar a água.
PRF: [...] A ideia é de vocês pensarem um jeito de fazer a experiência...
A2: Mas eu não sei fazer.
PRF: Aí é que tá.
A2: Eu acho que tem que fazer assim, pegar isso aqui [béquer] colocar aqui [em cima da lamparina] e fazer isso aqui [colocar o termômetro dentro].
PRF. Sim, o que vocês acham que a gente vai fazer com isso aqui? [mostra a peça de metal]
A1: Vou colocar o fogo aqui [lamparina]...aí coloca água aqui e coloca aqui [mostrando água dentro do béquer e o béquer em cima da lamparina]. Aí na hora que esquentar coloca o bagulho aqui dentro [calorímetro]. Aí fecha e vê a temperatura.
PRF: Isso...mais ou menos.
P: O que é bagulho?
A1: O termômetro.
PRF: O objetivo do experimento é medir o calor específico disso aqui [peça], certo? O quanto de calor ele vai absorver, tá certo? Então a gente tem que esquentar de alguma forma, isso, certo? Como você acha que tem que esquentar?
A1: Colocando ele na água?
PRF: Colocando na água. Muito bem!
A1: Ferver?
PRF: É. [...] Coloca o termômetro aí vê a temperatura, tranquilo?
A1: Tranquilo
PRF: Aí com o termômetro, marcar a temperatura da água e como tá em equilíbrio térmico, que é a mesma temperatura, o que tá aqui [peça] vai tá na mesma temperatura da água, certo?
A1: Certo.
PRF: E depois que tá quente, o que eu vou fazer com isso aqui? Qual a ideia? [peça quente]
A1: Colocar esse ferro aí dentro, aí fecha aí dentro. [calorímetro]
PRF: Isso. Aí fecha e mede a temperatura de equilíbrio, certo. Só que antes tem que colocar o que aqui dentro [calorímetro]?
A1: Água.
PRF: Certo! Então temos que marcar três temperaturas. E a quantidade de água, qualquer quantidade de água que você quiser.
A1: Uhum. Vou colocar metade.

O professor tentou deixar os alunos livres para responderem ao seu questionamento, de forma a motivá-los a participar ativamente desse processo. Os alunos estavam interessados na atividade experimental e apresentaram algumas ideias sobre a elaboração do procedimento experimental. Porém eles possuíram mais dificuldades em realizar o procedimento experimental, e dessa forma, o professor interferiu dando dicas com frequência.

Ainda na mesma escola C, o professor PRF realizou com os dois alunos presentes o experimento sobre calor latente. Ele discutiu com os alunos sobre a atividade que seria realizada:

PRF: [...] O gelo, ele vai derreter certo?
A1: Certo
PRF: E a gente vai precisar de uma certa energia para fazer ele derreter. Se você deixar ele aqui (em cima da bancada) ele vai levar um tempão, se você colocar fogo nele ele vai derreter rapidinho. O calor que ele vai absorver vai ajudar ele a derreter beleza?
A1: Beleza
PRF: A gente vai calcular quanto de calor é necessário para derreter o gelo beleza? O experimento é isso. Então o que vocês vão fazer?
A1: Esquentar água. [...] Mas eu não joga o gelo aí dentro não né? [béquer]
PRF: Não
A2: Joga ali né [calorímetro]
PRF: Isso. Então vai, mãos à obra.
Começam o experimento.
A1: Vou colocar 140ml [para esquentar]. Mas aí vai subir a água e como vou fazer para medir depois [a massa do gelo derretida na água]? Tem que por menos.
PRF: Uh, é verdade...você pensou! [risos].
A1: Vou colocar menos.

O professor tentou debater com os alunos e discutir sobre a elaboração da parte experimental. Como os alunos haviam acabado de realizar o experimento sobre calor específico, ficou mais fácil de assimilar o procedimento que realizariam no experimento sobre calor latente. Ainda assim, percebemos que o professor dominou o discurso e interferiu fornecendo orientações.

Ao analisar as práticas epistêmicas relacionadas ao LD nos dois trechos de falas acima, foram favorecidas a PE1 (produção do conhecimento) no momento em que os alunos formularam explicações, PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) quando apresentaram ideias, PE3 (análise do conhecimento) quando complementaram ideais, PE4 (planejamento de investigações e realização de testes) quando realizaram o experimento, coletaram dados, e discutiram variáveis envolvidas, PE5 (instrução do conhecimento) quando o professor guiou os testes experimentais, PE6 (organização do conhecimento) quando

mediou as discussões, e estimulou a reflexão e PE7 (síntese e avaliação do conhecimento) quando o professor verificou ações.

Em certo momento da investigação sobre calor específico na escola B, o aluno A3 fez a conexão de uma etapa da atividade com seu cotidiano:

A2: A gente coloca isso aqui? A peça aqui dentro e coloca o termômetro aqui dentro e vai esquentar...
A1: É...tem que esperar um pouco aí mede e vê a temperatura que está...
A2: Ai depois a gente tira...
A3: E coloca a peça aqui dentro, mas também vai ter água aqui dentro...funciona como uma garrafa térmica aqui dentro.... depois a água vai esquentar e a peça esfriar...ai vamos medir a temperatura pra ver o quanto variou.

O aluno trouxe para a sala de aula sua vivência e as concepções prévias. Ao observar um material ele associou a algo conhecido de seu dia a dia para realizar explicações aos colegas de grupo. Novamente percebemos a importância do dia a dia do aluno estar inserido em sua aprendizagem. (8,22,37-38)

5.1.4 Análise dos relatórios dos alunos

Na escola B, o professor pediu para os alunos produzirem um relatório sobre a atividade realizada. O professor deixou os alunos livres para elaborarem o relatório da maneira que considerassem adequadas. A seguir apresentamos alguns recortes desses relatórios para analisar como o texto histórico ou algum momento do processo de investigação do procedimento experimental influenciaram na elaboração dos relatórios. Salientamos que as práticas referentes ao professor não foram analisadas nos relatórios. Os relatórios são sobre o experimento de calor específico (o professor não pediu que os alunos efetuassem relatórios sobre o experimento do calor latente):

Resumo:
 Conforme foi apresentado no texto, o calor específico é uma propriedade específica de cada matéria, ou seja, uma matéria precisa de uma maior quantidade de calor do que outra substância para aquecer.

Objetivo: colocar em prática o teor do calor específico.

Figura 7 – Recorte de um dos relatórios dos alunos. Legenda: “Conforme foi apresentado no texto, o calor específico é uma propriedade específica de cada matéria, ou seja, uma matéria precisa de uma maior quantidade de calor do que uma outra substância [...]”.

Fonte: Elaborada pelos alunos.

Quando diferentes objetos com massas diferentes estão em um local e são submetidos a mesma temperatura, o que determina se esse objeto aquecerá mais que o outro é o calor específico, que é o quanto de energia que o material pode absorver.

Exemplos: cilindro metálico, latão, lata de alumínio, recipiente de isopor, vidro, etc. do fogo e lamparina.

Objetivo: Descobrir qual é o calor específico do cilindro metálico.

Figura 8 – Recorte de um dos relatórios dos alunos. Legenda: “Quando diferentes objetos com massas diferentes estão em um local e são submetidos a mesma temperatura, o que determina se esse objeto aquecerá mais que o outro é o calor específico, que é o quanto de energia que o material pode absorver”.

Fonte: Elaborada pelos alunos.

Nos trechos destacados dos relatórios acima, observamos como o texto histórico foi importante para que dois grupos de alunos se baseassem nele ao construírem seus relatórios. Os alunos, no primeiro relatório (figura 7), retomaram o TH para explicarem o conceito científico sobre calor específico com suas palavras. No segundo relatório (figura 8) os alunos também utilizaram o TH para escrever o que foi destacado. Esse grupo de alunos questionou a pesquisadora sobre como poderiam começar a elaboração do relatório. A pesquisadora sugeriu aos alunos discutirem no relatório o que haviam compreendido da realização da atividade de forma geral. Os alunos nesse momento retomaram o TH para escreverem, com suas palavras, o trecho que foi destacado.

Portanto o TH influenciou na atividade fornecendo subsídios conceituais para que ambos os grupos de alunos elaborassem seus relatórios. Assim, o TH desempenhou o papel de reflexão no momento que os alunos trabalharam suas ideias articuladas com o texto, e também ajudou durante a atividade HI, no caso, a elaboração dos relatórios.

Como apontam diversos autores (2,4,55,63-64,67-70) o uso da HFC é importante para contextualizar e humanizar a ciência, permitir uma visão sobre a cultura material da experimentação científica, mostrar a evolução da construção de uma teoria, erros e tentativas até chegar a uma teoria aceita atualmente.

Ao analisar as práticas epistêmicas dos recortes dos dois relatórios acima, verificamos a presença da prática PE1 (produção do conhecimento), PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) e PE3 (análise do conhecimento) no momento em que descreveram, relacionaram informações para comunicarem o que entenderam sobre um conceito físico ou procedimento experimental e no momento em que avaliaram a evidência ou explicação que é fornecida pelo TH para a construção de seus textos. Os recortes dos relatórios não exibem práticas relacionadas ao planejamento de investigação científica e testes experimentais. Portanto a prática PE4, não foi contemplada. Assim as práticas específicas favorecidas estão associadas à investigação realizada pelos alunos ao interpretarem e discutirem o texto histórico nos relatórios.

Os relatórios a seguir, da escola B, não apresentaram nada relacionado ao texto histórico, porém apresentam processos da elaboração do procedimento experimental. Os recortes dos relatórios são dos experimentos sobre calor específico:

Procedimento:

1º colocar água no biqueira e aquecer até atingir 80°C, com o metal dentro.

2º ao atingir 80°C, retirar a água do metal, medir sua temperatura e a 'água' no calorímetro.

calorímetro:

3º colocar a termômetro no calorímetro junto com a água e o metal e observar a temperatura para se decidir.

temperatura = 31°C

massa = 21,2 g

$m_{cal} = 12,4 \text{ cal/}^\circ\text{C}$

Conclusões:

antes = 10,40 cal

$\Delta Q = 21,2 \cdot C \cdot 50$

ANTES $\Delta Q = C \cdot 1060$

21,2

250

1060

DEPOIS

$\Delta Q = M_a \cdot C_a \cdot 31 + M_p \cdot C \cdot 31$

$\Delta Q = 102 \cdot C_a \cdot 31 + 21,2 \cdot C \cdot 31$

$\Delta Q = C_a \cdot 3160 + C \cdot 1696$

0,93 cal/g°C

Figura 9 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento calor específico.
Fonte: Elaborada pelos alunos.

Figura 10 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de calor específico.
Fonte: Elaborada pelos alunos.

Alguns grupos de alunos apresentaram em seus relatórios (figuras 9 e 10) a elaboração do procedimento experimental que realizaram. A ação manipulativa da atividade foi transformada em conhecimento e comunicada na forma escrita/desenho. Além disso, os alunos realizaram cálculos matemáticos, para encontrar o valor do calor específico de um metal, comunicando o conhecimento adquirido durante a atividade.

Ao analisar as práticas epistêmicas, a prática PE1 (produção do conhecimento) foi contemplada quando os alunos elaboraram desenhos e textos para explicar como foi planejado e realizado o procedimento experimental. A prática PE2 (apropriação e comunicação do

conhecimento) quando descreveram, relacionaram informações para comunicar o procedimento experimental na forma escrita, e a prática PE4 (planejar investigações e realizar testes experimentais) no momento em que os alunos realizaram o experimento, coletaram os dados e executaram desenhos sobre o experimento proposto e realizaram cálculos matemáticos. A PE3 que se refere a avaliar explicações e evidências, não foi contemplada. As PE específicas contempladas estão relacionadas aos alunos sistematizarem a investigação do procedimento experimental que realizaram na atividade.

Sumarizando todas as discussões realizadas acima (seção 5.1), percebemos de um modo geral, que a habilidade de mediação da pesquisadora fez com que a implementação da abordagem HI fosse realizada de maneira parcialmente satisfatória. A pesquisadora conseguiu utilizar o TH e a problematização e ambos influenciaram nas discussões e na aprendizagem dos alunos sobre os temas abordados. (1-2,4,8,13-14,21-22,55,67-68,124) Houve um momento da atividade de calor específico em que os alunos apresentaram uma dificuldade relacionada à conexão do TH com o experimento. Isso ocorreu pela falta de contato com a HFC, leitura e discussões relacionadas a ela por parte dos alunos. Debater sobre a história e filosofia da ciência contribuiu para contextualizar a atividade e a compreensão dos conceitos científicos. (2,4,55,66,124) Considerando o LD na implementação da abordagem HI realizada, houve a aproximação do conhecimento científico com o mundo material, a articulação entre o saber discente com o conhecimento científico/mundo material nos momentos de utilização do TH, discussão da problematização, realização da atividade experimental e elaboração dos relatórios e o conhecimento historicamente construído na utilização do TH. Portanto, a abordagem HI favoreceu na aprendizagem dos alunos, que produziram, comunicaram e construíram o conhecimento e o nível requerido pelo roteiro foi quase alcançado.

Já o professor PRF não conseguiu implementar a abordagem HI plenamente, e consequentemente, o nível requerido pelo roteiro não foi completamente alcançado. Em algumas aplicações (escola A e D) ele teve algumas dificuldades relacionadas a infraestrutura da escola, tempo e comportamento dos alunos, que o fez recorrer ao ensino tradicional. Ele interferiu em alguns momentos da atividade, fornecendo respostas aos alunos. Nas atividades em que essas dificuldades estavam presentes, o professor optou por não utilizar o TH e a problematização. Portanto, percebemos que o apego ao ensino tradicional, habilidades de mediação do professor, controle da sala, tempo disponível na aula, insegurança do professor, e

a abordagem ser algo nova para alunos e professores, foram obstáculos que influenciaram na implementação da abordagem HI. (45-46,49,63,73,76,125-126)

Nos momentos da atividade de calor específico em que o professor PRF apresentou habilidades de mediação durante a atividade, os alunos conseguiram realizar investigações científicas. O professor PRF fez uso do TH em somente um momento da atividade e ele o utilizou de forma a recordar aos alunos a teoria abordada em sala de aula. Esse fato mostrou que faltou capacitação do professor em conseguir abordar a história da ciência, possuir conhecimento da HFC e debater as ideias, evidências e conceitos científicos presentes no TH. (63,73,76,126)

A pesquisadora e o professor PRF utilizaram o roteiro de forma qualitativa. Ambos priorizaram que os alunos compreendessem os procedimentos experimentais realizados, os fenômenos observados e, no caso da pesquisadora, a compreensão e discussão do conteúdo histórico e as variáveis envolvidas no fenômeno. Apesar do professor PRJ na escola B pedir que os alunos elaborassem relatórios valendo nota, a pesquisadora não se preocupou que os alunos comprovassem e verificassem leis matemáticas.

5.2 IMPLEMENTAÇÃO DO ROTEIRO SOBRE MÁQUINA SIMPLES

O roteiro sobre máquinas simples foi aplicado em duas escolas por dois professores em três turmas diferentes do segundo ano:

Tabela 6 – Aplicação do roteiro sobre Máquinas Simples		
	Salas	Escola
Professor PRF	2 salas com aproximadamente 35 alunos cada	Escola C
Professor PRJ que cedeu as aulas para a pesquisadora	1 sala com aproximadamente 30 alunos	Escola B

Fonte: Elaborada pela autora.

5.2.1 Problematização inicial e a investigação

O professor PRF iniciou sua aula na sala 1 da escola C explicando aos alunos que seria uma aula diferenciada e que iriam realizar alguns experimentos. Ele questionou os alunos sobre a alavanca e prosseguiu da seguinte maneira:

PRF: Sabem o que é uma alavanca?
A1: Um negócio que faz assim [mostra mexendo os braços]
PRF: É... isso aí...no caso aqui, quem brincou de gangorra quando era criança?
Alunos...Eu!!
PRF: Bom, eu sei eu ficasse na ponta como eu era gordinho, eu só ficava embaixo e o outro ficava só em cima né...
A2: Colocava duas crianças ué.
PRF: Como eu era o mais gordinho é uma solução...pode ser, ou até três crianças... mas qual outra solução? Eu sentar mais perto da metade [da gangorra]....então ó... [desenha uma gangorra na lousa] Se eu tiver a alavanca assim ó....[desenha] o apoio aqui, você fica aqui em pé e aqui a haste que vamos fazer a força...qual situação fica mais fácil eu levantar a pessoa? Uma haste maior ou uma menor?
Alunos: Pequena!.... Não, grande [alguns alunos discordam]
PRF: Sim...e se eu tenho uma força, é mais fácil fazer a força aqui [no meio da haste], ou fazer a força aqui [na ponta]?
Alunos: Na ponta.
PRF: Isso, lá na ponta.... agora lá na gangorra...se uma criança magrinha tiver na ponta e uma criança gordinha na outra ponta, o que vai acontecer? A gordinha vai para baixo e a magrinha para cima...então como falaram, tem duas soluções, ou colocamos mais crianças aqui ou então a criança gordinha senta mais perto [do ponto de apoio]. Então quanto maior o braço, da criança que levanta a outra, o que vai acontecer com a força?
Alunos: Menor
PRF: Isso, menor a força... Se por exemplo [...] eu tô com tanta vontade de dar aula, eu não acho a chave então eu vou arrombar a porta da sala para entrar....o que eu posso usar para arrombar a porta da sala?
Alunos: ...um pé de cabra...[...]
PRF: [...] Então quanto maior for o pé de cabra, terei que fazer menos força para arrombar a porta....se eu tivesse um pé de cabra deste tamanho [faz com as mãos um tamanho pequeno]
Alunos:difícil
PRF: Fica difícil isso mesmo...quanto maior, melhor.... [sintetiza as ideias nomeando conceitos]

O professor não utilizou a problematização sugerida pelo roteiro. Partiu de objetos conhecidos como gangorra e pés de cabras. Ao utilizar situações do cotidiano, o professor favoreceu a aproximação do conhecimento científico com o mundo material, ou seja, a realidade do aluno com o tema da aula para explicar o conceito sobre alavancas. O professor instigou os alunos com perguntas e atuou como mediador, sem fornecer respostas para o problema. Os alunos se interessaram em buscar a resposta para o problema, conseguiram lançar hipóteses para os questionamentos e respondê-los. (8-9,11-12)

Já na escola B, a pesquisadora iniciou a aula abordando a problematização sobre pirâmides e a ação de abrir a porta:

P: Quando vocês estão abrindo uma porta, como que conseguimos abrir a porta?
Alunos: Com a mão....
A2: Rodando a maçaneta....
A3: Abaixando [a mão].
P: Mas por que conseguimos fazer esse movimento? Fazer essa força e abrir?
A5: Porque eu tô aplicando uma força na porta para abrir....
P: Você está aplicando uma força na porta, mas o que está acontecendo?
A5: Tô rotacionando... [gesticula com a mão]
P: Isso...você está fazendo uma rotação. Quando você está girando a maçaneta e abrindo a porta você está movimentando o seu braço como se fosse o quê?
A5: Uma alavanca né...
P: Exato, agora vamos pensar em outro exemplo. As pirâmides são muito altas, com aquelas pedras gigantescas e super pesadas, então como eles faziam para construir a pirâmide? Como eles faziam para erguer as pedras?
A7: Eles utilizavam tipo uma rampa....
Alunos: Trator?? [risadas]
P: Não, não tinha isso naquela época...
Alunos: Alavancas....
P: Exatamente! [desenha na lousa a alavanca]
A12: É igual o negócio do pilar lá...
P: O quê?
A12: Se eu tenho que levantar uma pedra ...a distância é menor, a força é maior, a distância é maior, mas a força menor. [gesticulando com as mãos]
P: Isso. [Sintetiza o conceito alavanca]

Ao abordar a problematização da construção das pirâmides e o ato de abrir uma porta, a pesquisadora engajou os alunos na investigação. Trazer questionamentos cotidianos ou até mesmo perguntas relacionadas ao conhecimento geral aproxima os alunos do conhecimento científico. A pesquisadora atuou de forma a mediar as discussões e a investigação científica realizada pelos alunos, que se envolveram para responder o problema.

Percebemos pelas duas situações apresentadas a importância da problematização ao proporcionar discussões entre os alunos e trazer o cotidiano como “chave” de um problema a ser resolvido. Como apontam diversos autores (8,37-38), a problematização motiva os alunos e os faz dialogar, repensando a realidade a partir de outros pontos de vistas.

Ao analisar as PE presentes entre os vértices do LD nos dois conjuntos de falas acima, verificamos a presença das práticas PE1 (produção do conhecimento) visto que os alunos discutiram e construíram argumentos quando questionados, PE2 (apropriação e comunicação

do conhecimento) quando relacionaram informações e apresentaram ideais, PE3 (análise do conhecimento) no momento que avaliaram a explicação do professor ou dos colegas para uma dada pergunta e complementando ideias. Os alunos nessas discussões exploraram e interpretaram o conhecimento de seus pares para analisar as respostas e hipóteses dos colegas. Nessa perspectiva, os alunos produziram seu próprio conhecimento. As práticas relacionadas ao professor também estavam presentes, PE5 (instrução do conhecimento) quando o professor e P contextualizaram a atividade e guiaram a observação, a prática PE6 (organização do conhecimento) quando mediarão discussões e estimularam a reflexão e PE7 (síntese e avaliação do conhecimento) quando sintetizaram o conhecimento que foi construído. A PE4 (investigar planejar investigações científicas e realizar testes experimentais) não apareceu neste momento, pois está associada ao momento em que os alunos estão realizando o procedimento experimental e/ou discutindo variáveis relevantes ao problema. Dessa forma, nesse momento inicial de investigação ela não foi contemplada. As práticas específicas favorecidas comprovam os momentos de investigação alcançados pelos alunos e mediados pelo professor e pesquisadora.

5.2.2 Papéis do texto histórico na investigação

A pesquisadora, na escola B, utilizou o texto histórico (apêndice D) logo após questionar os alunos sobre a problematização inicial sugerida no roteiro. Ao entregar o texto histórico aos alunos, os mesmos quiseram ler em voz alta e, portanto, cada grupo leu um trecho. Após a leitura do TH pelos alunos, a pesquisadora o utilizou de forma a relacioná-lo com a problematização sobre a construção da pirâmide:

P: [leitura] Então gente, tudo que necessita muito esforço para fazer, como por exemplo, levantar uma mesa muito pesada, ou se você está fazendo uma mudança e carregar os objetos ou construir uma pirâmide como acabamos de discutir...isso é simples para nós por causa das máquinas simples, e vemos pelo texto que desde antigamente os egípcios usavam para construir as pirâmides, pois era uma coisa muito pesada, cada pedra daquela com 15 toneladas...é muita coisa né...então vamos fazer um experimento com alavancas....alguém sabe o que isso parece? [mostra a alavanca desmontada]
A6: Parece aquele negócio que você deita e coloca a cabeça para fazer abdominal [...]
A9: É como se fosse uma balança?
Vários alunos: Gangorra!
P: Isso, uma gangorra [retoma a problematização inicial para explicar o conceito] Então vamos ver na prática....Quem quer me ajudar aqui? [Solicita a ajuda dos alunos para montarem a gangorra e iniciar a discussão do experimento] O A1 vai tentar me levantar aqui na

gangorra, eu vou ficar parada aqui em cima e ela vai tentar pressionar, subir ou fazer algum outro movimento para tentar me levantar, beleza? Essa gangorra que eu tenho aqui possui 3 pontos de apoio, e vamos fazer uma variação nos 3 pontos de apoio para ver qual é o mais fácil de me levantar...tudo bem?
--

Além de relacionar o TH com a problematização (construção da pirâmide), a pesquisadora também o conectou com o experimento da alavanca que os alunos iriam realizar. Os alunos já haviam discutido sobre as alavancas na problematização e dessa forma a conexão com o TH atuou de forma reflexiva para os alunos entenderem o conceito. Com relação à prática experimental, o TH desempenhou dois papéis diferentes: auxiliou os alunos na montagem experimental e forneceu subsídios para a discussão sobre o funcionamento das máquinas simples (próxima seção).

Na sala 2 da escola C, o professor PRF iniciou sua aula pelo texto histórico (apêndice D):

PRF: Lembram o que eu expliquei na semana passada? Dos motores e da máquina de Atwood? O bloquinho.... Vamos fazer a leitura então..... [...] Ou seja pessoal olha aqui....o exemplo da pirâmide. A pirâmide é um negócio enorme tá certo, é que não estamos acostumados porque só vemos por foto, então não temos uma ideia exata do tamanho, mas é muito alto, pensa no prédio mais alto de São Carlos, é mais alto ainda certo, e como que eles iam erguer umas pedras enormes, sozinho? Sozinho não conseguem, o super homem talvez consiga....então como mover coisas tão pesadas, precisamos do quê? Guindastes tá certo? Hoje em dia temos guindastes mecânicos, mas naquela época existia guindaste mecânico?
--

Alunos: Não

PRF: Não, então como eles faziam para erguer as pedras, os blocos? Olha esses desenhos aqui ó, eles construíam alavancas, certo? Alavancas, e daí faziam força de um lado e a pedra subia do outro. Qual é a vantagem de usar alavancas?
--

Alunos:

PRF: Quem já brincou de gangorra aí? Todo mundo né? Eu sofri com isso porque sempre fui gordinho né...eu sentava numa ponta aí meu primo que era bem magrinho sentava na outra ponta, aí eu só ficava embaixo e ele só ficava em cima...e aí? [iniciam discussão sobre a gangorra]
--

Inicialmente o texto histórico serviu como forma do professor relembrar aos alunos o conteúdo teórico visto em aulas anteriores. Mas logo em seguida, o professor também o utilizou para conectar a uma situação do cotidiano, nesse caso a gangorra. Isso fez com que os alunos refletissem sobre a leitura do TH e iniciassem uma discussão sobre a gangorra (próxima seção). Percebemos, portanto, a versatilidade do texto histórico, que pode ser usado de modos diferentes e proporcionando aos alunos formas variadas de discutirem o tema abordado.

Os diálogos acima não apresentaram práticas epistêmicas. As discussões foram breves e mostraram os papéis que o TH desempenhou no início da discussão (seção 5.2.3). Portanto não consideramos que houve produção, apropriação e análise do conhecimento por parte dos alunos nesse momento.

5.2.3 Os alunos e o processo de investigação científica na realização do experimento

Continuando a atividade na mesma sala da escola B, a pesquisadora mostrou a alavanca desmontada aos alunos e montou com eles. Para ilustrar a discussão sobre os pontos de apoio da alavanca, utilizamos a figura abaixo:

Figura 11 – Ilustração da alavanca e de seus pontos de apoio P1, P2 e P3.

Fonte: Elaborada pela autora.

Assim, no momento que os alunos ou professores disseram “o terceiro ponto de apoio” em suas falas, estão se referindo ao ponto de apoio P1 da alavanca. O mesmo ocorre para o ponto de apoio P2 – “segundo ponto de apoio” e P3 – “primeiro ponto de apoio”.

P: O A1 vai tentar me levantar aqui na gangorra, eu vou ficar parada aqui em cima e ela vai tentar pressionar, subir ou fazer algum outro movimento para tentar me levantar, beleza? Essa gangorra que eu tenho aqui possui 3 pontos de apoio, e vamos fazer uma variação nos 3 pontos de apoio para ver qual é o mais fácil de me levantar...tudo bem?
Alunos: Sim.
P: Vai ser qual? [alunos começam a falar qual acham que será mais fácil].
A9: O terceiro (P1).
A10: Eu acho que vai ser o do meio (P2).
A11: Eu acho que é o primeiro (P3) .
A12: Não...é o terceiro (P1) porque, hum...vai ter que aplicar mais força no primeiro (P3)
A9: Mais aqui é mais pesado do que o lado de lá (se referindo a uma borrachinha que tem do lado em que ela pisa)
P: Então a maioria acha que é o primeiro (P3)? [continua a discussão]

A12: Mas quando a distância é maior, a força é menor...não é isso?
P: Então vamos testar, vamos começar com o primeiro que vocês falaram,...bom, A9 vai me levantar.... vamos para o primeiro (P3).
A2: E eu não acertei...
A10: É não mexeu.
P: Vamos para o do meio.....
A12:E eu acertei....
A1: Claro que não, nem mexeu....
A12: Tô falando do terceiro (P1) [mexe e todos comemoram]
A1: Porque o terceiro dá?
A9: Porque tá perto do meio da gangorra..
A1: Porque distribuiu o peso?
A15: Porque ela aplicou uma força maior [vários alunos falam isso]
A5: É igual a maçaneta da porta e aqui [referindo ao TH]....
A1: Ela aplicou uma força maior...
A12: Porque o ponto de apoio está mais próximo....
A9:eu dei um impulso para subir...
P: Ok, você deu um impulso para subir, aplicou uma força...
A10: Tem a ver de onde aplicou a força....
P: Exatamente isso, tem a ver com a posição em que está aplicando a força...
A12: Isso, é distância maior, força menor, distância menor força maior..... [repete isso várias vezes]
[P sintetiza as ideias do aluno e realiza um exemplo numérico na lousa]

No diálogo acima a pesquisadora deixou os alunos bem livres para lançarem várias hipóteses para explicar o fenômeno observado. Os alunos participaram ativamente na solução do problema, interagiram entre eles e discutiram sobre as respostas dos colegas. Eles se envolveram na investigação debatendo ideias contrárias, argumentando sobre suas posições e pontos de vista sobre o fenômeno e suas explicações. Os alunos discutiram algumas variáveis responsáveis pelo fenômeno e ainda retomaram a problematização inicial e o TH. O TH, portanto, presente nesse momento de discussão, desempenhou o papel reflexivo para os alunos. Os alunos refletiram sobre o tema, realizaram a conexão com o problema proposto e com o teste experimental que estavam realizando, construindo seu conhecimento. A pesquisadora atuou como mediadora do processo de investigação de forma a instruir, organizar e sintetizar o conhecimento produzido pelos alunos.

Continuando a atividade na sala 1 da escola C, o professor PRF discutiu sobre a alavanca e os pontos de apoio que ela possui (figura 11). Ele questionou em qual posição de ponto de apoio seria mais fácil erguer uma pessoa. O professor colocou o ponto de apoio no P3 e pediu que um aluno tentasse levantar o colega. O aluno não conseguiu e o professor mudou o ponto de apoio de lugar, no P1:

PRF: E agora?
Alunos: Vai ficar mais fácil levantar...

PRF: Por quê?
A3: Vocês são burros? Quanto mais perto o ponto de apoio, mais difícil...
Vários alunos: Claro que não...
PRF: Então fica o quê?
Alunos: Mais fácil.
PRF: Por quê?
Alunos: Porque o braço fica maior, do aluno A3... Porque está aproximando [o ponto de apoio da pessoa a ser levantada]
PRF: Então tenta A3. [aluno consegue]
A3: Ficou mais fácil..nossa..... [alunos formam duplas para testarem a alavanca]

Os alunos, como já haviam discutido sobre a problematização inicial e sobre o conceito de alavancas, conseguiram com mais facilidade responder ao questionamento do professor. O professor mediou a discussão e não precisou perguntar muito ou efetuar outro tipo de perguntas para que a maioria dos alunos respondesse corretamente sobre as variáveis envolvidas no fenômeno observado.

O processo de investigação, que compreende desde a problematização, mostra a importância das discussões para o entendimento de um conceito científico. Como aponta os autores (8,20,122) a participação ativa do aluno é base para que ele construa seu conhecimento, como observado na situação acima.

Analisando as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD, verificamos nas duas falas acima a presença das práticas PE1 (produção do conhecimento) no momento que os alunos discutiram e construíram argumentos e explicações quando questionados pelo professor ou pelos próprios colegas, PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) quando avaliaram os argumentos dos colegas, relacionaram informações e apresentaram ideais, PE3 (análise do conhecimento) quando avaliaram a explicação do professor/pesquisadora e a prática e contrapondo e complementando ideias, PE4 (planejar investigações e realizar testes experimentais) no momento que discutiram sobre as variáveis envolvidas nos fenômenos físicos em questão e realizaram experimentos. Também estão presentes as práticas PE5 (instrução do conhecimento) quando o professor/P contextualizou a atividade e guiou a observação, a prática PE6 (organização do conhecimento) quando mediou discussões e estimulou a reflexão e PE7 (síntese e avaliação do conhecimento) no momento que sintetizou o conhecimento que foi construído e verificou o aprendizado do aluno. Essas práticas específicas estão relacionadas com o processo de investigação mediado pelo professor e realizado pelos alunos.

Na sala 2 da escola C, o professor PRF desenhou uma gangorra na lousa e questionou as posições possíveis para o ponto de apoio conseguir erguer uma pessoa. Para ilustrar, ele pegou a alavanca e perguntou sobre os pontos de apoio:

PRF: Eu tenho uma alavanca que é parecida com aquela que eu tenho lá na lousa e eu vou ficar aqui e uma pessoa vai tentar me levantar do outro lado, a A5 por exemplo.... a gente tem três condições aqui ó. Uma, duas, três [muda o ponto de apoio de lugar]. Se eu colocar nessa posição aqui esse braço fica maior (P1) e se eu colocar aqui (P3) fica...
Alunos: Menor.
PRF: Isso...então eu vou colocar primeiro aqui no menor (P3) e aí A2 vai levantar A1...pode ser?
A2: Ah, porque eu?
PRF: Pode ser outra então...ó...a A7 vai tentar levantar A1...
Alunos discordam sobre a possibilidade de A7 erguer A1.
A7: Não levanta...
Alunos: Nossaaaaaa..
PRF: Tão vendo, não deu né? Mas e se eu mudar o ponto de apoio, aumentar o braço e colocar nessa posição aqui ó (P1).....vai...
Alunos: Uauuuuu!!!
PRF: Agora consegui tá vendo? Dá certo a mesma coisa com um magrinho e gordinho.....agora vou colocar no meio (P2), deu certo com mais dificuldade...
PRF: Vêm agora as duas, entenderam como é que é? Tentem em duplas agora....todo mundo vai....
Alunos fazem várias vezes um tentando levantar os outros.
PRF: Tão vendo que com o braço curto, não vai [levantar]...só se mudarmos para esta posição aqui.... Será que A3 consegue me levantar?
Alunos dialogam duvidando sobre a possibilidade. A maioria acredita que A3 não conseguirá levantar o professor.
A3: Meu deus, eu consegui te levantar... [alunos ficam surpresos]
PRF: Tão vendo. A A3 que é magrinha conseguiu me levantar...entenderam? Então é para isso que serve a alavanca, você faz uma força pequenininha de um lado e uma força grande do outro, igual quando os escravos egípcios puxavam a pedra, eles faziam uma força pequena contra a pedra pesada e grande e levantavam.....[explicação do conceito]
Alunos: Nossa!!!

O professor pediu que os alunos testassem a alavanca entre si e os alunos encararam uma situação que acharam que não conseguiriam realizar: levantar o professor. Eles partiram direto para o teste de tentar erguer o professor e não realizaram muitas discussões sobre as posições do ponto de apoio. Ao conseguir levantar o professor, os alunos ficaram surpresos com o resultado. Esse evento é importante, pois os alunos assimilaram a teoria ao confrontar com a prática. O professor ainda aproveitou a reação dos alunos para retomar o texto histórico realizando comparações entre o experimento e o TH. Essa situação, consequência da atividade HI, proporcionou aos alunos reflexão para compreenderem o conceito envolvido. (4,8,14,77)

Os momentos de investigação em que os alunos e professor discutem sobre a resposta do problema são breves. Dessa forma as PE contempladas são PE1 (produção do conhecimento) quando realizaram previsões, PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) quando relacionaram informações que o professor havia explicado na lousa, PE3 (análise do conhecimento) quando os alunos avaliaram evidências, PE4 (planejando investigações e realizando testes) no momento que os alunos testaram a alavanca e PE5 (instrução do conhecimento) quando o professor contextualizou a atividade e guiou a observação, PE6 (organização do conhecimento) no momento que o professor orientou a execução do teste da alavanca e PE7 (síntese e avaliação do conhecimento) no momento que compartilhou informações.

Na escola B, ao terminarem o experimento relacionado à alavanca, os alunos realizaram a segunda parte da atividade, sobre polias. Eles efetuaram a montagem de uma configuração com duas polias e com uma polia. Em certo momento, os alunos pediram ajuda para entenderem as configurações montadas:

P: Tá vendo essa escala aqui, 0,1; 0,2N....Então você mede a força por aqui....
A10: Mas a gente fez tudo certinho e no primeiro deu 0,10 e o outro deu 0,20N...entendeu?
P: E porque isso então? Então o que está acontecendo? Aqui estamos com duas polias, e está marcando 0,1N e quando tiramos uma, colocando o pesinho direto fica 0,2N. Então.....
A11: Ah, eu acho que é porque ficou o peso num lugar só..em uma polia....
P: Isso....uma polia está levantando o peso sozinha, então precisa de mais força, e quando há duas polias, há a distribuição do peso, e a força é menor.
A12: Agora entendi...
P: E se colocar outra polia, vai diminuir e....
A12: Cada vez mais?
P: Sim, cada vez mais..
A12: Hm.
A11: Fica mais fácil então levantar né?
P: Sim, bem mais fácil..entenderam?
Alunos: Aham.
A15: Eu acho que eu entendi...mais ou menos.
P: O que você não entendeu?
A15: Eu entendi que assim, que quando tem uma força aqui...ah....acho que não entendi...achei que tinha entendido....
P: Então vamos ver....[repetem o experimento] Com duas polias temos que força aqui? Para levantar esse peso...
A14: Quase 0.....
P: Isso a força é menor... Agora vou tirar uma polia e deixar uma só.....quanto está marcando agora?
A15: Hmmm....0,15N.
P: Porque mudou? Com uma polia 0,15N e com duas polias quase 0N? Se é o mesmo peso?
A15: Porque tá igualando? Tipo...o peso que ele tava fazendo tava igualando para as duas, aí quando foi para uma polia só, o peso dele [objeto] ficou nela sozinha...
P: Isso, houve a distribuição, a divisão do peso....Então a força de levantar o peso com duas

polias é menor que com uma polia que precisa de mais força para levantar sozinha o mesmo peso.
A15: Ahhhhhhhhhh....mais fácil, entendi!
P: Se eu colocar três polias, a força é menor....quatro, mais ainda....quanto mais polias, menor a força.
A14: Agora eu entendi.....
A15: Eu também! [P sintetiza o conceito]

Ao realizarem o experimento e trabalharem com os dados coletados, os alunos não entenderam imediatamente o conceito envolvido. A pesquisadora identificou essa dificuldade e os instigou a lançar hipóteses para explicar o fenômeno observado. Esse processo de investigação, em que os alunos testaram novamente o experimento, refletiram, discutiram e explicaram o fenômeno, fez com que os alunos compreendessem o conceito. Eles interpretaram os dados e buscaram justificativas para tal resultado, construindo argumentos e explicações.

Ao mediar a investigação dos alunos, as práticas epistêmicas presentes no vértice do LD foram contempladas. A PE1 (produção do conhecimento), PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento), PE3 (análise do conhecimento) quando os alunos discutiram e construíram explicações no momento em que foram questionados pela pesquisadora, avaliaram evidências e argumentos dos colegas e apresentaram ideais. A PE4 (planejar investigações e realizar testes experimentais) quando os alunos elaboraram e executaram experimentos e discutiram as variáveis envolvidas no fenômeno, PE5 (instrução do conhecimento) quando a pesquisadora guiou a observação e os testes experimentais, PE6 (organização do conhecimento) no momento em que mediou discussões e estimulou a reflexão e PE7 (avaliação e síntese do conhecimento) quando a pesquisadora reconheceu e nomeou conceitos.

Ao terminarem a atividade relacionada a alavancas, o professor PRF na sala 1 da escola C, iniciou a segunda parte da atividade compreendida pelo experimento sobre polias. Ele deixou os alunos livres para realizarem o procedimento experimental, e em certo momento, percorreu os grupos para esclarecer dúvidas sobre a atividade. Abaixo exibimos dois trechos de diálogos de grupos de alunos diferentes:

A4: Mas e agora aqui? Não tô conseguindo...não precisa de um negócio daquele para colocar aqui? [aponta para uma polia e o aluno A5 pega outra e tentam montar de novo. Eles olham o desenho para a montagem].
A5: E esse peso vai aqui....
A4: E agora?

PRF: Olha o que ele tá medindo, quase 0...0,1 N...mas presta atenção, se a gente tirar uma polia, voltar o peso aqui, quanto tá medindo?
A4: 0,2N
PRF: Porque tá dando essa diferença? Com duas polias deu 0,1N e com uma polia 0,2N?
A5: Não sei...
A4: Eu acho que tipo, porque o peso dele está sendo distribuído, não tá? Ai diminui aqui [aponta para a medição do dinamômetro]
PRF: Isso mesmo, se eu tenho duas polias, ele distribui o peso do pesinho para as duas polias, e ai é mais fácil levantar o objeto e dá uma força quase 0N....

No processo de investigação, os alunos participaram ativamente, testando o experimento a medida que o professor os questionava sobre o fenômeno observado. Percebemos que o professor superou o ensino tradicional e questionou os alunos para explicarem e concluírem sobre o experimento. Os alunos compreenderam os fenômenos observados e apresentaram explicações e variáveis responsáveis pelo fenômeno. Ao final da discussão o professor sintetizou o conhecimento explicando o conceito relacionado à atividade.

A8: Eu não sei o que está acontecendo.
PRF: Tá escrito aqui 0,32N...mas e se você colocar outra polia aqui então?
A9: Vai diminuir a força para levantar o peso.
PRF: Porquê?
Alunos: Pera, vamos fazer pra ver então... [alunos fazem e começam a discutir o resultado].
A9: Com a outra polia aqui vai diminuir a força, mas porquê?
A8: Porque vai dar apoio....
A9: Ah? Tô perdido..
PRF: Quanto mais polia coloco no sistema mais fácil fica de levantar o peso porque a força é menor, e distribui o peso entre as polias... [alunos realizam o experimento e observam o fenômeno]
A9: Ah deu para entender, realmente....vamos colocar outro então.... [alunos adicionam outra polia] Vamos colocar outro então.... [alunos tentam outra polia e continuam fazendo outras configurações para observar o comportamento do sistema] [Prof. sintetiza o que explicou]

Apesar de na primeira fala (alunos A4 e A5) o professor superar o ensino tradicional, percebemos uma diferença quando comparado ao segundo trecho de falas (alunos A8 e A9). Nesse diálogo, certo momento o aluno A9 não entendeu o fenômeno observado. Seu colega de grupo realizou explicações sobre o fenômeno observado e o aluno ainda não conseguiu compreender o fenômeno. Apesar de realizar questionamentos no início da discussão, no momento em que o aluno A9 apresentou mais dúvidas, o professor PRF ao invés de mediar, realizando mais questionamentos, forneceu a explicação do fenômeno ao aluno. Portanto, percebemos nesse instante o apego do professor ao ensino tradicional e sua limitação em instigar os alunos com questionamentos em alguns momentos.

Apesar do professor PRF fornecer uma explicação direta ao aluno no final, houve a presença de práticas epistêmicas no diálogo. Assim, verificamos nos dois trechos de falas acima, a contemplação da PE1 (produção do conhecimento) quando os alunos discutiram e construíram argumentos no momento em que foram questionados pelo professor ou por colegas, PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) quando avaliaram os argumentos dos colegas e apresentaram ideias, PE3 (análise do conhecimento) quando avaliaram uma evidência e a explicação do professor e complementando ideais, a prática PE4 (planejar investigações e realizar testes experimentais) quando elaboraram e executaram experimentos, PE5 (instrução do conhecimento) quando o professor contextualizou a atividade e guiou a observação, PE6 (organização do conhecimento) no momento em que mediou discussões e estimulou a reflexão e PE7 (avaliação e síntese do conhecimento) quando o professor sintetizou o conhecimento que foi construído e verificou o aprendizado do aluno.

Um momento particularmente interessante da atividade ocorreu quando o professor PRF na sala 1 da escola C, pediu emprestado o skate de um aluno. O aluno costuma ir à escola de skate e o professor aproveitou essa situação. O professor questionou os alunos sobre como a manobra “Ollie” é realizada. Essa manobra consiste em um salto, em que a pessoa bate uma parte do skate chamada rabeta no chão e pula para frente mantendo os pés colados no corpo do skate (shape):

PRF: Galera, olha aqui agora...ó....isso aqui ó..quando a gente coloca a rodinha no chão aqui ó, para fazer a manobra ollie, o que faz? Você aperta essa parte [pé direito na ponta do skate e pé esquerdo no meio do skate] e o skate sobe né? Isso aqui também é uma alavanca, certo? Dessa rodinha para cá [ponto de apoio e pé na ponta do skate] é o braço menor e da rodinha para cá [resto do skate] é o braço maior, tudo bem? Então é parecido.....quem sabe andar de skate? Fazer um Ollie? [...] então ensina como faz um ollie.
PRF: Explica antes de fazer o que é um ollie.
Aluno: Galera é assim ó, o pé esquerdo você coloca aqui [meio do skate], o pé direito aqui [perto da rodinha de trás], aí você vai flexionar aqui [pé direito no final do skate], aí aqui depois vai subir...
[Aluno faz o ollie]
PRF: O que ele fez aqui? Usando a alavanca, ele pressionou essa parte [em cima da rodinha do skate], flexionou a perna, fez força aqui [no final do skate com o pé direito] e o skate veio para cima...entenderam? Levantou o skate e subiu....beleza?
Alunos: O pé da direita você só empurrou o skate ou deslizou ele no skate?
PRF: Isso já não sei, pergunta pra ele...
Aluno: Empurrei.

O professor aproveitou uma situação do cotidiano do aluno para reforçar o que discutiram sobre as alavancas. O professor apresentou uma nova visão aos alunos, mostrou a ciência envolvida em uma ação cotidiana, que antes os alunos não enxergavam dessa forma.

Essa relação é importante para o aluno aproximar o conhecimento científico do mundo real. Isso trouxe novos pontos de vistas aos alunos e a compreensão de um conceito de uma forma diferenciada. Além disso, os alunos se interessaram para entender como era realizada a manobra e prestaram atenção nas explicações.

5.2.4 Análise dos relatórios dos alunos

Na escola B, o professor pediu aos alunos que entregassem um relatório sobre a atividade realizada. Ele deixou os alunos livres para elaborarem o relatório da forma como desejassem. O uso da escrita é um instrumento de aprendizagem também. Nos relatórios os alunos discutiram os resultados e explicaram os fenômenos observados durante a atividade HI. Eles comunicaram o conhecimento que produziram durante a atividade. A interação entre figuras, desenhos, escrita e matematização expõe a comunicação do conhecimento produzido pelos alunos. Novamente, as PE referentes ao professor não foram analisadas nos relatórios.

A análise dos relatórios revela aspectos interessantes que discutimos a seguir:

$F_g = d_g = F_x = d_x$
 $35 \cdot 10 \cdot x = 40 \cdot 10 \cdot 0,5$
 $350x = 2000$
 $x = \frac{2000}{350}$
 $x = 0,60 \text{ m}$

R.: A Galv. terá que estar a uma distância de 0,60 m do ponto de apoio.

- Dependendo do ponto de apoio você consegue exercer sobre a pessoa aplicando uma força.

Comparar forças com diferentes pesos.

mais roldanas mais fácil de levantar os pesos.

Se segurarmos o dinamômetro com o outro peso nenhum irá marcar 0N e quando colocarmos um peso, o dinamômetro irá marcar a força em newtons a força que terá que ser aplicada para levantar o peso.

peso 1 = 0,2 N peso 2 = 0,6 N peso 3 = 0,8 N	} 1 roldana	peso 1 = 0 N peso 2 = 0,2 N peso 3 = 0,1 N	} 2 roldanas
--	-------------	--	--------------

$F = m \cdot g$
 $0,2 = m \cdot 10$
 $0,2 = m$
 $m = 0,02 \text{ Kg}$

A força aplicada como utilizamos 10 como gravidade e também o deslize da mão fez com que o peso 1 desse 0N com duas roldanas, porém deveria dar 0,1N.

Figura 12 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de máquinas simples.
Fonte: Elaborada pelos alunos.

No relatório acima (figura 12), os alunos fizeram desenhos e efetuaram cálculos sobre os experimentos de alavancas e polias. Verificamos, pelos trechos destacados, que os alunos entenderam o conceito envolvido ao explicarem sobre as posições do ponto de apoio, que depende da posição. Sobre o experimento de polias, os alunos realizaram cálculos e desenhos e verificaram que a força medida, utilizando um peso e duas roldanas, foi nula. Eles realizaram o cálculo da massa do peso e perceberam que o valor obtido para a força não estava correto. Com isso, levantaram algumas hipóteses e discutiram sobre a razão do resultado. Observamos nos trechos destacados os registros dos procedimentos experimentais

realizados, e a compreensão do tema abordado por meio das explicações realizadas na forma escrita.

Figura 13 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de máquinas simples.
Fonte: Elaborada pelos alunos.

Nos trechos destacados do relatório acima (figura 13), observamos que os alunos compreenderam o conceito de alavancas discutido durante a problematização. Novamente observamos o registro do procedimento experimental realizado pelos alunos durante a atividade na forma escrita/desenho, comunicando o conhecimento construído.

Relatório

$F_p = 1\text{N}$ $F_p = m \cdot g$

$1 = m \cdot 10$

$m = \frac{1}{10} \Rightarrow 0,1\text{Kg}$

$m = 100\text{g}$

$F_p = 0,5\text{N}$ $F_p = m \cdot g$

$0,5 = m \cdot 10$

$m = \frac{0,5}{10} = 0,05\text{Kg}$

$m = 50\text{g}$

R: O peso foi "dividido" à metade pois tem duas cordas e o peso ficou dividido.

Figura 14 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de máquinas simples.
Fonte: Elaborada pelos alunos.

$F_p = 0,3\text{N}$ $F_p = 0,1\text{N}$

peso pequeno peso pequeno

$F_p = P$

$0,3 = m \cdot 10$

$m \cdot g = 0,3 = 0,03\text{Kg} = 30\text{g}$

$F = \frac{P}{2}$

Conclusão: Na imagem 2 o peso é dividido por 2 por ser duas cordas.

Figura 15 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de máquinas simples.
Fonte: Elaborada pelos alunos.

Nos trechos destacados dos relatórios acima (figura 14 e 15), os alunos realizaram desenhos e explicaram o fenômeno observado. Observamos que o conceito envolvido no

experimento de roldanas foi compreendido pelos alunos ao coletarem dados e efetuar suas conclusões. O registro do procedimento experimental foi realizado na forma de escrita/desenhos/matematização.

Figura 16 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de máquinas simples. Legenda: “As roldanas facilitam na hora de puxar o peso, porque o peso é distribuído entre a quantidade de roldanas. Com uma roldana a força peso se igualou a 1N. Acrescentamos mais uma roldana e o peso foi distribuído dando o resultado de 0,5N”.

Fonte: Elaborada pelos alunos.

Nos trechos destacados do relatório acima (figura 16), os alunos realizaram cálculos e desenhos do experimento de polias, coletaram dados, explicaram sobre o que observaram ao modificar as configurações de polias e concluíram. Percebemos que os alunos compreenderam o assunto discutido durante a atividade HI.

Verificamos, pelos relatórios apresentados, que a compreensão e discussão do tema foram conquistadas com a atividade HI, apesar dos relatórios não terem exibido aspectos

históricos discutidos em sala de aula. Nesses relatórios percebemos que os alunos discutiram sobre algumas variáveis envolvidas ao fenômeno em questão e como essas variáveis são relacionadas à explicação do mesmo. Os relatórios ainda exibiram cálculos matemáticos e conclusões sobre a realização e observação do experimento.

Ao analisar as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD e exibidas nos relatórios, verificamos a contemplação das práticas PE1 (produção do conhecimento) quando os alunos descreveram, exemplificaram, formularam explicações sobre o tema e elaboraram textos e imagens, PE2 (comunicação do conhecimento) quando relacionaram informações e comunicaram na forma escrita, PE3 (análise do conhecimento) no momento em que avaliaram uma explicação durante a atividade HI para realizarem suas conclusões no relatório (como por exemplo, o momento que a gangorra foi discutida no início da aula e os alunos transcreveram esse momento no relatório – figura 13) e PE4 (planejar investigações científicas e realizar testes experimentais) no momento em que discutiram as variáveis observadas, coletaram dados, elaboraram e realizaram os experimentos e cálculos. As PE específicas contempladas estão relacionadas aos alunos sistematizarem a investigação dos procedimentos experimentais que realizaram durante a atividade.

Sintetizando as discussões realizadas acima (5.2), de um modo geral, percebemos que a implementação da abordagem HI realizada pela pesquisadora e pelo professor favoreceu a aprendizagem dos alunos. A problematização utilizada pela pesquisadora e pelo professor motivou os alunos a refletirem e discutirem, influenciando na aprendizagem dos conceitos envolvidos. (8,13,21,45,122) A pesquisadora e o professor PRF utilizaram o TH de forma a desempenhar papéis diferenciados e esses papéis favoreceram o aprendizado do aluno nos momentos de discussões e reflexões sobre o tema. Percebemos que o professor apresentou uma habilidade superior ao lidar com o texto histórico dessa atividade. Ele conseguiu debater algumas ideias e conceitos científicos presentes no texto, realizando conexões com a problematização e atividade experimental. A HFC contextualizou a atividade e mostrou que a ciência é sujeita a mudanças (1-2,14,22,63,81) Observamos um certo momento da atividade de polias em que o professor PRF apresenta apego ao ensino tradicional. Porém de forma geral, professor e a pesquisadora atuaram como mediadores, resultando em investigações científicas realizadas pelos alunos. Considerando o LD na implementação da abordagem HI realizada, houve a aproximação do conhecimento científico com o mundo material, a articulação entre o saber discente com o conhecimento científico/mundo material nos momentos de utilização do TH, elaboração dos relatórios, discussão da problematização e

realização da atividade experimental e o conhecimento historicamente construído na utilização do TH. Assim, verificamos que a abordagem HI favoreceu na aprendizagem dos alunos e o nível do roteiro foi alcançado.

Percebemos que tanto a pesquisadora quanto o professor PRF priorizaram a participação dos alunos na atividade para discutirem, esclarecerem dúvidas, entenderem a relação entre as variáveis, interpretar e compreenderem o conteúdo do TH, os processos e variáveis envolvidos nos procedimentos experimentais. Portanto, eles utilizaram o roteiro de forma qualitativa, em que o foco não está relacionado aos alunos conseguirem efetuar os cálculos corretos ou comprovarem leis. A preocupação da pesquisadora e professor PRF está nos alunos compreenderem os fenômenos e os conceitos envolvidos, de forma a construir o conhecimento.

5.3 IMPLEMENTAÇÃO DO ROTEIRO SOBRE REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ

A aplicação deste roteiro foi realizada em duas escolas. Na escola C, o professor estava atrasado com a ementa curricular e a aula era uma aula simples, de 45 minutos para alunos do EJA – Educação de Jovens e Adultos. A escola B possuía aula dupla, a ementa também estava atrasada e a sala era de alunos do segundo ano. Por conta de a matéria estar atrasada, o professor PRJ da escola B pediu para a pesquisadora explicar o conteúdo teórico referente à reflexão e refração da luz antes de iniciar a atividade. Ele especificou alguns pontos que gostaria que fossem abordados: raios visuais, os fenômenos de reflexão e refração, exemplos e a lei de Snell-Descartes.

Tabela 7 – Aplicação do roteiro sobre Reflexão e Refração da luz

	Salas	Escola
Professor PRF	1 sala com aproximadamente 30 alunos	Escola C
Professor PRJ que cedeu as aulas para a pesquisadora	1 sala com aproximadamente 35 alunos	Escola B

Fonte: Elaborada pela autora.

5.3.1 Problematização inicial e a investigação

Na escola B a pesquisadora iniciou a aula apresentando o tema que seria abordado e entregou o texto histórico para os alunos lerem. A pesquisadora lançou a problematização (“ao olhar no espelho o que você vê” e “o que ocorre ao colocar um lápis dentro de um copo com água”) para discussão com a sala:

P: O que vocês entendem sobre reflexão da luz?
A12: Espelho....
P: Tá e o que mais, você olha para o espelho e aí? [problematização]
A6: Reflete.
P: Hum...e reflete o quê?
A6: A imagem...
P: Isso a imagem, e como reflete a imagem?
A2: No caso é por causa da luz...
P: E o que mais? Como vocês enxergam?
A1: Tem a retina...
A5: E o cristalino..
P: Isso, mas como vocês me enxergam agora?
A7: Porque tem os raios...
P: Isso os raios de luz, os raios de luz batem em mim, incidem nos seus olhos e vocês conseguem me ver, então o que ocorre quando vocês se olham no espelho?
A6: Reflexão da luz.
P: Isso, vocês se olham no espelho, os raios visuais incidem no espelho e refletem até os olhos e enxergamos..... [Desenho na lousa] Tenho um raio aqui incidindo no espelho, a reta normal e o que vai acontecer quando ele toca o espelho...
Alunos: Refletir....
P: E esse ângulo aqui...
Alunos: É igual.
P: E porquê?
A6: É a medida mais certa... [aluno aponta para o TH ao responder]
P: Como assim?
Alunos: Sei lá...
P: Essa superfície aqui é polida, e com isso os raios serão refletidos....[realiza a explicação de reflexão da luz]. Diferente do que ocorre com uma superfície que não é polida ou que é outro meio, por exemplo água e ar aqui [desenha na lousa para explicar a refração]. Se eu tiver um raio vindo do ar, ele incide na superfície da água e o que vai acontecer com esse raio no meio água?
Alunos: Ele vai sofrer um desvio...
P: Isso, vai sofrer um desvio, com esse ângulo e esse ângulo é igual ou diferente?
A15: É diferente mas é constante.
P: Isso diferente e por quê?
A3: A água não é polida.
A9: A luz se propaga melhor no ar do que na água.
P: E porquê?
A9: Porque a água é mais densa....
P: Sim e que mais? [...]
Olha só... se eu colocar esse lápis aqui dentro da água, o que acontece? [problematização]

Alunos: Aumenta... e fica torto, fica gordo.. [vários alunos respondem]
P: Isso..fica “gordo” e torto, e porquê?
Alunos: Refração....?
P: E porque, como assim? Porque enxergamos o lápis torto?
A4: Porque a propagação da luz no ar é diferente da água...
P: Isso é diferente, quando temos dois meios diferentes, temos índice de refração diferente, tenho o índice de refração do ar e o índice de refração da água, que são diferentes [...] E como conseguimos calcular isso e observarmos a diferença? Tem uma lei, de um nome que está até aí no texto, vamos retomar...

Em alguns momentos, os alunos discutiram e expressaram possíveis variáveis para responder à problematização sobre refração da luz e tentaram utilizar partes do texto histórico. A pedido do professor, a pesquisadora explicou a teoria referente aos temas no momento da discussão sobre as problematizações. Essa condição fez com que a pesquisadora atuasse de forma mais tradicional, tentando mediar em alguns momentos e efetuando explicações em outros. Apesar da pesquisadora ser familiarizada e envolvida com a abordagem, essa situação dificultou que a abordagem HI fosse plenamente implementada.

Ao analisar as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD, verificamos que a PE1 (produção do conhecimento) foi favorecida quando os alunos construíram algumas explicações quando questionados pela pesquisadora, PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) quando relacionaram informações referentes à refração e reflexão da luz e apresentaram ideias, PE3 (análise do conhecimento) quando avaliaram uma evidência, no caso, a problematização referente a refração da luz, e complementando ideias, PE4 (planejar investigações) no momento em que lançaram possíveis variáveis responsáveis por provocar os fenômenos físicos em questão. As práticas epistêmicas relacionadas ao professor também foram contempladas, ou seja, PE5 (instrução do conhecimento) no momento que a pesquisadora contextualizou a atividade e guiou a observação, a prática PE6 (organização do conhecimento) quando estimulou a reflexão e a PE7 (avaliação e síntese do conhecimento) também foi contemplada quando a pesquisadora verificou as interpretações dos alunos. Percebemos que poucas práticas específicas foram contempladas na discussão entre pesquisadora e alunos, fato resultante da pesquisadora ter atuado de forma menos investigativa.

5.3.2 Papéis do texto histórico na investigação

Na escola B, pesquisadora e alunos iniciaram a discussão do texto histórico (apêndices E e F) logo em seguida da problematização. A seguir exibimos as falas de um grupo de alunos:

A6: E o Heron de Alexandria considerou que os raios, pelos olhos, eram o caminho mais rápido e mais curto, pera, que o caminho entre o observador e o objeto era o caminho mais curto...
A2: Eu vi que passaram por muitos nomes até chegar em Descartes...
A1: Passou por Ptolomeu, aí teve os árabes e Descartes...que é o que?
A3: O último..
A1: E que é o quê?
A3: Ele não é o último não.....lê aí para ver...
A2/3: A descoberta da refração... os primeiros estudos que foram antes do século XIX, no ano de 60 alguma coisa...até, 1600...
P: Então, todos estudaram sobre a natureza da luz e..
A3: Acho que o persa....Ibn...ah, não sei falar o nome dele...
P: Ibn Sahl, isso, ele e o Alhazen também...
A2: Eles eram árabes né?
P: Isso....já haviam estudos sobre [reflexão e refração] mas eles deram continuidade...
A3: E depois passou por...pelos outros...
P: Sim, como vocês leram no texto...[resume as ideias apresentadas no texto]

Os alunos discutiram sobre os cientistas que estudaram a natureza da luz e suas propriedades e ficam surpresos por tantos nomes estarem associados a esse estudo. A pesquisadora realizou um resumo das ideias apresentadas no TH e discutiu que o conhecimento é historicamente construído. A fala acima ilustra que os alunos reconhecem a construção coletiva do conhecimento e humanizam a ciência. O TH exibiu a importância em contextualizar o tema abordado para os alunos, que normalmente, quando estudaram em sala de aula, não aprenderam ou discutiram sobre os diversos cientistas que contribuíram para certo estudo. (2,4,67-70)

Uma situação interessante ocorreu na mesma sala da escola B com outro grupo de alunos. Ao observarem a figura do texto histórico referente à página do manuscrito de Ibn Sahl, com seus estudos sobre refração da luz, quiseram entender o que os escritos diziam:

A7: Eu queria traduzir isso aqui [escritos na figura do TH]
P: É, meio difícil.....[risadas]
A7: Vou tentar um aplicativo de traduzir para entender [com a câmera do celular]
P: Acho que vai ficar difícil pegar porque é xerox..... [a tentativa não funciona]
A7: Não consegui, poxa! [aluno fica desapontado e P explica estudos de Sahl].

O aluno estava curioso e queria entender as informações contidas na figura do TH. Ele ficou motivado e interessado em buscar uma tradução para compreender os dizeres do texto. Normalmente em uma aula tradicional os alunos não teriam contato com informações históricas e consequentemente não haveria motivação para investigar sobre o assunto. Percebemos, portanto, a relevância do uso do texto histórico ao promover interesse e instigar os alunos a explorarem o tema em questão. (2,4)

5.3.3 Os alunos e o processo de investigação científica na realização do experimento

Na sala da escola B, no momento de iniciarem o procedimento experimental, um grupo de alunos questionou a pesquisadora sobre o experimento de reflexão e refração da luz que iriam realizar:

A10: Nós vamos fazer a diferença entre a refração e reflexão não é?
P: Isso, vamos fazer dois experimentos para ver a diferença entre a reflexão e a refração.
A11: A refração é quando vai absorver? Porque reflexão é quando vai refletir... tem o ângulo lá que é igual [...] e a refração é quando a luz...[fica esperando a resposta]
P: A luz refrata.... Por exemplo você coloca um copo com água e um lápis dentro, como você vê o lápis dentro do copo? [P pega o copo e faz o experimento]
A12: Meio torto...
P: Meio torto, ele parece meio deslocado e porque acontece isso?
A12: Tem a ver com a luz
P: Isso, tem a ver com a luz... O lápis não está reto...porque vemos assim então? Se eu tiro ele, no ar ele tá aqui, reto e vemos a imagem dele dentro da água meio deslocado, por quê?
A12: Acho que é por causa da refração da luz, e por causa da água, do material do copo....
P: Isso.
A11: Ahhh...
Pesquisadora sintetiza o conceito de refração

A pesquisadora utilizou a problematização inicial (“o que ocorre ao colocar um lápis dentro de um copo com água”) para que os alunos investigassem o fenômeno de refração da luz e compreendessem o experimento que iriam realizar. Os alunos discutiram algumas variáveis responsáveis pelo fenômeno e argumentaram sobre o que estavam observando de forma a tentar esclarecer dúvidas. (8,38,122-123)

A pesquisadora atuou como mediadora e instigou os alunos a investigarem o problema. Assim, as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD e contempladas nessa discussão foram PE1 (produção do conhecimento) no momento que os alunos discutiram e construíram argumentos quando questionados e formularam explicações, PE2

(apropriação e comunicação do conhecimento) quando avaliaram os argumentos dos colegas e pesquisadora e apresentaram ideias, PE3 (análise do conhecimento) quando os alunos avaliaram uma evidência, PE4 (planejar investigações) no momento em que discutiram quais variáveis estão presentes e são responsáveis por provocar os fenômenos físicos em questão. Consequentemente as práticas epistêmicas relacionadas ao professor também foram favorecidas, ou seja, PE5 (instrução do conhecimento) quando a pesquisadora guiou a observação e contextualizou a atividade, PE6 (organização do conhecimento) mediou discussões, esclareceu as dúvidas que os alunos apresentaram e estimulou a reflexão e PE7 (avaliação e síntese do conhecimento) quando sintetizou o conhecimento que foi construído.

Ainda na sala da escola B, a pesquisadora percorreu outros grupos para discutir sobre o procedimento experimental. A seguir exibimos um conjunto de dois trechos de falas de grupos diferentes sobre a realização da atividade experimental de reflexão da luz:

P: Sobre a reflexão, como vocês estão fazendo o experimento?
A14: A gente vai precisar do transferidor... para ver o ângulo certo, e daí coloca o espelho aqui e vai mirar o laser mais ou menos aqui e vai ter que sair o mesmo ângulo....
P: Hum, então veja se é isso mesmo....
A14: Tá no 45 graus e 135 graus, e o ângulo de 45 graus é o mesmo do 135 graus?
A15: Sim, é a gente viu em trigonometria..
A13: É um igual ao outro.
A15: É proporcional, é a mesma distância aqui [aponta no transferidor].

P: Hum...está “entrando” [a luz do laser] no ângulo de 45 graus e refletindo e saindo no...?
Alunos: 135 graus.
P: E o que significa?
A20: É o mesmo ângulo.
P: E porquê?
A19: Tenho 10, 20, 30, 45 graus aqui e aqui eu tenho 10, 20, 30, 45 graus também.
P: Isso, está saindo no ângulo de 135 graus, mas é o equivalente a 45 graus. Está refletindo com ângulos iguais...
Alunos: Sim, isso entendemos.

O experimento é simples e rápido de ser realizado, e os momentos de investigação são curtos. Ainda assim, verificamos que os alunos discutiram e planejaram o procedimento experimental, explicaram e compararam seus resultados para terem certeza do fenômeno que estavam observando. Verificamos por meio dos questionamentos realizados pela pesquisadora, que os alunos compreenderam o conceito envolvido no fenômeno de reflexão da luz.

Ao analisar as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD nos quatro trechos de diálogos acima observamos a presença da PE1 (produção do conhecimento) no momento que os alunos formularam explicações, PE2 (comunicação do conhecimento) no momento que os alunos avaliaram argumentos e apresentaram explicações, PE3 (análise do conhecimento) quando avaliaram uma evidência, PE4 (planejar investigações e realizar testes) no momento que executaram experimentos, observaram e coletaram dados, PE5 (instrução do conhecimento) quando a pesquisadora guiou a observação, PE6 (organização do conhecimento) quando estimulou a reflexão e organizou as ideias dos alunos e PE7 (síntese e avaliação do conhecimento) no momento em que a pesquisadora verificou ações dos alunos.

Na escola C, o professor PRF explicou conceitos relacionados à reflexão e refração da luz para os alunos e os deixou livres para realizarem o experimento. Como a aula é simples (45 minutos), e os alunos chegaram um pouco atrasados, até se organizarem, sobrou pouco tempo para a realização da atividade HI (cerca de 35 minutos). Por conta disso, o professor resolveu não realizar a leitura do texto histórico ou utilizar a problematização. No momento da atividade experimental, o professor identificou que um grupo de alunos não entendeu o fenômeno de refração da luz e realizou a seguinte explicação:

PRF: Ó...quando ela entra [luz] vai entortar tão vendo aqui? Tá entortando ó, e esse negócio chama refração, e porque entorta? [Alunos se olham e não falam nada] Porque ela muda de velocidade, ela tá numa velocidade no ar e muda de velocidade no acrílico....vou tentar exemplificar pra vocês aqui....pensa num carro que tem quatro rodas certo?
A20: Certo.
PRF: Imagina que aqui é o asfalto e aqui é a areia, aí você tá andando no asfalto e aí as rodas entram na areia, aí você vai mais devagar tá certo?
A20: Sim.
PRF: No asfalto você vai mais rápido do que na areia não vai? Como é mais devagar na areia e aqui no asfalto mais rápido, é a mesma coisa aqui... tá certo? A luz também vai mais rápido aqui [ar] e mais devagar aqui [acrílico].
A20: Como se a luz fosse as rodas aí...?
PRF: Isso.
A20: Hm....entendi, que loco!

O professor fez uma analogia para explicar o fenômeno de refração da luz ao aluno. Apesar de não realizar questionamentos ou discussões, trazer situações que estão inseridas no dia a dia dos alunos, para explicar um conceito, facilita a interpretação e compreensão do aluno sobre o assunto.

O professor não motivou os alunos a investigarem sobre o tema. Ele atuou de forma menos mediadora, oferecendo explicações diretas. Dessa forma, não consideramos que houve

contemplação das práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD, visto que os alunos não realizaram investigações científicas.

Na mesma sala da escola C, certo momento outro grupo de alunos também não compreendeu o fenômeno de refração da luz ao realizar o experimento. O aluno se confundiu sobre os meios que a luz do laser incide e refrata. Essa confusão ocorreu, pois, o professor explicou a teoria na lousa, usando como meios o ar e o acrílico.

A9: Não entendi. Isso daqui não é totalmente de acrílico? Tem ar aqui dentro?
PRF: Não... é acrílico, só que a luz vai desviar, entortar... O laser está passando por onde antes de chegar aqui no acrílico?
A9: Ah, entendeu
PRF: Entendeu o quê?
A9: Que ele passa do ar que tá aqui fora para entrar lá [acrílico]
PRF: E vai sair por onde aqui?
A9: Pro ar de novo.... ahh...olhaaa....que louco....mas ele [laser] não sai a mesma coisa do outro lado...
PRF: Não ó...tá vendo que uma parte tá vindo aqui e tá refletindo e olha a outra saindo aqui, ó... [Professor pega uma régua e mostra aos alunos]

No momento de esclarecer as dúvidas dos alunos o professor utilizou a atividade experimental para explicar o fenômeno. Os alunos observaram na prática o fenômeno de refração da luz. Mesmo sem haver a presença do EI e HFC, a atividade experimental desempenhou um papel motivador, envolvendo o aluno na busca da compreensão da teoria. Nesse momento, verificamos a importância da experimentação no processo de construção conhecimento científico. (80) O professor atuou oferecendo orientações e não engajou os alunos em uma investigação científica. Apesar disso, percebemos que o professor se preocupou em saber se os alunos compreenderam o fenômeno observado e o conceito envolvido. Não analisamos as práticas epistêmicas visto que o professor dominou o discurso.

Percebemos pelos dois trechos de falas acima que, por conta de alguns fatores como a aula ser de 45 minutos, o atraso dos alunos ao chegar na aula, organização dos alunos e o professor PRF explicar a teoria no início da aula, a abordagem HI não foi implementada. Esses fatores foram um obstáculo para o professor, que recorreu, portanto ao ensino tradicional para discutir os conceitos relacionados a atividade.

5.3.4 Análise dos relatórios dos alunos

Na escola B, o professor PRJ pediu para que os alunos elaborassem um relatório para ser entregue. Ao analisar os relatórios, percebemos um tipo bem claro de elaboração dos relatórios. A maioria dos alunos focaram seus relatórios e exibiram um resumo sobre o texto histórico, enquanto a minoria apresentou contas matemáticas realizadas. As PE referentes ao professor são foram analisadas nos relatórios.

A seguir, exibimos os relatórios que focaram no texto histórico:

Figura 17 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de reflexão e refração da luz. Fonte: Elaborada pelos alunos.

Observamos nesse relatório (figura 17) que os alunos apresentaram um resumo sobre o TH, porém destacamos alguns trechos que consideramos interessantes. Pelo fato do texto

destacar dois personagens que chegaram à essa conclusão, os alunos julgaram que deveriam contemplar no relatório. O TH contextualiza vários estudos sobre a refração da luz, porém os alunos apontaram um trecho em específico. Consideramos esse trecho interessante, pois ele exhibe o que normalmente é estudado em sala de aula, o fenômeno da refração estar relacionado aos meios água e ar. Esse fenômeno foi explicado em sala de aula, e assim os alunos provavelmente relacionaram as informações para destacarem esse trecho em seu relatório.

Figura 18 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de reflexão e refração da luz.
Fonte: Elaborada pelos alunos.

No relatório acima (figura 18), observamos que os alunos destacaram alguns personagens para elaborarem seus relatórios. Eles resumiram as contribuições de Ibn Sahl e realizaram diversas conexões entre os personagens do texto, por exemplo, nos trechos destacados, os estudos de Alhazen e Kepler sobre o arco íris, e a conexão entre os estudos de

Alhazen e Willebrord Snell sobre a refração da luz. Essas relações mostram que os alunos identificaram a construção coletiva do conhecimento e que essa construção não é linear e apresenta mudanças, evoluindo. (2,4,67)

Figura 19 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de reflexão e refração da luz.
 Fonte: Elaborada pelos alunos.

No relatório acima (figura 19), observamos que os alunos também reconheceram a construção do conhecimento como sendo coletivo. Além disso, os alunos selecionaram algumas contribuições relacionadas aos personagens que julgaram mais interessantes para exibirem no relatório.

Percebemos que vários grupos de alunos consideraram o texto histórico parte importante da atividade. Alguns apresentaram em seus relatórios resumos longos, enquanto outros produziram seus resumos de forma esquemática, destacando alguns nomes que consideraram importantes no texto.

Como apontado por diversos autores (2,4,55,57,63-64,67-70), utilizar a HFC no ensino é importante. O TH exibiu que a construção do conhecimento científico não é linear e absoluta e que há várias tentativas de experimentos e contribuições de vários personagens para a construção de uma teoria. E o mais importante, o TH mostrou que a ciência é sujeita a mudanças. Assim, o TH desempenhou o papel de reflexão no momento em que os alunos trabalharam suas ideias articuladas com o texto para compreender o assunto.

Ao analisar as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD nesses relatórios, observamos que as práticas PE1 (produção do conhecimento) e PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) foram contempladas nos momentos em que os alunos descreveram, elaboraram seus próprios textos e os comunicaram de formas diferentes e a PE3 (análise do conhecimento) no momento em que os alunos utilizaram o texto histórico para avaliar informações ou explicações fornecidas pelo TH para a construção de seus resumos. Como esses relatórios apresentaram resumos sobre o TH, a prática PE4 (planejar investigações e realizar testes experimentais) no momento em que os alunos elaboraram e escreveram narrativas nos seus resumos com informações fornecidas pelo TH.

A seguir, exibimos os relatórios com caráter quantitativo:

Figura 20 – Recorte de um dos relatórios dos alunos contendo resumo do texto histórico e parte do procedimento experimental.

Fonte: Elaborada pelos alunos.

O relatório acima (figura 20) apresentou desenhos explicativos sobre o procedimento experimental de reflexão da luz, os dados coletados e resultados. Com os resultados obtidos

os alunos explicaram o fenômeno observado de reflexão da luz, comunicando o conhecimento produzido durante a atividade.

Figura 21 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de reflexão e refração da luz.
 Fonte: Elaborada pelos alunos.

O relatório acima (figura 21), apresentou o registro do procedimento experimental realizado na forma de desenho, comunicando o conhecimento adquirido durante a atividade. Os alunos compreenderam o fenômeno observado ao realizarem anotações, mostrando que o ângulo incidente foi diferente do ângulo refratado. Eles ainda coletaram dados e realizaram cálculos matemáticos para descobrir o valor do índice de refração do acrílico.

Refração: $n_{\text{ar}} \cdot \sin \theta_i = n_{\text{acr}} \cdot \sin \theta_r$
 $n_{\text{ar}} \cdot \sin 40^\circ = n_{\text{acr}} \cdot \sin 25^\circ$
 $n_{\text{ar}} 0,64 = n_{\text{acr}} 0,42$
 $1 \cdot 0,64 = n_{\text{acr}} \cdot 0,42$
 $\frac{0,64}{0,42} = n_{\text{acr}}$
 $n_{\text{acr}} = 1,52$

Obs.: o n da
 acrílica vale 1,50;
 e chegamos em 1,52.

Figura 22 – Recorte de um relatório de um grupo de alunos sobre o experimento de reflexão e refração da luz.
 Fonte: Elaborada pelos alunos.

No relatório acima (figura 22) os alunos não realizaram registro do procedimento experimental na forma de desenho. Apenas coletaram os dados e realizaram os cálculos matemáticos. Os alunos chegaram a um resultado para o índice de refração do acrílico e compararam com o valor tabelado. Apesar de serem valores próximos, os alunos não discutiram sobre possíveis erros para tal diferença.

Como observado, alguns grupos de alunos além de realizar e discutir oralmente sobre o experimento durante a atividade, apresentaram cálculos matemáticos sobre os experimentos realizados. A investigação científica, nesse caso, ocorreu na forma escrita e na linguagem matemática. Por meio dos dados coletados, os alunos apresentaram os resultados obtidos, construindo o conhecimento também através da ação de realizar operações matemáticas. (105)

Ao analisar as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do LD, a prática PE1 (produção do conhecimento) foi favorecida nos relatórios acima quando os alunos elaboraram desenhos para explicar como foi planejado e realizado o procedimento experimental e elaboraram textos explicando seus resultados. A prática PE2 (apropriação e comunicação do conhecimento) foi contemplada no momento em que os alunos relacionaram informações para comunicar o procedimento experimental e na apresentação dos resultados. A prática PE4 (planejar investigações) também foi favorecida, visto que os alunos realizaram o experimento, coletaram os dados e efetuaram os cálculos para concluir sobre o problema proposto inicialmente. A prática PE3 não foi favorecida, pois está relacionada a avaliar afirmações e explicações, e esses relatórios não exibiram nada referente ao TH. As PE específicas que foram contempladas estão relacionadas a sistematização da investigação do procedimento experimental que os alunos realizaram na atividade.

Sintetizando as discussões realizadas acima (seção 5.3), a implementação da abordagem HI não foi plena, assim como o nível requerido pelo roteiro. Houve alguns momentos de investigações contemplados na atividade experimental, reflexões acerca da problematização e discussões do TH. (1-2,4,8-9,22-23,66) O TH motivou os alunos a discutirem os cientistas envolvidos nos estudos sobre o tema e mostrou que a construção de um conhecimento é coletiva, e não somente obra de um grande gênio. Assim a HFC contribuiu para humanizar a ciência e mostrar que a construção do conhecimento não linear a absoluta (1-2,4,38,76) Apesar da implementação da abordagem HI não ter sido plena, verificamos momentos em que alguns dos aspectos dela favoreceram a aprendizagem dos alunos. Considerando o LD na implementação da abordagem HI, houve aproximação do conhecimento científico com o mundo material, articulação do saber discente com o conhecimento científico/mundo material nos momentos de utilização do TH, elaboração dos relatórios e realização da atividade experimental e o conhecimento historicamente construído na utilização do TH. De forma geral, a utilização do roteiro foi feita de forma qualitativa. Apesar de a pesquisadora ter efetuado explicações teóricas, e auxiliado os alunos em cálculos matemáticos no momento de elaboração dos relatórios, ela não focou o aprendizado dos alunos nas leis abordadas, mas nos fenômenos e conceitos envolvidos.

Já o professor PRF recorreu ao ensino tradicional e não conseguiu implementar a abordagem HI. Como a matéria estava atrasada, ele também não pediu que os alunos lessem o TH antes da aula, e com isso, não o utilizou para discutir sobre o tema. Percebemos o caráter motivacional de atividades experimentais, em que os alunos mostraram interesse pela atividade. Apesar disso, o professor não realizou o processo de investigação com os alunos ou utilizou a problematização. (80) Muitos fatores dificultaram a implementação da abordagem HI nessa atividade e o maior obstáculo foi a falta de tempo. A aula era simples e por conta do atraso dos alunos, não houve tempo hábil. (46,73,76,126,149) A decisão do professor em realizar a explicação teórica da matéria também mostra que ele não compreendeu de fato a abordagem HI, visto que o conhecimento teórico em um ensino investigativo é a visão clássica de um laboratório tradicional. (8,21,43,95-97)

6 O OLHAR DO PROFESSOR PARCEIRO SOBRE A ATIVIDADE HI

Exibimos a seguir algumas impressões do professor PRF sobre a atividade HI. O professor PRJ não implementou a atividade em sala de aula e em muitos momentos não acompanhou a atividade aplicada pela pesquisadora. Apesar disso, houve tentativas de entrevistas com esse professor após a aplicação das atividades, mas o mesmo respondeu que estava sem tempo. As impressões do professor PRF se manifestaram pelas entrevistas realizadas antes e após as aplicações das atividades em sala de aula e anotações sobre comentários e discussões realizados durante a aplicação das atividades.

Apesar de o professor PRF ter ouvido falar sobre o ensino investigativo e história da ciência, ele nunca os havia usado em sala de aula antes, muito menos combinados na abordagem HI. Assim, inicialmente ele sentiu falta de confiança ao usar os novos roteiros:

"Eu ouvi de ambas as abordagens, mas nunca havia usado ou aplicado. Foi a primeira vez. Eu entendi a abordagem, mas todas as experiências que fiz no passado foram seguindo o roteiro tradicional [o roteiro passo a passo]. [...]. Eu também me senti inseguro pela primeira vez com a abordagem [...] porque se fosse uma experiência que tivesse uma receita de bolo, para os alunos seguirem um passo-a-passo... é muito mais fácil para o professor trabalhar dessa forma, com certeza. [...]. Em algumas partes do experimento, vários momentos, que apesar de não ter uma receita de bolo, [...], eu tive que dar algumas direções".

Quando questionado sobre o papel dos experimentos, o professor considera importante, pois ajuda os alunos na compreensão do tema abordado:

"A experiência é importante para mostrar o que está acontecendo de fato na física, qual é a física... a física é a ciência do nosso dia a dia, é uma filosofia da ciência natural, mas para o nosso dia a dia fica muito mais fácil observar na prática o que está acontecendo e depois fazer a conta do que ficar só na conta, na matemática, pois muitas vezes o resultado vem pela matemática, mas você não sabe de fato o que aconteceu na prática, então a experiência é importante. [...]. Vários fenômenos da física, ver é muito melhor do que várias contas, vendo elucidada bem melhor a física em si do que as equações. Nesse sentido. É claro que a matemática é sempre importante, sem dúvidas. Não pode faltar a parte teórica".

Em alguns momentos, o professor mudou a aula HI para uma aula tradicional, oferecendo instruções diretas para os alunos, como ilustrado nas seções 5.1, 5.1.3 e 5.3.3. Isso ocorreu devido à insegurança do professor e, em alguns momentos, ao comportamento dos alunos, como observamos em alguns resultados apresentados e discutidos sobre a aplicação das atividades HI em sala de aula. Esses fatores e outros, como tempo disponível e infraestrutura da escola, fizeram o professor optar por não utilizar a problematização e o TH em certas atividades, como ilustrado nas seções 5.1 e 5.3.

Como discutido na seção 3.2, as atividades investigativas podem ter diferentes níveis de investigação. Ao ser questionado sobre a atividade de máquinas simples em que o nível IV de investigação foi alcançado com os alunos, o professor PRF considerou que foi devido ao tema abordado:

“A abordagem do assunto de alavancas, por exemplo, foi mais tranquila pelo fato dele estar mais presente no cotidiano dos alunos. O Skate é uma prancha de madeira com dois pontos de apoio, [o eixo traseiro e o eixo dianteiro]. Então ficou fácil explorar este assunto. No caso do calor latente, tivemos de explicar o conceito e o experimento em si é mais complexo. É um conceito que não está [tão fácil] no dia-a-dia [...] Já a atividade de calor específico também é mais complicada, o conceito é mais difícil... eu achei a atividade mais difícil também”.

Como os alunos e ele não são acostumados a nada diferente do ensino tradicional, o nível requerido pelo roteiro (nível IV) não foi plenamente alcançado em todas as atividades. No caso dos roteiros sobre calor latente e calor específico, o empecilho, segundo o professor, estava no fato de os alunos não estarem acostumados com o laboratório e a falta de tempo:

“Exatamente o que falei, quanto mais eles usam o laboratório, mais disciplinados eles vão ficando, daria para fazer esse nível IV, desde que eles já tivessem um bom entendimento teórico da situação já, a disciplina é importante, o interesse também, então tirando tudo isso que é característico dos adolescentes, indisciplina, falta de atenção, enfim, mas de resto poderia chegar no grau IV se o laboratório fosse uma constância, se ele fosse utilizado toda hora, eles estivessem habituados com isso. Senão fica bem difícil para o aluno. Teria que ter uma disciplina laboratorial mesmo, a física de laboratório, e não uma física teórica que de vez em quando vai para o laboratório. Teria que ter algo que, por exemplo, toda a semana eles fossem para o laboratório. O grau IV é um pouco mais avançado, não pela competência dos alunos, mas por causa de tempo mesmo, que tem disponível para levar em laboratório

[...] mas assim, não achei totalmente satisfatório [a atividade] pela questão do tempo, então eu tive que fazer várias intervenções para orientá-los, o que não era a ideia, [...] tive que fazer as intervenções para agilizar no tempo. Então o ideal seria ter mais tempo...Gostaria de ter feito o mínimo de intervenções”.

A abordagem histórico-investigativa era uma novidade para os alunos que não estão acostumados a ser cognitivamente envolvidos nas aulas. Como resultado, as dificuldades citadas pelo professor fizeram com que ele não conseguisse mediar a atividade no nível requerido pelo roteiro. A fala do professor também apresenta que ele não compreendeu a abordagem HI. O conhecimento teórico que ele cita, é uma visão clássica dos laboratórios tradicionais em que os alunos comprovam uma teoria. (46)

A análise dos vídeos das aulas revelou que o professor dedica uma quantidade considerável de tempo lidando com problemas práticos que normalmente dificultam qualquer estilo de aula, e que se intensificam no caso de aulas investigativas. Como visto em respostas anteriores, os estudantes raramente têm aulas de laboratório e não estão acostumados com esse ambiente, ficando facilmente distraídos. Devido à indisciplina, o professor perde um tempo considerável tentando explicar a atividade e, em alguns momentos, a sala se torna uma grande confusão e o professor evita assumir o papel de mediador. O professor atribuiu este comportamento, dos alunos, ao fato de que os estudantes nunca foram para o laboratório ou experimentaram uma nova abordagem, e à imaturidade dos alunos para trabalhar no laboratório:

"Eu acho que foi o fato de, talvez, eles estarem indo para o laboratório, pela primeira vez. Eles estavam inseguros, então eles eram indisciplinados, o que não era bom. Os alunos precisam ter mais maturidade, não a maturidade como indivíduos, mas como experimentadores, para saber o que fazer em cada momento adequado, sem seguir um roteiro. Maturidade vem com o tempo, vem com o uso do laboratório. Eles não têm esta maturidade, porque eles dificilmente vêm para o laboratório. Então, se eles forem para o laboratório mais frequentemente, eles teriam melhor experiência [de laboratório], a experiência [atividade experimental] seria melhor conduzida, por eles mesmos”.

Apesar da imaturidade em relação ao laboratório, o professor considerou de uma forma geral, analisando as atividades que aplicou que os alunos participaram mais da aula com a abordagem HI quando comparado ao ensino tradicional:

“Ah, com certeza, eles se interessam mais pelo fato da coisa estar acontecendo ali na hora né, então eles têm uma resposta prática mais rápida também, se vai acontecer ou não, as respostas [que fornecem]. Então com certeza. É mais interessante do que na lousa até por questão de abstração né. Se é na lousa eles têm que imaginar o que vai acontecer, eles têm que...aí...não é todo mundo que quer imaginar para começar né, os que querem, assim os mais aplicados, tem que imaginar, tem que ver, pensar, surgem dúvidas, agora ali não. Ali na hora é uma opinião [responder a problematização], e a resposta vem rápida, se vai acontecer algo [ou não] essa também é uma diferença. Isso é bom, porque só na teoria, primeiro que poucos vão se interessar, na teoria. Segundo que aqueles que se interessarem terão uma série de dificuldades para imaginar o que vai acontecer, e a resposta vai vir teoricamente, mesmo a resposta sendo teórica acho que alguns vão duvidar, ‘será que é isso mesmo’. Agora ali, na prática não, eles tão vendo, é melhor. Essa discussão com certeza é melhor [em busca da resposta para um problema]...e ele [texto histórico] deu um contexto histórico, ele deu embasamento do que estava acontecendo, então fala sobre a experiência, fala o que acontece, de forma que auxilia e orienta o aluno, dando um ‘V_o’, da onde o aluno tem que começar [em relação à parte experimental]. Então ajuda nesse sentido do processo”.

Pelo fato dos alunos não irem ao laboratório frequentemente, e não entrarem em contato com diferentes materiais, há o obstáculo de ser tudo novo para eles. Os alunos não compreendem ou se confundem com conceitos científicos, uso e função dos materiais, o que dificulta a realização de procedimentos experimentais:

“Tem o limite da abstração para tentar imaginar, limites básicos, como por exemplo, nunca ter tido usado um termômetro de mercúrio, hoje em dia é tudo digital, então eles têm dificuldade, tem que ter paciência para explicar, enxergar a temperatura, saber que aquilo é mercúrio, mexer para descobrir como funciona. Outra dificuldade é aprender que a água ferve a 100 graus, mas na hora do experimento não chega a 100 graus, aí eles ficam confusos porque teoricamente na sala eu disse 100 graus. Então explico sobre altitude da cidade e que faz diferença, mas é só questão de trabalhar [as dificuldades] para construir o conhecimento”.

Nos momentos da atividade de calor latente e calor específico em que os alunos utilizaram o termômetro, o professor PRF realizou uma explicação sobre seu funcionamento. Ele também pediu para os alunos tentarem realizar a leitura do termômetro, verificando o entendimento sobre o funcionamento do material. O professor PRF também citou o

calorímetro, pois os alunos haviam estudado em sala de aula sobre calorímetros ideais. Assim, quando os alunos confrontam com o calorímetro real, há um processo de explicação sobre a diferença entre eles. O professor afirma que normalmente não discutiria a diferença entre os calorímetros em uma aula normal. No momento da atividade em que o professor realizou a explicação sobre os calorímetros, ele não discutiu ou questionou os alunos. Assim os alunos não construíram propriamente um novo conhecimento, eles se apropriaram do conhecimento definido pelo professor.

O professor ainda evidencia o fato de os alunos não estarem preparados matematicamente. Ao efetuar alguns cálculos numéricos relacionados à atividade de calor específico, os alunos possuem muita dificuldade em realizar operações básicas matemáticas, como divisões e multiplicações:

“Alguns não sabem nem fazer conta na calculadora. [...] eles têm muito problemas em matemática, são bem defasados”.

O professor também apontou dificuldades relacionadas à estrutura física da escola que não contribui para uma aula de laboratório adequada. Os laboratórios de algumas escolas são pequenos para acomodar um grande grupo de estudantes (geralmente cerca de 30 a 35 estudantes), o que causa alguns problemas no uso da abordagem HI:

“Tempo e paciência dos estudantes! Eles teriam que ser mais cuidadosos e disciplinados e ter mais paciência. O número de alunos influencia muito. O laboratório da escola A é grande, com melhores condições de trabalho. O laboratório da escola C é pequeno, as bancadas são pequenas, e o número de alunos é grande. Por isso, foi mais complicado para orientar todos. [...]. Tendo menos alunos é melhor, é claro [...] o número de alunos e espaço influencia demais”.

Além disso, de acordo com o professor, mediar uma aula investigativa com um grande número de alunos é difícil quando os laboratórios são pequenos. Um dos maiores problemas que surgem é o aumento da indisciplina entre os alunos relacionada às questões de segurança; por exemplo, a utilização de fogo para materiais de aquecimento:

“O uso do fogo é perigoso. Eu estava preocupado porque são adolescentes [...] Como as bancadas e a sala são pequenos, e o grupo é grande; é complicado para orientar a todos para não queimar coisas e para prestar atenção ao que eles estão fazendo”.

No momento da atividade em que o fogo estava envolvido, alguns alunos brincaram com o fogo e não prestaram muita atenção ao que estavam fazendo, mesmo com avisos e conversas do professor. Devido a este tipo de comportamento, o professor tentou terminar a atividade logo que possível, fornecendo diversas orientações aos estudantes sobre como realizar o experimento.

O professor PRF, quando questionado sobre como avaliaria os alunos durante a atividade, ele cita o comprometimento na atividade, comportamento, atitude e interação durante a atividade HI:

“Eu avaliei o procedimento que eles fizeram na aula, o grau de comprometimento, porque alguns grupos ficaram mais brincando do que fazendo. Dei um ponto extra, mas os que ficaram mais brincando eu não prejudiquei nem ajudei, deixei neutro, dei um ponto positivo para quem se comprometeu mais, o que ajudou na nota”.

Como as aulas eram diferentes do que os alunos estavam acostumados, o professor decidiu não prejudicar os que não se comprometeram tanto. Porém os alunos que participaram ativamente da atividade e se engajam em uma investigação científica, o professor auxiliou na nota.

Ao ser questionado sobre se a abordagem HI influenciou no aprendizado dos alunos e se ele gostou das atividades aplicadas nesse estilo, o professor PRF respondeu:

*“Quando você pega a receita de bolo, por exemplo, o aluno tá aprendendo a parte teórica, e a parte experimental, apesar de ser mais lúdica, que dá para visualizar melhor, eu acho que é difícil, um pouco mais difícil, porque você tem que saber o que você tá procurando entendeu...Então se eu viesse com uma receita de bolo, faz isso, faz aquilo, depois isso, depois isso...eles iam calcular. **Não iam ter um conhecimento de nada, eles iam na receita de bolo.** Sei lá, minha mãe conseguiria fazer essa experiência sem saber física, ou seja, a receita de bolo, se você seguir aquilo lá, você não precisa saber física para fazer. Não precisa saber nada, só vai seguir aquilo lá e fazer. **Agora, aqui é que tá a diferença, a abordagem é legal porque é mais investigativo o negócio, eles constroem o conhecimento, o que quer saber, como fazer.** Eles sabem como é o processo na teoria, mas e na atividade, como que vai abordar o assunto né. Então por isso que é legal [...]Para mim o texto histórico foi fundamental para a contextualização do assunto. **A abordagem é boa, mas é difícil,***

porque como falei, seguir uma receita de bolo é mais fácil, mas qualquer um faz aquilo, isso [a abordagem] é mais interessante”.

A fala do professor evidencia que ele priorizou mais a abordagem investigativa e verificamos esse fato nas implementações do roteiro realizadas por ele (capítulo 5). O professor comentou que considera o texto histórico fundamental e considerou que o utilizou de forma a contextualizar o assunto da atividade. Porém, observamos nas discussões da seção 5.1 que o professor PRF praticamente não utilizou o texto histórico. Nos momentos em que ele fez o uso do texto, não realizou discussões do conteúdo histórico com os alunos. Percebemos, portanto, a falta de habilidade e capacitação do professor em utilizar a HFC. Além disso, como discutido, vários outros fatores que o professor comenta foram responsáveis para a não implementação satisfatória da abordagem HI.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa pesquisa buscamos compreender os desafios, dificuldades e potencialidades ao implementar a abordagem histórico-investigativa (HI) em aulas de física. Os professores participaram parcialmente do processo de reelaboração dos novos roteiros, inserindo a abordagem HI e sua posterior implementação em sala de aula. Para analisar os dados da implementação dos roteiros na perspectiva histórico-investigativa, utilizamos o losango didático (LD) e as práticas epistêmicas (PE). Buscamos responder as seguintes perguntas: quais foram os principais obstáculos enfrentados pelos professores ao mediar aulas HI; se a problematização criada auxiliou e engajou os alunos no processo de investigação; se o uso do texto histórico na atividade favoreceu a investigação científica e aprendizagem dos alunos; quais os papéis desempenhados pelo texto histórico; como os professores avaliam as atividades HI e como os novos roteiros podem ser utilizados.

Elaborar atividades histórico-investigativas e aplicá-las em sala de aula não é algo simples de ser realizado. Vários fatores estão envolvidos desde o momento da elaboração até a finalização em sala de aula. (124-126) No capítulo 4, discutimos o processo de reelaboração dos roteiros. Os principais resultados encontrados nesse capítulo referente à construção do texto histórico são: elaborar um texto histórico em linguagem acessível aos alunos, selecionar e traduzir as fontes utilizadas para a construção do texto histórico e relacionar o contexto histórico com as práticas experimentais investigativas. Outro resultado relacionado à parte investigativa foi criar problemas que fossem um desafio para os alunos, porém suficientemente amplo para permitir discussões e acessível aos conhecimentos prévios dos alunos. Ainda, o problema criado deveria conectar-se com o texto histórico e ao experimento. Além disso, determinar quão investigativo deveriam ser os roteiros foi um obstáculo, visto que ele depende diretamente da mediação do professor na sala de aula.

O maior obstáculo foi desenvolver todas as atividades com os materiais já existentes da Experimentoteca. Os professores contribuíram pontualmente para a modificação dos roteiros. Apesar de já terem ouvido falar nas abordagens EI e HFC, avaliar e apontar modificações relacionadas à inserção da abordagem HI nos roteiros foi uma tarefa completamente diferente. As modificações que os professores sugeriram foram bem específicas. Entendemos isso como aceitável, visto que para os professores participantes a abordagem era extremamente nova. A implementação da abordagem HI nos roteiros reelaborados também mostrou potencialidades como: o roteiro relacionar o conteúdo

científico com o cotidiano e com a atividade experimental e o novo roteiro suprir a falta de materiais didáticos com conteúdo histórico. Ao ser utilizado em sala de aula, o novo roteiro possibilita o aluno a construir algumas habilidades como comunicação, compreensão e interpretação de textos. Além disso, o novo roteiro torna as aulas mais atrativas, dinâmicas e contextualizadas.

A atividade HI não deve somente fazer com que os alunos manipulem os materiais automaticamente buscando por um resultado numérico. O que se espera, ao utilizar a abordagem HI em sala de aula, é que os alunos se engajem em uma investigação, através da participação ativa, de forma a construir seu conhecimento. Não basta somente os alunos gostarem de realizar um experimento, pois esse é somente o ponto de partida para alcançarem a aprendizagem. Os alunos precisam, por meio da mediação do professor, problematizar uma situação, contextualizá-la e relacioná-la com o conteúdo aprendido, indagar, interpretar resultados e compará-los com a teoria e discutir o porquê, por exemplo, do resultado experimental não corresponder aos valores esperados. Assim, os alunos percebem que a prática científica envolve erros e tentativas até chegar a um determinado conceito, lei ou teoria. (2,4,14,50,55,60,63-64,67-70)

Durante a entrevista com o professor parceiro, ele manifestou que a implementação da atividade HI motivou os alunos, despertou interesse, possibilitou autonomia nas investigações científicas, entre os alunos. (9,14,21,23,57,79) Ao discutirem, lançarem hipóteses, tirarem dúvidas e rediscutirem, os alunos construíram seu conhecimento. Considerando o losango didático, nesse processo há a aproximação do conhecimento científico com o mundo material e a articulação entre o saber docente/discente e o mundo material/conhecimento científico. A dinâmica da atividade HI requer que professores e alunos sejam mais participativos e se comprometam com a atividade. Quando isso não ocorreu, a atividade foi prejudicada e o professor recorreu ao ensino tradicional. A diferença entre a dinâmica de uma aula baseada na abordagem HI, quando comparada ao momento em que o professor recorreu ao ensino tradicional, está na prática e a oratória do professor em sala de aula. Na abordagem HI, esses dois fatores são fundamentais, já que o professor é o mediador da atividade e sua intervenção na sala de aula irá determinar o nível de abertura da investigação da atividade. A habilidade do professor para mediar os momentos de investigação interferiu diretamente no interesse e engajamento dos alunos. Se o professor não proporcionar um ambiente de discussão, reflexão e diálogo, o processo investigativo é perdido e a aula pode se transformar facilmente em uma aula tradicional. (46-47,85,149)

Com relação à questão de pesquisa sobre os obstáculos enfrentados pelos professores ao mediar aulas HI, nas atividades aplicadas, percebemos um fator que está diretamente relacionado com a intervenção do professor na sala: disciplina dos alunos. A indisciplina dos alunos está relacionada à pequena experiência com aulas de laboratório, e percebemos que é um obstáculo a ser superado e depende do professor e a escola proporcionarem mais aulas no estilo da abordagem HI. Em alguns momentos, por mais que o professor efetuasse poucas intervenções durante a atividade e criasse um ambiente de discussão, a indisciplina fez com que o professor mudasse sua postura dentro da sala de aula e, conseqüentemente, o estilo da aula.

Uma solução discutida para esse problema seria levar frequentemente os alunos para aulas de laboratório. Acostumar os alunos a um estilo de aula diferente e mostrar que a atividade depende de outra postura adotada por eles, faz diferença. Verificamos isso em uma das atividades aplicadas. Nesse caso, o professor parceiro precisou realizar uma segunda aula para que os alunos se engajassem mais. Assim, se aulas utilizando essa metodologia fossem mais frequentes, um comportamento mais satisfatório dos alunos poderia ser alcançado. (46-47,76,84,149) O professor parceiro e a pesquisadora também enfrentaram outras dificuldades em mediar a abordagem HI e usar o roteiro. Por ser algo novo em suas práticas, gerou certa insegurança para eles. Parte deste problema decorre do fato dos professores e escolas não estarem preparados para deixar o ensino tradicional. Outra parte do problema está relacionada com a preparação do professor em lidar com situações investigativas e trabalhar com a história da ciência. (26,45-46,49,60,73,76,124,149) Embora o professor já tivesse ouvido falar das duas abordagens, ele não as havia utilizado anteriormente. Nas atividades que o professor PRF não conseguiu implementar a abordagem HI plenamente, o nível IV requerido pelo roteiro não foi alcançado.

A pesquisadora também enfrentou algumas dificuldades ao mediar a aula HI. Em alguns momentos ela ofereceu orientações e explicações, devido ao fato de um dos professores responsáveis ter pedido para a pesquisadora ministrar a aula em seu lugar. Ou seja, mesmo a pesquisadora sendo familiarizada com a abordagem HI, ela também enfrentou dificuldades como insegurança e indisciplina dos alunos. Apesar da implementação da abordagem HI não ter sido plena e o nível IV requerido pelo roteiro não ter sido atingido nessas atividades, alguns dos aspectos da abordagem favoreceram a argumentação, a aprendizagem dos alunos e a construção do conhecimento. De uma maneira geral, a aplicação da abordagem HI motivou e engajou os alunos na atividade.

A proposição de um problema inicial é central na abordagem investigativa adotada nesta pesquisa, pois ela inicia o diálogo entre o professor e os alunos. O problema inicial deve abordar uma questão geral, relacionando o tema com o dia a dia dos alunos, de forma que eles possam relacioná-la com o seu conhecimento prévio. (8-9,21,122) Nas ocasiões em que o professor parceiro e pesquisadora conseguiram utilizar a problematização inicial, percebemos que a mesma auxiliou os alunos a conectarem seus conhecimentos prévios a ela e à experimentação. Portanto, a problematização criada motivou os alunos, proporcionou discussões, reflexões e esclarecimento de dúvidas. (8-9,21-22,37-39,122)

Além disso, a problematização algumas vezes foi utilizada para fazer a conexão com o experimento e com o texto histórico, resumindo as ideias discutidas em sala de aula. Assim, a problematização foi utilizada não somente para iniciar a abordagem do tema, mas também como conexão em vários momentos da atividade, lembrando as discussões que foram realizadas no respectivo momento. Porém, houve atividades em que a problematização não foi utilizada. Isso ocorreu devido ao comportamento dos alunos, infraestrutura da escola, apego ao ensino tradicional, insegurança e tempo disponível. Considerando o losango didático, a problematização possibilitou aproximar o conhecimento científico e o mundo material aos alunos, por estar relacionada ao cotidiano ou a conhecimentos gerais e articulou o saber docente/discente do conhecimento científico/mundo material.

Com relação ao uso dos textos históricos, os professores tiveram autonomia para utilizá-lo da forma que considerassem mais adequada. Observamos que o TH desempenha papéis diferentes de acordo com o momento utilizado. Um uso do texto histórico, realizado pela pesquisadora, foi como forma de discutir e entender suas ideias e sua relação com o experimento. Nas discussões durante a atividade, o texto histórico serviu de reflexão para alguns grupos de alunos, fornecendo explicações para a compreensão do conteúdo abordado e do fenômeno e conceitos envolvidos. O texto também motivou os alunos antes da prática experimental, fornecendo subsídios conceituais para entenderem o experimento que iriam realizar e auxiliando na elaboração do procedimento experimental e relatórios. O texto histórico foi utilizado no início da aula, com o objetivo de recordar o conteúdo visto em aulas anteriores.

O texto histórico também auxiliou os alunos no momento da produção dos relatórios. Os alunos relacionaram o TH com os conceitos teóricos envolvidos na prática experimental, interpretando resultados e concluindo sobre o experimento e reconhecendo o caráter histórico

do conhecimento. Ao trabalhar o texto histórico, os alunos desenvolveram habilidades de análise e interpretação do texto e praticaram o pensamento crítico, refletindo sobre o experimento e a teoria em questão. Ainda, o TH conectado com as práticas investigativas, aproximou os alunos dos processos científicos, desenvolvendo habilidades científicas, além de mostrar como a ciência do passado se conecta com a ciência atual. (2,4,22,50,66-70,84)

Houve aulas em que o texto histórico sequer foi usado. Segundo o professor, isso ocorreu devido ao comportamento dos alunos e falta de tempo. (6,63,73,76,126) Pelas entrevistas realizadas, percebemos que o professor considera a história da ciência importante para contextualizar as aulas. Porém, durante as implementações dos roteiros histórico-investigativos, verificamos que ele priorizou o ensino investigativo em detrimento da história. Em algumas situações, os alunos apresentaram no início das discussões da atividade, dificuldade para associar a atividade experimental com o conteúdo histórico. Esse problema foi sanado pela mediação do professor.

Quando o assunto teórico era mais complexo (como por exemplo as atividades de calor específico), percebemos que os alunos não conseguiam entender os conceitos científicos relacionados ao tema que estava sendo abordado para discutirem com os colegas. Dessa forma, necessitavam de uma base conceitual mais profunda, e em alguns momentos da atividade, isso não foi alcançado. Com a identificação dessa dificuldade, o professor tentou realizar mais questionamentos, correlacionar situações e fenômenos para ajudar os alunos a compreenderem. Em alguns momentos o professor alcançou seu objetivo, em outros não. Além disso, verificamos que alguns alunos apresentaram dificuldades em cálculos matemáticos, faltando embasamento para conseguir realizar operações básicas de matemática. Houve momentos das atividades em que os alunos mostraram grandes dificuldades para articular ideias e explicar aos colegas e ao professor o que compreenderam. Nesses momentos, o professor deixou de questionar e passou a fornecer respostas diretas. Verificamos, portanto um limite na habilidade do professor em mediar a investigação.

Durante as discussões realizadas entre alunos e professor nas atividades, foi possível observar as práticas epistêmicas presentes entre os vértices do losango didático. Conseguimos identificar as práticas epistêmicas relacionadas à produção, comunicação e análise do conhecimento, planejamento de investigações científicas, organização e síntese do conhecimento. (108-109,111,116) Algumas atividades contemplaram quase todas as práticas epistêmicas específicas (tabela 2). Inclusive, ao analisar os relatórios dos alunos, observamos

algumas práticas epistêmicas específicas exibidas na forma escrita e de desenhos, constatando a produção e comunicação do conhecimento. Em contrapartida, houve atividades em que tanto o professor quanto a pesquisadora não instigaram e motivaram os alunos, devido a fatores já citados anteriormente, e assim algumas práticas epistêmicas específicas relacionadas a produção, comunicação, avaliação e planejamento e testes experimentais não foram contempladas. Percebemos, portanto, que as práticas epistêmicas estão diretamente associadas ao papel do professor dentro da sala, visto que ele é o responsável por proporcionar os momentos em que essas práticas se manifestam. O ambiente criado dentro da sala de aula deve ser, portanto, acolhedor e estimulante de forma que os alunos se sintam livres para dialogar, discutir e manifestar suas ideias, e o professor consiga desempenhar o papel de mediador.

Com relação aos novos roteiros, eles podem ser utilizados de dois modos distintos: quantitativamente ou qualitativamente. O uso dos roteiros depende dos objetos que o professor deseja alcançar. (80,145-146) Caso o professor almeje que os alunos realizem cálculos matemáticos e utilizem leis para concluir sobre um resultado experimental, a ênfase do roteiro é abordada de forma quantitativa. Porém, para que isso ocorra, os alunos devem estar também preparados matematicamente e acostumados a utilizar o formalismo matemático. Na abordagem qualitativa do roteiro, o professor busca a compreensão do fenômeno por parte dos alunos. O interesse não é realizar cálculos numéricos, mas compreender aspectos conceituais e fenomenológicos sobre o assunto abordado. No caso desta pesquisa, o professor e a pesquisadora utilizaram o roteiro da forma qualitativa. Ou seja, ambos focaram mais no aprendizado de fenômenos.

Já a avaliação das atividades HI ocorreu de duas formas. O professor PRJ solicitou que os alunos elaborassem relatórios e avaliou a atividade por meio dele. Ele ainda avaliou o comportamento dos alunos durante a atividade. Já o professor PRF, nos momentos em que esteve presente em sala durante as atividades, avaliou os alunos somente pelo comportamento, atitude, interesse e comprometimento com a atividade. Portanto a avaliação da atividade HI pode ser realizada por meio de outros elementos além dos relatórios, principalmente porque o papel dos alunos nessa abordagem está relacionado com a participação ativa e interação com o professor e seus pares. (10,21,38,87,96)

Ao considerar o losango didático, de forma geral, o roteiro e a implementação da abordagem HI favoreceram a aprendizagem dos alunos. Os alunos se envolveram no processo

investigativo, do pensar sobre o problema proposto até concluí-lo. A história da ciência nos roteiros funcionou como uma fonte de situações investigativas e contextualizou o tópico com informações históricas que permitem diálogos e discussões sobre as questões abordadas. Algumas das dificuldades apresentadas na implementação da abordagem e uso do roteiro pelo professor poderiam ser sanadas por meio de cursos de capacitação e melhor preparo para os professores lidarem com a abordagem, por exemplo (cursos e preparos que podem, futuramente, serem realizados nas etapas do Ciclos de Reflexão). Porém, isso demanda tempo do professor, o que na maioria das vezes ele não possui. Logo, incentivar o ensino, a discussão e a prática dessa (e outras) abordagens na formação inicial de professores é essencial para que o futuro professor tenha a formação adequada para contemplar a HFC em sua prática. (6,43,73,76,124)

Percebemos, pelas falas do professor, como a reelaboração e implementação do roteiro foi benéfica na parceria entre pesquisadores e professor. O professor PRF, apesar de considerar o roteiro reelaborado mais complexo para ser aplicado em sala de aula, considera a abordagem mais interessante. Ele buscou informações para compreender como a abordagem seria aplicada em sala de aula, adquiriu habilidades de gestão de sala de aula e mudança de atitude e adquiriu um novo conhecimento ao trabalhar com a abordagem HI. A parceria gerou aprendizagem compartilhada e gerou conhecimentos de forma a melhorar a prática docente. Da parte da pesquisadora, a parceria, além de gerar novos conhecimentos, foi benéfica ao mostrar uma visão sobre os problemas da prática docente. A parceria fez com que a pesquisadora enfrentasse colaborativamente os desafios de inserir e aplicar uma nova abordagem em sala de aula, visando tanto a pesquisa quanto o próprio desenvolvimento profissional, e gerou reflexões sobre o ensino e aprendizagem dos alunos.

No entanto, o desenvolvimento de materiais não é suficiente para uma implementação bem-sucedida da abordagem HI nas salas de aula. É necessário trabalhar com os professores ao longo do processo de desenvolvimento, oferecendo-lhes alternativas didáticas para lidar com problemas e obstáculos enfrentados. Assim, é importante investir em parcerias de longo prazo com os professores e escolas de forma a produzir contribuições mais efetivas em sala de aula.

REFERÊNCIAS

- 1 ZANETIC, J. **Física também é Cultura**. 1989, 252f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- 2 MARTINS, R. A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim Sociedade Brasileira da História da Ciência**, v. 9, p. 3-5, 1990.
- 3 CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 1993.
- 4 MATTHEWS, M. R. **Science teaching** – the role of history and philosophy of science. New York: Routledge, 1994.
- 5 TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N.; FREIRE JR, O. Concepções de estudantes de física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual do ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, p. 111-23, 2001.
- 6 BRITO, A. J.; NEVES, L. S.; MARTINS, A. F. P. A história da ciência e da matemática na formação de professores. In: NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. (Ed.). **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004. cap. 21, p. 284-296.
- 7 ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S.; DUSCHL, R. A.; LEDERMAN, N. G.; MAMLOK-NAAMAN, R.; HOFSTEIN, A.; NIAZ, M.; TREAGUST, D.; TUAN, H. Inquiry in science education: international perspectives. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 397-419. 2004.
- 8 CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- 9 CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas - (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Ed.) **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: Editora da UFU, 2011. cap.18, p. 253-266.
- 10 CARVALHO, A. M. P. O Ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: _____. **Ensino de ciências por investigação** - condições para implementação na sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap. 1, p. 1-21.
- 11 GRANDY, R., DUSCHL, R.A. Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. **Science & Education**, v. 16, p. 141–166, 2007.
- 12 SÁ, E. F., PAULA, H. F., LIMA, M. E. C. C., AGUIAR, O. G. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. **Anais ...** Belo Horizonte, ABRAPEC, 2007. p. 1-13.

13 SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 29-44, 2012.

14 HEERING, P.; HÖTTECKE, D. Historical-investigative approaches in science teaching. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.). **International handbook of research in history, philosophy and science teaching**. New York: Springer, 2014. cap. 46, v. 2, p. 1473-1502.

15 PETERS, E. Reforming cookbook labs. **Science Scope**, v. 23, n. 6, p. 16-21, 2005.

16 DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE. An emerging paradigm for educational inquiry. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 5-8, 2003.

17 MÉHEUT, M.; PSILLOS, A. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v. 6, n. 5, p. 515-535, 2004.

18 MATOS, M. G.; VALADARES, J. O efeito da atividade experimental na aprendizagem da ciência pelas crianças do primeiro ciclo do ensino básico. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 2, p. 227-239, 2001.

19 MINAS GERAIS (Estado). Prefeitura Municipal de Ipatinga. Secretaria Municipal de Educação. Centro de Formação Pedagógica. **Ensino de ciências por investigação**. 2011. Disponível em: <<http://cenfopciencias.files.wordpress.com/2011/07/apostila-ensino-por-investigac3a7c3a3o.pdf>>. Acesso em 23 jan. 2017.

20 ZOMPERO, A. F., LUBURU, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

21 CRAWFORD, B. A. Moving the essence of Inquiry into the classroom: engaging teachers and students in authentic science. In: TAN, K. C. H.; KIM, M. (Ed.) **Issues and challenges in science education research: moving forward**. New York: Springer, 2012. cap. 3, p. 25-42.

22 ALLCHIN, D. The Minnesota case study collection: new historical inquiry case studies for nature of science education. **Science & Education**, v. 21, n. 9, p. 1263-1281, 2011.

23 BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.

24 DEBOER, G. E. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. IN: FLICK, L. D.; LEDERMAN, N. G. (Ed.) **Scientific inquiry and nature of science**. New York: Springer, 2006. cap. 2, p. 17-35.

25 SPENCER, H. **Education: intellectual, moral, and physical**. USA: D. Appleton and Company, 1866.

26 CHIAPPETTA, E. L. Historical development of teaching science as inquiry. In: LUFT, J.; BELL, R. L.; GESS-NEWSOME. (Ed.) **Science as inquiry in the secondary setting**. Virginia: NSTA Press, 2007. cap. 2, p. 21-30.

- 27 BARROW, L. H. A brief history of inquiry: from Dewey to standards. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 3, p. 265–278, 2006.
- 28 TROPIA, G. **Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas no século XX**. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v13n1/1983-2117-epec-13-01-00121.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2018.
- 29 DEWEY, J. **Experiência e natureza: lógica: a teoria da investigação: a arte como experiência: vida e educação: teoria da vida moral**. São Paulo: Abril Cultural, 1980.
- 30 DEWEY, J. **Experience and education**. USA: Touchstone Rockefeller Center, 1997.
- 31 BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950-1980. **Ciência e Cultura**, v. 38, n. 12, p. 1970-1983, 1986.
- 32 MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência e Educação**, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.
- 33 BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- 34 BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- 35 BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão; Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **Base nacional comum curricular**. 2017. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/bncc-20dez-site.pdf>>. Acesso em: 24 abril 2018.
- 36 GIL-PEREZ, D.; DUMAS-CARRE, A.; CAILLOT, M.; MARTINEZ-TORREGROSA, J. Paper and pencil problem solving in the physical sciences as an activity of research. **Studies in Science Education**, v. 18, n. 1, p. 137-151, 1990.
- 37 ALMEIDA, A. M. Educação em ciências e trabalho experimental: emergência de uma nova concepção. In: VERISSIMO, A.; PEDROSA, A.; RIBEIRO, R. (Ed.) **Ensino experimental das ciências: (Re)pensar o ensino das ciências**. Lisboa: Seleprinter, 2001. cap. 1.4, p. 51-75.
- 38 AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Ed.) **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. cap. 2, p. 19-34.
- 39 SCHWAB, J. J. The teaching of science as enquiry. In: SCHWAB, J. J.; BRANDWEIN, P. F. (Ed.) **The teaching of science**. Cambridge: Harvard University Press, 1962. cap. 1. p. 3-103.

- 40 PELLA, M. O. The laboratory and science teaching. **Science Teacher**, v. 28, n. 5, p. 20-31, 1961.
- 41 TAMIR, P. Work in school: an analysis of current pratic. In: WOOLBOUGH, B. (Ed.) **Pratical science**. Milton Keynes: Open University Press, 1990. cap. 2, p. 13-20.
- 42 PRIESTLEY, W. J. **The impact of longer term intervention on reforming physical science teachers' approaches to laboratory instruction**: seeking a more effective role for laboratory in science education. 1997. 166 p. (Master thesis) – Temple University, Philadelphia, 1997.
- 43 BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 291-313, 2002.
- 44 CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: _____. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2006. cap. 3, p. 53-78.
- 45 YOON, H. G.; JOUNG, Y. J.; KIM, M. The challenges of science inquiry teaching for pre-service teachers in elementary classrooms: difficulties on and under the scene. **Research in Science Education**, v. 42, n. 3, p. 589-608, 2012.
- 46 MARX, R. W. et al. Enacting project based science: experiences of four middle grade teachers. **Elementary School Journal**, v. 94, n. 5, p. 517-538, 1994.
- 47 DAVIS, E. A.; SMITHEY, J. Beginning teachers moving toward effective elementary science teaching. **Science Education**, v. 93, n. 4, p. 745-770, 2009.
- 48 PLUMMER, J. D.; OZCELIK, A. T. Preservice teachers developing coherent inquiry investigations in elementary astronomy. **Science Education**, v. 99, n. 5, p. 932–957, 2015.
- 49 REZENDE, F.; LOPES, A. M. A.; EGG, J. M. Problemas da prática pedagógica de professores de física e de matemática da escola pública. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4, 2003, Bauru. **Atas ...** Bauru: ENPEC, 2003. p. 1-13.
- 50 HIPST PROJECT. **Theoretical basis of the HIPST Project**. 2009. Disponível em: <<http://hipst.ed.ed.auth.gr/>>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- 51 JENKINS, E. W. The history of science in British schools: retrospect and prospect. **International Journal of Science Education**, v. 12, n. 3, p. 274-281, 1990.
- 52 MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- 53 RUTHERFORD, F. J.; HOLTON, G.; WATSON, F. G. **The project physics course**: text. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1970.
- 54 PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (Ed.) **Ensino de física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. cap. 7, p. 151-170.

- 55 VANNUCCHI, A. I. **História e filosofia da ciência**: da teoria para a sala de aula. 1996, 131p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências modalidade Física) - Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- 56 HEERING, P. Getting Shocks: teaching secondary school physics through history. **Science & Education**, v. 9, p. 363–373, 2000.
- 57 QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. A história da ciência no processo de ensino-aprendizagem. **Física na Escola**, v. 10, n. 1, p. 21-25, 2009.
- 58 CASTRO, R. S. **História e epistemologia da ciência**: investigando suas contribuições num curso de física de segundo grau. 1993. 184f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- 59 HÖTTECKE, D. How and what can we learn from replicating historical experiments? a case study. **Science & Education**, v. 9, n. 4, p. 343-362, 2000.
- 60 METZ, D. Story interrupted: using History and Philosophy of Science in everyday instruction. In: SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. B. (Ed.) **Aprendendo ciência e sobre sua natureza**: abordagens históricas e filosóficas. São Carlos: Tipographia Editora Expressa, 2013. cap. 4, p. 383-390.
- 61 METZ, D.; KLASSEN, S.; MCMILLAN, B.; CLOUGH, M.; OLSON, J. Building a foundation for the use of historical narratives. **Science & Education**, v. 16, p. 313-334, 2007.
- 62 HENRIQUE, A. B.; SILVA, C. C. Relações entre ciência e religião na formação de professores: estudo de caso acerca de uma controvérsia cosmológica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 12, 2010, Águas de Lindóia. **Atas...** Águas de Lindóia: EPEF, 2010.
- 63 FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar**: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009, 442f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- 64 PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução: A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2009.
- 65 ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.
- 66 ALLCHIN, D. The episodic historical narrative as a structure to guide inquiry in science and nature of science. 2014, Minneapolis. **Proceedings ...** Minneapolis, 2014. p. 1-19, 2014.
- 67 SILVA, A. P. B.; GUERRA, A. **História da ciência e ensino**: fontes primárias e propostas para sala de aula. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.
- 68 SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

69 PAGLIARINI, C. R. **A história e filosofia da ciência em livros didáticos de física**. 2007, 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

70 CASTRO, R. S. Uma e outras histórias. In: CARVALHO, A. M. P. (Ed.) **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2009. cap. 6, p. 101-112.

71 MENEZES, L. C. Novo método para ensinar física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 2, n. 2, p. 89-97, 1980.

72 PAGLIARINI, C.; SILVA, C. C. History and nature of science in Brazilian physics textbooks: some findings and perspectives. In: INTERNATIONAL HISTORY, PHILOSOPHY & SCIENCE TEACHING CONFERENCE, 9., 2007, Calgary, Canadá. **Proceedings...** Calgary, Canadá, 2007.

73 HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge. an analysis of obstacles. **Science & Education**, v. 20, p. 293-316, 2011.

74 BRASIL. Ministério da Educação. **PCNs+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 14 fev 2017.

75 BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Departamento de Políticas de Ensino Médio. **Orientações curriculares do ensino médio**. Brasília: MEC/SEB, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 14 fev 2017.

76 MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho.... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, p. 112-131, 2007.

77 HENKE, A.; HÖTTECKE, D.; RIESS, F. Case studies for teaching and learning with history and philosophy of science exemplary results of the HIPST project in Germany. In: INTERNATIONAL HISTORY, PHILOSOPHY, AND SCIENCE TEACHING CONFERENCE. 10., 2009, South Bend. **Proceedings...** South Bend: University of Notre Dame, 2009. p. 1-26.

78 SILVA, B. V. C. A história da ciência, a natureza da ciência e a sala de aula: uma experiência didática no ensino médio. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 4, n. 3, p. 670-677, 2010.

79 HÖTTECKE, D. A sketch of the problem of authentic inquiry-based learning from a History of Science perspective. In: INTERNATIONAL HISTORY, PHILOSOPHY, AND SCIENCE TEACHING CONFERENCE. 12., 2013, Pittsburgh. **Proceedings...** Pittsburgh: University of Hamburg, 2013. p. 1-10.

- 80 PINHO-ALVES, J. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. 312f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- 81 ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. Complementary approaches to teaching nature of Science: integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. **Science & Education**, v. 98, n. 3, p. 461-486, 2014.
- 82 KIPNIS, N. The historical-investigative approach to teaching science. **Science & Education**, v. 5, n. 3, p.277-292, 1996.
- 83 KLASSEN, S. The Science Thought Experiment: How might it be used profitably in the classroom? **Interchange**, v. 37, n. 1, p. 77-96, 2006.
- 84 MAURINES, L.; BEAUFILS, D. Teaching the nature of science in physics courses: the contribution of classroom historical inquiries. **Science & Education**, v. 22, p. 1443-1465, 2013.
- 85 VIENNOT, L. Physics education research and inquiry-based teaching: a question of didactical consistency. In: KORTLAND, K.; KLAASSEN, K. (Ed.). **Designing theory-based teaching-learning sequences for science education**. Utrecht: CDBeta Press, 2010. cap. 2, p. 37-54.
- 86 BUCK, L. B.; BRETZ, S. L.; TOWNS, M. H. Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. **Journal of College Science Teaching**, v. 38, n. 1, p. 52-58, 2008.
- 87 ALLCHIN, D. Problem-and case-based learning in science: an introduction to distinctions, values and outcomes. **CBE-Life Sciences Education**, v. 12, n. 3, p. 364-372, 2013.
- 88 HÖTTECKE, D.; RIESS, F. Framework and critical perspective on “HIPST” – an European Approach for the inclusion of history and philosophy in science teaching. In: INTERNATIONAL HISTORY, PHILOSOPHY, AND SCIENCE TEACHING CONFERENCE. 10., 2009, South Bend. **Proceedings...** South Bend: University of Notre Dame, 2009. p. 1-17.
- 89 HÖTTECKE, D.; HENKE, A.; RIESS, F. Implementing history and philosophy in science teaching: strategies, methods, results and experiences from the European HIPST Project. **Science & Education**, v. 21, n. 9, p. 1233-1261, 2012.
- 90 ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia da Prática Escolar**. São Paulo: Papirus, 2005.
- 91 PENA, F. L. A. Sobre a presença do Projeto Harvard no sistema educacional brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 1701-1-1701-4, 2012.
- 92 LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A., **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1986.
- 93 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Centro de Divulgação Científica e Cultural. 2018. **Apresenta imagens e informações sobre o CDCC**. Disponível em: <<http://www.cdcc.usp.br/>>. Acesso em: 14 de fev. 2018.

- 94 CARVALHO, A. N. P. **Termodinâmica**: um ensino por investigação. São Paulo: FEUSP, 1999.
- 95 VOLKMANN, M. J.; ABELL, S. K. Rethinking laboratories: tools for converting cookbook labs into inquiry. **Science Teacher**, v. 70, n. 6, p. 38-41, 2003.
- 96 FERREIRA, L. H; HARTWIG, D. R; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Revista Química Nova na Escola**, v. 32, n 2, p. 101-106, 2010.
- 97 CLARK, R. L.; CLOUGH M. P.; BERG, C. A. Modifying cookbook labs. **Science Teacher**, v. 67, n. 7, p. 40-43, 2000.
- 98 GOODING, J.; METZ, B. Folding inquiry into Cookbook lab activities. **Science Scope**, v. 35, n. 8, p. 42-47, 2012.
- 99 HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2004.
- 100 CHEUNG, D. Facilitating chemistry teachers to implement inquiry-based laboratory work. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 6, p. 107-130, 2008.
- 101 KLASSEN, S.; NIAZ, M.; METZ, D.; MCMILLAN, B.; DIETRICH, S. Portrayal of the history of the photoelectric effect in laboratory instructions. **Science & Education**, v. 21, p. 729-743, 2012.
- 102 GALLET, C. Problem-solving teaching in the chemistry laboratory: leaving the cooks... **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 1, p. 72-77, 1998.
- 103 LOTT, K. Fire up the inquiry: Lose the routine, tweak your “cookbook lab,” and reach a level of open inquiry with these strategies used during a unit on heat. **Science and Children**, v. 8, n. 7, p. 29-33, 2011.
- 104 MEHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA, K. GOEDHART, M.; JONG, O.; EIJELHOF, H. (Ed.) **Research and quality of science education**. Berlin: Springer, 2005. cap. 4, p. 195-208.
- 105 KELLY, G. J.; DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. In: ANNUAL MEETING OF NARST, 2002, New Orleans. **Proceedings ...** New Orleans: NARST, 2002. p. 1-51.
- 106 KELLY, G. J. Inquiry, activity, and epistemic practice. In: R. DUSCHL, R; GRANDY, R. (Ed.) **Teaching scientific inquiry**: recommendations for research and implementation. Netherlands: Sense Publishers, 2008. cap. 8, p. 99 –117.
- 107 FREIRE, F. A.; SILVA, A. C. T.; BORGES, D. R.; NASCIMENTO, E. D. O. Atividades investigativas: um olhar sobre as práticas epistêmicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: ENPEC, 2013, p. 1-9.

- 108 SILVA, A. C. T. Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 69-96, 2015. doi.org/10.1590/1983-2117201517s05.
- 109 MANZONI-DE-ALMEIDA, D.; MARZIN-JANVIER, P.; TRIVELATO, S. L. F. Analysis of epistemic practices in reports of higher education students groups in carrying out the inquiry-based activity of immunology. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v.21, n. 2, p. 105-120, 2016.
- 110 SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.
- 111 SILVA, A. C. T. **Estratégias enunciativas em salas de aula de química**: contrastando professores de estilos diferentes. 2008, 477f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerias, Belo Horizonte, 2008.
- 112 SANDOVAL, W. A.; REISER, B. J. Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 345-372, 2004.
- 113 JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P.; REIGOSA, C. Contextualizing practices across epistemic levels in the Chemistry laboratory. **Science Education**, v. 90, n. 4, p. 707-733, 2006.
- 114 SANDOVAL, W. A.; MORRISON, K. High school' ideas about theories and theories change after a biological inquiry unit. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 4, p. 369-393, 2003.
- 115 SCARPA, D. L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. **Revista Ensaio**, v. 17, p. 15-30, 2015. doi.org/10.1590/1983-2117201517s02.
- 116 ARAÚJO, A. O. **O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de Química**. 2008, 141f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- 117 BROWN, A. L. Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. **Journal of the Learning Sciences**, v. 2, n. 2, p. 141-178, 1992.
- 118 COLLINS, A. Towards a design science of education. In: SCANLON, E.; O'SHEA, T. (Ed.) **New directions in educational technology**. Berlin: Springer, 1992. cap. 2, p. 15-22.
- 119 COLLINS, A.; JOSEPH, D.; BIELACZYK, K. Design Research: theoretical and methodological issues. **Journal of the Learning Sciences**, v. 13, n. 1, p. 15-42, 2004.
- 120 COLOMBO JUNIOR, P. D. **Inovações curriculares em ensino de física moderna**: investigando uma parceria entre professores e centro de ciências. 2014, 254f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

121 COLOMBO JUNIOR., P. D.; SILVA, C. C. Teaching solar physics in a partnership between formal and informal education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION. (ICPE-EPEC), 2013, Praga. Proceedings... Praga: Charles University, 2014. p. 960-964.

122 DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

123 GIL-PEREZ, D.; CASTRO, P. V. La orientación de las practicas de laboratorio como invetigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

124 MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. cap. Introdutório, p. xxi-xxxiv.

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

126 FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS; A. F. P.; HIDALGO, J. M. (Ed.) **Temas de história e filosofia da ciência no ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. cap. 5, p. 123-154.

127 MAGIE, W. F. **A source book in physics**. Cambridge: Harvard University Press, 1969.

128 ASSIS, A. K. T. Sobre o equilíbrio dos planos, tradução comentada de um texto de Arquimedes. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v.18, n. 1, p. 81-94, 1997.

129 CARDOSO, H. B.; FREIRE, P. T. C.; MENDES FILHO, J. Arquimedes e a lei da alavanca: erros conceituais em livros didáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 218-237, 2006.

130 BAUTISTA, E. P.; CECCARELLI, M.; OTERO, J. E.; SANZ, J. L. M. History of mechanism and machine science. In: CECCARELLI, M. (Ed.). **A brief illustrated history of machines and mechanisms**. New York: Springer, 2010. cap. 4, p. 43-64.

131 SHAW, I. Stone-working: the synthesis of traditional *chaînes opératoires* and ideological innovations. In: _____. (Ed.) **Ancient Egyptian technology and innovation**. USA: Boomsbury Publishing Plc, 2012. cap. 5, p. 55-76.

132 CHUKWU, O. M. Artifacts of Technology: indices of progress in development. **Sustainable Human Development Review**, v 1, n. 2, p. 79-96, 2009.

133 PÁDUA, A. B.; PÁDUA, C. G.; MARTINS, R. S. A natureza do calor: passados dois séculos, será que a teoria do calórico ainda é de alguma forma uma ideia atraente ou, até mesmo, útil? **Semina: ciências exatas e tecnológicas**, v. 30. n. 1, p. 3-18, 2009.

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

135 ROLLER, D. The early developments of the concepts of temperature and heat. In: CONANT J.B. (Ed.). **Harvard case histories in experimental science**. Cambridge: Harvard University Press, 1957. cap. 3, v. 1, p. 117-214.

136 BLACK, J. **Lectures on the elements of chemistry**. Edinburgh: Mundell and son, for Longman and Rees, 1803.

137 MARTINS, R. A. A Óptica de Ibn al-Haytham – 1.000 anos de luz. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 67., 2015, São Carlos. **Anais ...** São Carlos: UFSCAR, 2015. p. 1-3.

138 BASSALO, J. M. F. A crônica da ótica clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 3, n. 3, p. 138-159, 1986.

139 MARTINS, R. A.; SILVA, A. P. B. Princípios da óptica geométrica e suas exceções: Heron e a reflexão em espelhos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2013.

140 ZGHAL, M.; BOUALI, H.; LAKHDAR, Z. B.; HAMAM, H. The first steps for learning optics: Ibn Sahl's, Al-Haytham's and Young's works on refraction as typical examples. In: EDUCATION AND TRAINING IN OPTICS AND PHOTONICS CONFERENCE, 2007. Ottawa. **Proceedings...** Ottawa: Optical Society of America, 2007. p. 1-7.

141 MARTINS, R. A.; SILVA, C. C. As pesquisas de Newton sobre a luz: uma visão histórica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4202-1-4202-32, 2015.

142 DESCARTES, R. A dióptrica: discursos I, II, III, IV e VIII. **Scientiae Studia**, v. 8, n. 3, p. 451-486, 2010. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662010000300007>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

143 MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 115-121, 2000.

144 PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. São Paulo: FTD, 2010.

145 LAIA, A. S.; GOMES, L. M.; FERREIRA, F. C. L.; GESTER, R. M. TEIXEIRA, W. C. E. Uma prática experimental alternativa para o estudo quantitativo de indução eletromagnética no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 5, p. 211-222, 2017.

146 ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

147 SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v. 17, p. 49-67, 2015. doi: 10.1590/1983-2117201517s04.

148 MORI, R. C.; CURVELO, A. A. S. A Experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC-USP): 30 anos de contribuições ao ensino de ciências. **Revista de Cultura e Extensão USP**, v. 11, p. 51-63, 2014. doi: 10.11606/issn.2316-9060.v11i0p51-63

149 YOON, H. G., KIM, M. Collaborative reflection through dilemma cases of science practical work during practicum. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 3, p. 283-301, 2010.

APÊNDICE A – ROTEIROS ORIGINAIS DA EXPERIMENTOTECA.

CDCC - USP
EXPERIMENTOTECA

FÍSICA

3 CALORIMETRIA

3. Medida do calor específico de metais

NOME _____

ESCOLA _____

EQUIPE _____ SÉRIE _____

PERÍODO _____ DATA _____

QUESTÃO PRÉVIA

"Suponha que se tenha duas peças metálicas, uma de ferro e a outra de alumínio, de mesma massa, em água em ebulição. Ambas são colocadas em recipientes iguais com água a 20°C. Em qual caso a temperatura final da água será mais elevada?"

Resposta:

OBJETIVO

- Determinar o calor específico de um metal a escolher: cobre, latão, ferro, alumínio.

INTRODUÇÃO

Você sabia que na prática pode-se utilizar o calor específico do material para averiguar a composição de uma liga metálica ou a pureza de um metal?

Exemplo: pode-se verificar se um metal é prata ou ouro, medindo o seu calor específico e comparando o valor encontrado com o valor de referência.

Qual material aquece mais rápido, quando é fornecida a mesma quantidade de calor: a água ou um metal, ambos tendo a mesma massa?

Esta é fácil: o metal. Por quê?

Porque o calor específico dos metais é, de um modo geral, menor que o dos líquidos.

Exemplo- Os valores dos calores específicos da água e do chumbo são:

$$c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal /g } ^{\circ}\text{C} \text{ (medido entre as temperaturas de } 14,5 ^{\circ}\text{C} - 15,5 ^{\circ}\text{C)}$$

$$c_{\text{chumbo}} = 0,031 \text{ cal /g } ^{\circ}\text{C}$$

Observe que enquanto 1.0 g de água necessita de 1,0 cal para variar a sua temperatura de 1,0 °C, o chumbo necessita apenas de 0,031 cal. Concluímos que o calor específico é característico de cada

material. Quanto maior o calor específico, maior a quantidade de calor por unidade de massa, para que ocorra uma variação unitária de temperatura, e vice-versa.

DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE METAIS

Neste experimento será medido o calor específico de um metal utilizando o método das misturas, ou seja, aquece-se o metal a uma temperatura maior que a do ambiente e em seguida ele é imerso na água contida no calorímetro que está à temperatura ambiente. O metal vai ceder calor para água e para o calorímetro, até atingir a temperatura de equilíbrio térmico. Aplicando o princípio da conservação de energia:

$$Q_{\text{ganho}} = Q_{\text{perdido}} \quad (3.1) \text{ onde,}$$

$$Q_{\text{ganho}} = Q_{\text{água}} + Q_{\text{calorímetro}} \quad (3.2) \text{ e,}$$

$$Q_{\text{perdido}} = Q_{\text{metal}} \quad (3.3)$$

MATERIAL

- Calorímetro
- Béquer (150 mL)
- Proveta (100 mL)
- Água (destilada se possível)
- Peça de metal com a massa aferida (cada grupo escolhe um tipo de metal)
- Termômetro (-10 °C a 110 °C)
- Lamparina ou bico de Bunsen com suporte e tela de amianto
- Álcool
- Dosador
- Linha cordonê

PROCEDIMENTO

Figura 3.1 - Medida do calor específico do metal

- Coloque 100 mL de água (medidos com a proveta) que corresponde a 100 g de água ($d_{\text{água}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$) no calorímetro e meça a temperatura inicial da água ($T_{i \text{ água}}$). Anote estes valores na tabela 3.1.
- Caso não tenha o valor da massa do metal, determine a massa em uma balança com precisão de 0,1g.

- Coloque a peça de metal, presa por um fio, no bquer com gua (aproximadamente 80 mL) e aquea o conjunto at atingir a temperatura de ebulio (fig. 3.1a). Mea esta temperatura que ser a temperatura inicial da pea de metal ($T_{i\text{ metal}}$) e coloque na tabela 3.1.
- Rapidamente retire a pea da gua em ebulio e coloque-a no calormetro e tampe o calormetro (fig. 3.1b).
- Resfrie o termmetro em gua corrente antes de introduzi-lo no calormetro.
- Agite a gua do calormetro, at a temperatura ficar constante, ou seja, atingir o equilbrio trmico. Mea esta temperatura (T_f) e coloque o valor na tabela 3.1.
- Repita este procedimento no mnimo trs vezes para cada metal.

DETERMINE:

- O calor especfico do metal, utilizando o princpio conservao da energia, $Q_{\text{ganho}} = Q_{\text{perdido}}$, e coloque os valores encontrados na tabela 3.1. Considere o valor da capacidade trmica do calormetro calculada no experimento anterior.
- Determine o calor especfico mdio do metal utilizado.
- Determine o equivalente em gua do metal utilizado.

QUESTES:

- 1) Comparando o calor especfico dos metais com o da gua, o metal se aquece ou se resfria mais ou menos rapidamente que a gua? Por qu?
- 2) Compare os valores obtidos dos calores especficos com os da tabela 3.2. Qual o desvio percentual dos valores experimentais obtidos com os de referncia? Explique a causa deste desvio.
- 3) Qual o significado do equivalente em gua dos metais?
- 4) Compare os valores dos calores especficos do ferro e do alumnio que foram obtidos.
- 5) E agora voc consegue responder a questo prvia?
- 6)

Tabela 3.1 Medida do Calor Especfico de Metais

$m_{\text{metal}}(\text{g})$	$m_{\text�gua}}(\text{g})$	$T_{i(\text{metal})}(\text{oC})$	$T_{i(\text�gua})}(\text{oC})$	$T_f(\text{oC})$	$c(\text{cal/g}^\circ\text{C})$

Tabela 3.2 - Valores de referência de calores específicos de alguns metais

Metal	C (cal/g °C)
Cobre	0,093
Latão	0,094
Ferro	0,119
Alumínio	0,219

3. Calor

FÍSICA

3 CALORIMETRIA
latente de fusão do gelo

NOME _____
 ESCOLA _____
 EQUIPE _____ SÉRIE _____
 PERÍODO _____ DATA _____

QUESTÃO PRÉVIA

“Em viagem podemos usar uma caixa de isopor com gelo para manter alimentos em baixa temperatura. O isopor não é um isolante perfeito e constantemente o calor flui do ambiente para o interior da caixa. No entanto a temperatura não aumenta, enquanto houver gelo. Para onde vai este calor?”

Resposta:

OBJETIVOS

- Determinar o calor latente de fusão do gelo.
- Observar a variação de temperatura durante o processo de fusão do gelo e após.

INTRODUÇÃO

Calor latente de fusão: quando há mudança de estado sólido para o líquido, a quantidade de calor que está sendo fornecida, não é para aumentar a temperatura, mas sim para fundir a substância. Enquanto não houver fundido toda a substância, a temperatura permanece constante. Então para que está servindo este calor fornecido? Está servindo para romper as ligações entre as moléculas em um sólido cristalino, por exemplo, gelo, como mostra a fig. 5.1.

Calor latente de fusão de uma substância é a quantidade de calor necessária para fundir completamente uma unidade de massa da substância quando ela estiver na temperatura de fusão.

Notação: L calor latente de fusão

Expressão:

$$L = Q / m \quad (5.1)$$

Unidade de calor latente: $U(L) = U(Q) / U(m) = 1 \text{ cal} / \text{g}$

Sendo o calor latente do gelo é 80 cal/g, significa que são necessárias 80 cal para fundir 1,0 g de gelo.

Unidade de calor latente – Sistema Internacional de Unidades: $U(L) = 1 \text{ J} / \text{kg}$

Observação: Durante a solidificação, a água cederá a mesma quantidade de calor que recebeu durante a fusão; portanto o calor latente de solidificação é igual ao da fusão.

Exemplo: a figura 5.2 mostra como varia temperatura em função do tempo durante o fornecimento de calor, à pressão normal, para uma quantidade de gelo que está inicialmente a uma temperatura de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, em seguida quando o gelo é transformado em água, e por último em vapor. Observa-se que a temperatura sobe uniformemente com o tempo até atingir $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*ab*). Durante o processo de fusão do gelo a temperatura permanece em $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, até todo o gelo se transformar em água (*bc*). Continuando o fornecimento de calor, a temperatura novamente aumenta uniformemente, mais lentamente, até atingir a temperatura de ebulição, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*cd*). Enquanto a água estiver se transformando em vapor, a temperatura permanece constante (*de*).

Quando toda a água se transformar em vapor, a temperatura novamente começa a aumentar.

Figura 5.1 – Ligações entre as moléculas de um sólido cristalino

Figura 5.2 – Variação da temperatura com o tempo durante os processos de mudanças de fases

DETERMINAÇÃO DO CALOR LATENTE DE FUSÃO DO GELO

O método utilizado é o método das misturas. Aquecendo uma quantidade de água esta é colocada no calorímetro. Colocando gelo no calorímetro, o gelo vai ganhar calor da água e do calorímetro, ocorrendo a fusão total desta quantidade de gelo (fig. 5.3), atingindo a temperatura de equilíbrio térmico. Pelo princípio da conservação de energia:

$$Q_{\text{ganho}} = Q_{\text{perdido}}, \text{ sendo:}$$

$$Q_{\text{perdido}} = Q_{\text{água}} + Q_{\text{calorímetro}}, \text{ e,}$$

$$Q_{\text{ganho}} = Q_{\text{gelo (fusão)}} + Q_{\text{água (decorrente da fusão do gelo)}} \quad (5.2)$$

MATERIAL

- Calorímetro de misturas
- 100 g de água (se possível destilada)

- 30 g de gelo aproximadamente
- Termômetro (-10°C - 110°C)
- Bico de Bunsen ou lamparina com suporte e tela de amianto
- Béquer (150 mL)
- Proveta (100 mL)

PROCEDIMENTO

- Aqueça a massa de 100 g de água até atingir a temperatura 50°C . Rapidamente coloque a água aquecida dentro do calorímetro e meça a temperatura de equilíbrio térmico entre a água e o calorímetro (T_i), colocando este valor na tabela 5.1 e também o valor da massa de água.
- Retire aproximadamente 30 g de gelo da geladeira e coloque rapidamente dentro do calorímetro. Não se preocupe em obter o valor exato da massa de gelo, porque poderá obtê-lo no final da experiência, quando o gelo se tornar líquido (fig. 5.3).

Figura 5.3 - Procedimento para determinar o calor latente de fusão do gelo

- Observe como varia a temperatura dentro do calorímetro, até o sistema atingir o equilíbrio térmico, ou seja, a mesma temperatura. Coloque o valor desta temperatura (T_f) na tabela 5.1.
- Coloque novamente a água do calorímetro na proveta, meça o volume que é igual numericamente ao valor da massa total de água ($d_{\text{água}} = m/V = 1,0 \text{ g/cm}^3$), e subtraindo da quantidade de água inicial (100 g), irá obter a massa correta de gelo para colocar na tabela 5.1.

DETERMINE:

- A quantidade de calor perdida pela água (100 g).
- A quantidade de calor perdida pelo calorímetro (utilize o valor da capacidade térmica do calorímetro encontrado no experimento1).
- A quantidade de calor ganha pelo gelo para se transformar em água.
- A quantidade de calor ganha pela água obtida da fusão do gelo, para as temperaturas de fusão do gelo até a temperatura de equilíbrio térmico.

- Utilizando a equação fundamental da calorimetria ($Q_{\text{perdido}} = Q_{\text{ganho}}$), calcule o valor do calor latente de fusão do gelo.
- Repita o procedimento no mínimo três vezes.
- Calcule o valor médio do calor latente de fusão do gelo.

QUESTÕES

- 1) O valor médio encontrado para o calor latente de fusão do gelo corresponde ao valor de referência? Qual o desvio apresentado? Justificar a resposta.
Valor de referência do calor latente do gelo à pressão normal: $L_f(\text{gelo}) = 80,0 \text{ cal/g}$.
- 2) E agora você consegue responder a questão prévia?

Tabela 5.1 - Medida do Calor Latente de Fusão do Gelo

$m_{\text{água}} \text{ (g)}$	$m_{\text{gelo}} \text{ (g)}$	$C_{\text{calorímetro}} \text{ (cal/}^\circ\text{C)}$	$T_i \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_f \text{ (}^\circ\text{C)}$	$L_f \text{ (cal/g)}$

FÍ
SI
CA

2 MÁQUINA SIMPLES

NOME _____
 ESCOLA _____
 EQUIPE _____ SÉRIE _____
 PERÍODO _____ DATA _____

INTRODUÇÃO

Existem pessoas fortes e pessoas fracas. Existem também pesos ou obstáculos tão resistentes que nenhum ser humano consegue remover. Tão antigo como o sonho de ser “super-forte” é a tentativa do homem em aumentar a sua força através de dispositivos diversos. Aqui estudaremos as máquinas simples, alavancas e roldanas.

MATERIAL

- 1 alavanca para demonstração e apoio
- 4 roldanas
- 4 ganchos
- 1 peso de 30 g
- 1 peso de 200 g
- barbante
- 1 dinamômetro
- 2 bases do suporte
- 2 colunas do suporte
- 1 haste metálica

Figura 1

PROCEDIMENTO

DEMONSTRAÇÃO DA ALAVANCA

Coloca-se o suporte no primeiro apoio da alavanca. A pessoa mais pesada da sala deve subir na parte de borracha preta (C) e a pessoa mais leve da sala deve tentar levantá-la apenas com um pé apoiado na outra extremidade da alavanca (B). Repita a experiência em todas as posições de apoio. O que ocorre mudando-se a posição do ponto de apoio?

Note que quanto **menor** a distância **d** entre o ponto de apoio e o ponto onde a pessoa põe seu peso, **maior** deverá ser a força para levantar um mesmo peso em C.

Preencha os valores B ou C onde, na figura 1, ocorre:

() Força maior

() Deslocamento Maior

() Força menor

() Deslocamento Menor

Cite outros exemplos onde se usa a alavanca

EXPERIÊNCIAS COM ROLDANAS (chamadas também de polias ou carretilhas)

- Enganche o bloco maior diretamente no dinamômetro e determine o peso do corpo.
- Monte o suporte e coloque uma roldana e o peso (Figura 2). Enganche o dinamômetro na outra extremidade do barbante e puxe-o. Anote o valor na tabela.
- Substitua o dinamômetro pelo bloco menor e verifique o que acontece.

Monte o esquema da figura 3 e faça a leitura com o dinamômetro. Anote o resultado na tabela.

Repita o procedimento no esquema das figuras 4 e 5, anotando os resultados na tabela.

Leitura		Leitura	
1 roldana		3 roldanas	
2 roldanas		4 roldanas	

Tabela: leitura do dinamômetro para levantar um peso com diversas roldanas

Na montagem da figura 5 vamos substituir o dinamômetro pelo bloco menor. Antes de fazer a experiência veja se consegue prever qual vai subir.

Faça a experiência. Acertou a previsão? _____

Explique o que aconteceu. _____

OBSERVAÇÃO: A roldana fixa muda o sentido da força. Na roldana móvel o peso a ser erguido acaba sustentado por 2 fios que passam pela roldana e sobem (figura 6). Cada fio suporta, portanto, a metade da força que estica o fio ligado ao peso. Conclusão: a roldana móvel divide a força por 2.

DISCUSSÃO: Trabalho de uma força e o conceito de energia

Podemos entender a experiência que fizemos usando a idéia de força, que é ampliada e que muda de sentido. Uma maneira alternativa de entendimento consiste em usar a idéia de trabalho de uma força. Define-se que: *Trabalho de uma força é o valor da força multiplicada pela distância em que ela atua.*

Isto significa que uma força grande que atua numa distância pequena pode estar realizando o mesmo trabalho que uma força pequena que atua numa distância grande. Refazemos a experiência da figura 5, colocando um bloco pequeno ao invés do dinamômetro, e notamos: o peso (força peso) do bloco pequeno que se desloca descendo uma distância grande realizará o mesmo trabalho que o peso do bloco grande que sobe uma distância pequena. Uma terceira maneira de entender esta mesma experiência consiste no uso do conceito de Energia: *O trabalho de uma força aumenta a energia do sistema. Por outro lado a energia pode diminuir, possibilitando que uma força realize trabalho.*

No nosso sistema, se o peso pequeno desce, sua energia potencial diminui e a energia potencial do bloco maior, que sobe, aumenta. No sistema todo a energia permanecerá constante, pois um perde enquanto o outro ganha. Na figura 7 quem ganha e quem perde energia?

Figura 6

Figura 7

FÍSICA

4 ÓTICA

Reflexão e Refração da luz

1. Refração da luz/Índice de refração

NOME _____
 ESCOLA _____
 EQUIPE _____ SÉRIE _____
 PERÍODO _____ DATA _____

QUESTÃO PRÉVIA

Onde você acha que a velocidade da luz é maior: no ar ou na água? Por quê?

Resposta:

OBJETIVOS

- Observar o fenômeno da refração da luz.
- Calcular o índice de refração do acrílico e a velocidade da luz nesse material.

INTRODUÇÃO

Você já deve ter observado que um objeto retilíneo colocado dentro de um copo com água parece estar torto ou quebrado (figura 4.1). Ou então, já deve ter notado, ao se aproximar de uma piscina ela aparenta ser rasa, quando na realidade não o é. Esses e outros fenômenos são explicados pela Refração da luz, que ocorre devido à mudança de velocidade da luz ao passar de um meio transparente para outro.

É importante destacar que sempre que se dá a Refração da luz, ocorre também a Reflexão, ou seja, um pouco da luz que incide sobre o dióptro (a superfície de separação entre dois meios transparentes) volta para o meio de onde veio.

MATERIAL

- Uma fonte Laser.
- Um semicilindro de acrílico.
- Uma folha de papel branco.
- Um transferidor.
- Uma régua.
- Um esquadro.
- Uma tabela de senos.

Figura 4.1 - Um objeto retilíneo mergulhado em uma taça com líquido transparente

Figura 4.2 - Feixe de luz (Laser) incidindo na superfície plana do semicilindro

Advertência: CUIDADO!!! Não incida a luz do Laser no olho, pois ela é muito intensa e pode causar danos irreversíveis à visão.

PROCEDIMENTO

- Coloque a folha de papel branco sobre uma superfície plana horizontal, e coloque o semicilindro de acrílico sobre a folha de papel (a superfície do semicilindro pintada de branco deve estar voltada para baixo).
- Coloque a fonte Laser próxima ao semicilindro, e faça o feixe de luz incidir bem no meio da superfície plana do semicilindro, conforme mostra a figura 4.2.
- Varie o ângulo de incidência e observe a trajetória do feixe luminoso, projetado sobre a folha de papel (mantenha o feixe de luz incidindo sempre sobre a marca no meio da superfície plana).
- Para uma situação parecida com a da figura 4.2 desenhe, sobre o papel, o contorno do semicilindro.
- Marque, com um lápis, dois pontos na direção do raio incidente e dois pontos na direção do raio refratado.
- Desligue o Laser, retire o semicilindro de sobre o papel e trace a trajetória do feixe de luz.
- Utilizando o esquadro, trace a reta normal, no ponto onde a luz incide.
- Com o transferidor, meça os ângulos de incidência (θ_1) e de refração (θ_2), que são os ângulos entre, respectivamente, o raio incidente e a reta normal, e o raio refratado e a reta normal.
- Repita o procedimento anterior, pelo menos mais três vezes, mudando o ângulo de incidência, e anotando os resultados.

CÁLCULOS E QUESTÕES

- 1) Note que quando a luz sai do acrílico, pela superfície curva, ela não muda de direção. *Explique* porquê (Dica: determine a reta normal à superfície curva do acrílico).
- 2) Utilizando a tabela de senos *calcule* $\sin \theta_1$ e $\sin \theta_2$, e *calcule* também a razão entre eles ($\sin \theta_1 / \sin \theta_2$); *coloque* os dados na tabela 4.1.
- 3) Se você realizou a experiência com cuidado, deve ter obtido praticamente o mesmo valor para todas as razões calculadas. Esse valor é o índice de refração do acrílico em relação ao ar, n_{ac}/n_{ar} . Como $n_{ar} \cong 1$, então $n_{ac}/n_{ar} \cong n_{ac}$, que é o índice de refração absoluto do acrílico.
- 4) *Calcule* o valor médio do índice de refração do acrílico (quanto mais medidas forem realizadas, mais preciso será o resultado).
- 5) Utilizando o índice de refração encontrado, *calcule* a velocidade da luz dentro do acrílico, usando a definição de índice de refração, $n = c/v$, em que c é a velocidade da luz no vácuo.
- 6) Essa velocidade corresponde a *que porcentagem* da velocidade da luz no ar?
- 7) *Quais* as principais fontes de erros experimentais contidas nesta prática e como elas podem ter influenciado no resultado?
- 8) E agora você consegue responder a questão prévia?

Tabela 4.1 - Cálculo do índice de refração do acrílico

θ_1 (graus)	θ_2 (graus)	$\text{sen } \theta_1$	$\text{sen } \theta_2$	$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2}$
Valor médio de n_{ac}				

OPCIONAL

- Em uma folha de papel milimetrado, *faça* um gráfico de $\text{sen } \theta_1$ em função de $\text{sen } \theta_2$.
- Se a experiência foi realizada com cuidado, e o gráfico feito corretamente, o resultado do gráfico deve ser uma reta. Através desse gráfico, *determine* o índice de refração do acrílico (n_{ac}).
- *Compare* esse valor com o valor médio colocado na tabela.

FÍSICA

4 ÓTICA

Reflexão e Refração da luz

1. Espelhos planos/ Leis da reflexão

NOME _____
 ESCOLA _____
 EQUIPE _____ SÉRIE _____
 PERÍODO _____ DATA _____

QUESTÃO PRÉVIA

O desenho ao lado mostra dois raios de luz incidindo em um espelho plano. Em que direção e sentido você acha que eles seguirão, após a reflexão. Complete o desenho.

OBJETIVO

Verificar a relação entre os ângulos de incidência e de reflexão de um feixe de luz incidindo em um espelho plano.

INTRODUÇÃO

A reflexão da luz é um dos fenômenos básicos da Ótica que nos permite enxergar o mundo ao nosso redor. A luz proveniente do Sol, ou de uma lâmpada qualquer, incide sobre os objetos, e é refletida para todas as direções. A isso chamamos *reflexão difusa* da luz. Ao direcionarmos os olhos para um objeto, a luz refletida por ele entra em nossos olhos, através da pupila, nos possibilitando enxergá-lo. Assim, podemos afirmar que o conceito de “visão de raio X” do “Super Homem”, no qual os raios X saem de seus olhos, está totalmente equivocado.

Por outro lado, quando um objeto possui a superfície muito lisa como, por exemplo, um metal bem polido (um espelho), a luz que incide sobre ele não é refletida difusamente, como no caso anterior, mas é refletida ordenadamente para uma direção bem definida, que depende da direção da luz incidente. A isso chamamos *reflexão regular* da luz.

Ao acendermos uma lâmpada em frente a um espelho, e ao olharmos para a imagem da lâmpada, formada pelo espelho, não prestamos atenção na superfície do espelho, mas apenas na imagem da lâmpada. Isso não aconteceria se acendêssemos uma lâmpada em frente a um livro, por exemplo, pois a superfície do livro não é tão lisa quanto a de um metal polido.

MATERIAL

- Uma fonte Laser.
- Um espelho plano com base de madeira.
- Uma folha de papel branco.
- Uma régua.
- Um transferidor.
- Um esquadro.

CUIDADO!!! Não incida a luz do Laser no olho, pois ela é muito intensa e pode causar danos irreversíveis à visão.

PROCEDIMENTO

Figura 1 - (Visão de topo) O raio de luz incide no espelho formando um ângulo θ_i qualquer com a reta normal.

- Esta prática deve ser feita sobre uma superfície plana horizontal.
- Coloque a folha de papel branco sobre a superfície plana horizontal, e coloque o espelho, em pé, sobre a folha de papel.
- Apóie a fonte Laser na frente do espelho, e faça o feixe de luz incidir sobre o espelho conforme o esquema da Fig. 1.
- Com um lápis, faça o contorno da superfície plana do espelho sobre o papel.
- Marque dois pontos na direção do feixe incidente e dois na direção do feixe refletido.
- Desligue o Laser e retire o espelho que está sobre a folha de papel.
- *Trace* a trajetória do feixe de luz sobre a folha de papel.
- Utilizando o esquadro, *trace* a reta normal ao espelho plano, no ponto de incidência da luz.
- *Indique* os ângulos de incidência (θ_i) e de reflexão (θ_r) sobre a folha de papel.
- Utilizando o transferidor, meça e anote os ângulos θ_i e θ_r , e coloque os valores na Tabela 1.1.
- Agora, mude o ângulo de incidência e repita a experiência mais duas vezes.

CÁLCULOS E QUESTÕES

- 1) *Que relação* existe entre o ângulo de incidência e o de reflexão?
- 2) *Quais* as principais fontes de erros experimentais desta prática, e *como* elas podem ter influenciado no resultado?

Tabela 1.1 - Ângulos de incidência e reflexão para o espelho plano

Experimento	θ_i (graus)	θ_r (graus)
1		
2		
3		

APÊNDICE B – ROTEIROS REELABORADOS SOBRE CALOR ESPECÍFICO.

Roteiro Reelaborado

Física - Calorimetria
O calor específico

Ensino investigativo e história e filosofia da ciência

Nos últimos anos, tanto no Brasil quanto no exterior, o ensino investigativo tem sido considerado como uma abordagem capaz de desenvolver competências pertinentes ao fazer científico e também competências de caráter geral. Ensinar ciências de forma investigativa é uma abordagem que foi mudando o foco durante as épocas, de acordo com as tendências educacionais e ela visa, entre outras coisas, que o aluno assuma algumas atitudes típicas do fazer científico como indagar, refletir, discutir, observar, trocar ideias, argumentar, explicar e relatar suas descobertas. Isso faz com que o ensino investigativo seja uma abordagem didática em que os professores deixam de fornecer conhecimentos para os alunos, passando a atuar como um mediador do processo de investigação; e os alunos como protagonistas na sala de aula, mais ativos e superando o papel de meros receptores de informação.

Podemos citar alguns pontos que caracterizam uma atividade investigativa:

- O professor lança um problema aos alunos de forma a favorecer a criação de hipóteses, ideias, debates, reflexões e argumentações;
- Observações sobre o problema/fenômeno/situação feitas pelos alunos e processo de experimentação e avaliação dos dados, em busca de um resultado;
- Conhecimento científico do aluno sendo aplicado ao problema, sob orientação do professor;
- Expectativas iniciais do problema confrontadas para obtenção de uma resposta;
- Relatar a resposta final e discuti-la entre alunos e o professor para a finalização do problema em questão.

As práticas investigativas também podem ser conciliadas com abordagens pautadas na história e filosofia da ciência (HFC), uma vez que o tema investigado pode ser associado a um determinado episódio histórico. A inclusão da história da ciência será feita a partir de fontes primárias como diários de laboratórios e anotações de cientistas, manuscritos, cartas, obras científicas e documentos originais do período estudado. Dessa forma a história pode ajudar o professor a promover uma melhor compreensão da relevância do contexto histórico para a evolução da ciência; pode contribuir para um melhor entendimento dos conteúdos (teorias científicas e seus métodos); fornecer uma aprendizagem contextualizada com a sociedade, economia e cultura; revelar como a ciência funciona ao reviver os debates e experiências históricas; apresentar o conhecimento científico como provisório e mutável; entre outros. A combinação dessas duas abordagens resulta na abordagem intitulada histórico-

investigativa (HI), uma metodologia de ensino e aprendizagem centrado no aluno e orientado pelo professor.

A sugestão deste roteiro inclui momentos de aula, que servem de apoio e orientação para o professor na realização da atividade em sala de aula. Essas orientações guiam diálogos e discussões relacionadas à atividade, porém, o professor não precisa necessariamente contemplar todas essas orientações sugeridas. No entanto, algumas delas devem fazer parte da atividade realizada, como por exemplo, a apresentação de um problema com sua respectiva contextualização histórica, hipóteses lançadas pelos alunos para a resolução do problema, discussões e reflexões, experimentação e conclusão do problema.

Ao longo de todo o processo é desejável que o professor guie os alunos para que cheguem ao conhecimento científico, de forma que ele identifique através das discussões as contradições, erros e limitações do conhecimento dos alunos. O professor não deve deixar os alunos seguirem com teorias descartadas ou ideias erradas, pois, apesar da atividade ser investigativa e com a participação ativa dos alunos, ele é um facilitador da aprendizagem e deve propiciar um aprofundamento conceitual utilizando definições e conceitos que não estão esclarecidos ou desenvolvidos pelos alunos.

Sugestões para o professor

Calor específico dos metais

Quando aquecemos massas iguais de água e ferro até uma determinada temperatura T , com ambas partindo da mesma temperatura T_0 , notamos que o ferro atinge a temperatura T antes que a água. Por que isto ocorre?

A variação de temperatura (ΔT) de um corpo depende do seu material e da quantidade de calor trocada com o ambiente (fornecida ou extraída). Matematicamente, tal relação pode ser apresentada como:

$$\Delta Q = C \Delta T \quad (1)$$

onde C é capacidade térmica do material. Assim, a capacidade térmica é a grandeza física que informa qual a quantidade de calor (ΔQ) que deve ser trocada com uma substância para que a mesma sofra uma variação de temperatura (ΔT). A capacidade térmica, do modo como apresentada, caracteriza o comportamento térmico do corpo, mas não o comportamento térmico do material que o constitui. A caracterização térmica do material é dada pelo calor específico^{**}.

O calor específico (c) de uma substância informa qual a quantidade de calor necessária para que uma unidade de massa dessa substância sofra uma variação unitária de temperatura. A capacidade térmica (C) depende da quantidade de matéria envolvida (m) e do calor específico (c):

$$C = mc \quad (2)$$

^{**} Professor fique atento para o fato de que a capacidade térmica e o calor específico não são as únicas grandezas que influenciam o comportamento térmico de um corpo. A condutividade térmica do material também influencia. Não trataremos desse assunto aqui, mas você pode discuti-lo com seus alunos, caso ache pertinente. Para isso, considere a tabela 1 ao final deste roteiro que mostra valores de condutividade térmica para diferentes materiais (Young & Freedman 2015).

Assim, dado um processo no qual um corpo material troca calor, podemos então relacionar a quantidade de calor trocada, a variação de temperatura sofrida pelo corpo, sua massa do corpo e o calor específico da substância combinando as equações (1) e (2):

$$\Delta Q = mc \Delta T \quad (3)$$

- Professor, você pode fazer perguntas que remetam a exemplos/fenômenos/situações do cotidiano. Por exemplo, “num dia de sol, você já reparou que a lataria de um carro está muito mais quente ao que, por exemplo, a parede de uma casa?”, “Você já reparou que algumas comidas demoram mais para esfriar do que outros?”, “Porque no deserto, durante o dia a temperatura atinge valores muito altos e a noite valores muito baixos?”.

JOSEPH BLACK E OS ESTUDOS SOBRE CALOR ESPECÍFICO

Perguntas semelhantes às essas foram feitas no passado. Durante os séculos XVII e XVIII, houve debates entre os cientistas sobre a natureza do calor. Alguns consideravam o calor como sendo produzido pela movimentação da matéria, como ocorre na fricção. Enquanto que outros consideravam que o calor era um tipo de substância que fluía dos corpos quentes para os corpos frios. Uma das dificuldades em se compreender o calor está no fato de que ele, muitas vezes é associado às sensações de quente e frio, ou seja, calor é comumente confundido com temperatura. Embora o debate pareça apenas uma curiosidade do passado, ainda hoje muitos alunos confundem calor com temperatura^{††}.

Em 1760, Joseph Black (1728-1799) esclareceu a diferença entre temperatura e calor, introduzindo o conceito de calor sensível, chamado hoje de calor específico. Ele notou que corpos de massas iguais e de substâncias diferentes, inicialmente à mesma temperatura, precisavam de quantidades de calor diferentes para atingir a mesma temperatura. Observou que a quantidade de calor necessária para aquecer certa quantidade de água não era a mesma necessária para aquecer a mesma quantidade de mercúrio. Para investigar porque isto ocorria, ele fez experimentos variando a quantidade de água e de mercúrio, bem como as variações de temperatura. Com isso, ele constatou que a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de dois volumes de água em 25 graus é a mesma para aquecer três volumes de mercúrio na mesma temperatura. Ou seja, uma menor quantidade de calor é necessária para elevar a temperatura do mercúrio no mesmo número de graus que a água. Com isso concluiu que o mercúrio responde mais rapidamente para o calor do que a água, chegando à seguinte conclusão:

Parece, portanto, do resultado geral de tais experimentos, que, se tivéssemos mil massas de matéria de mesma forma e tamanho, mas de diferentes materiais, e todas fossem colocadas na mesma sala até que assumissem a mesma temperatura; se introduzíssemos nessa sala uma grande massa de ferro vermelho quente, o calor desta, quando comunicado a todos os diferentes corpos ao mesmo tempo, poderia ser suficiente para aumentar a temperatura de todos eles em 20 graus; o calor do ferro assim comunicado, embora produzisse um efeito igual sobre cada um destes corpos, em aumentar sua temperatura de 20 graus, não seria, contudo, dividido ou distribuído

^{††} Temperatura é uma grandeza física que mede o grau de agitação das moléculas de uma determinada matéria (quanto maior a agitação, mais elevada será a temperatura). Calor é a energia que é transferida de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura (Pietrocola et al. 2010).

igualmente entre eles. Alguns deles atrairiam e reteriam uma quantidade muito maior deste calor ou matéria de calor, que outros; e a quantidade recebida por cada um não seria proporcional à suas densidades. [...] Mas atrairiam e requeririam uma quantidade [de calor] peculiar para aumentar sua temperatura de 20 graus; ou reduzi-la ao equilíbrio, ou seja, igualdade de saturação com os corpos circunvizinhos. [Isso ocorreria] de acordo com sua capacidade específica, ou sua força de atração específica por esta matéria. Portanto, devemos concluir que diferentes corpos, embora do mesmo tamanho ou até de mesmo peso, quando são reduzidos à mesma temperatura ou grau de calor, qualquer que seja, podem conter quantidades muito diferentes de matéria de calor, as quais foram necessárias para trazê-los a este nível, ou equilíbrio, um com o outro. (Black, J. Lectures on the elements of chemistry, p. 82-83, 1803).

Portanto, Black concluiu que havia diferença entre quantidade de calor e temperatura, e que a quantidade de calor (e consequentemente a elevação da temperatura) era influenciada pelas propriedades físicas do objeto!

*

Sugestão de orientações para organização da aula

Professor, agora você pode convidar seus alunos para investigar as ideias sobre calor específico do texto. Para isso precisaremos de um bloco de alumínio e um de cobre. Segure cada bloco em uma das mãos por 5 minutos. Após esse tempo, peça a outro aluno que segure os blocos e diga, sensorialmente, qual está mais quente e qual está mais frio. À medida que o tempo passa, um dos blocos esfriará rapidamente enquanto o outro ainda estará quente.

No caso do experimento acima, a peça de alumínio apresenta uma temperatura menor do que a de cobre, pois seu calor específico é cerca de duas vezes maior que o do cobre. Peça que os alunos também investiguem o comportamento térmico de outros materiais como o ferro e o latão (que possuem a mesma massa) e anatem em seus cadernos os resultados e hipóteses levantadas para explicar o que mediram. No momento da discussão, pode ser interessante utilizar a lousa para anotar e organizar todos os argumentos e hipóteses levantados pelos alunos. Questione os alunos sobre as variáveis envolvidas no processo de variação de temperatura sofrida pelo material, como por exemplo, quantidade de calor trocada, a quantidade de matéria (massa) a ser aquecida e o tipo de substância que forma o material. Questione os alunos sobre o porquê quantidades iguais de matéria, recebendo quantidades iguais de energia, sofrem diferentes variações de temperatura. Discuta que esse fato provavelmente está relacionado a alguma propriedade intrínseca do material, o calor específico, pois é ele que permitirá comparar o comportamento térmico de corpos com base em sua composição e não apenas com base na quantidade de matéria envolvida.

*

Professor, agora você pode propor um experimento para determinar o calor específico de alguns objetos com os materiais contidos na caixa da Experimentoteca. Apresente os materiais da

caixa da Experimentoteca e sugira que os alunos elaborarem um plano de trabalho para realizar o experimento considerando as variáveis envolvidas e os materiais a serem utilizados.

Quando todos os grupos já tiverem realizado seus experimentos deve-se aproveitar esse momento para comparar os valores obtidos pelos alunos, discutir e concluir sobre os resultados e os procedimentos utilizados. Você também pode sugerir aos alunos que produzam um texto sobre a atividade considerando aspectos históricos e experimentais.

Sobre o experimento

Você precisará de:

- Calorímetro
- Béquer
- Proveta
- Água
- Peça de metal com a massa aferida (cada grupo escolhe um tipo de metal com $m=21,2\text{g}$)
- Termômetro
- Lamparina ou bico de Bunsen com suporte e tela de amianto
- Álcool
- Potinho dosador
- Linha cordonê

Uma sugestão de procedimento experimental para a determinação do calor específico de peças metálicas de diferentes tipos de metais (é importante frisar que esse experimento é uma das formas de se medir o calor específico de sólidos em geral, e não apenas metálicos) é aquecer o bloco de metal dentro de um béquer com água e em seguida transferi-lo para dentro do calorímetro com água a temperatura ambiente (figura 1). O bloco cederá calor para água e para o calorímetro até atingir a temperatura de equilíbrio térmico e considerando o calorímetro como um sistema fechado, em que há conservação de energia, o calor trocado pelo sistema (dado pela soma do calor trocado pela água com o calor trocado pelo calorímetro e o calor trocado pelo bloco) é nulo.

Figura 1: Ilustração do procedimento da medida do calor específico.

Professor aproveite também para discutir sobre as possíveis fontes de erro que afetam os resultados (como, por exemplo, a eficiência do calorímetro em não perder calor para o ambiente e erros nas medidas de temperaturas). Você também pode apresentar aos alunos os valores tabelados do calor específico dos metais estudados, que foram obtidos com uma precisão maior e que por isso são tomados como referência:

Tabela 1: Calor específico e condutividade térmica de alguns materiais:

Metal	c (cal/g °C)	Densidade (g/cm ³)	Condutividade térmica (W/m K)
Cobre	0,093	8,96	385
Latão	0,094	2,70	109
Ferro	0,119	7,87	79,5
Alumínio	0,219	2,70	205

Fonte: Young, H. D., Freedman, R. A.

Professor, no momento final da aula você pode aproveitar para retomar o problema inicial e o texto histórico, relacionando-os com o experimento.

Referências:

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em contextos**: pessoal, social e histórico. São Paulo: FTD, 2010. v. 2

BLACK, J. **Lectures on the elements of chemistry**. Edinburgh, Scotland, 1803. v.2

ROLLER, D. **The early development of the concepts of temperature and heat**: the rise and decline of caloric theory. Cambridge: Harvard University Press, 1950.

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

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Sears and Zemansky's University Physics with modern physics**. California: Pearson Education, 2015.

Roteiro do aluno

Física - Calorimetria O calor específico

Sugestões para o aluno

JOSEPH BLACK E OS ESTUDOS SOBRE CALOR ESPECÍFICO

Um dos primeiros a pesquisar sistematicamente esse assunto foi Joseph Black. Ele nasceu em Bordeaux (França), no dia 16 de abril de 1728 e morreu em 6 de dezembro de 1799. Seus pais, que trabalhavam com comércio de vinho, voltaram para a Escócia, onde ele estudou física, química e medicina.

Nesta época havia um debate entre os cientistas sobre a natureza do calor. Alguns consideravam o calor como sendo produzido pela movimentação da matéria, como ocorre na fricção. Enquanto que outros consideravam que o calor era um tipo de substância que fluía dos corpos quentes para os corpos frios. Uma das dificuldades em se compreender o calor está no fato de que ele, muitas vezes é associado às sensações de quente e frio, ou seja, calor é comumente confundido com temperatura. Embora o debate pareça apenas uma curiosidade do passado, ainda hoje muitos alunos confundem calor com temperatura^{††}.

Em 1760, Joseph Black esclareceu a diferença entre temperatura e calor, introduzindo o conceito de calor sensível, chamado hoje de calor específico. Ele notou que corpos de massas iguais e de substâncias diferentes, inicialmente à mesma temperatura, precisavam de quantidades de calor diferentes para atingir a mesma temperatura. Observou que a quantidade de calor necessária para aquecer certa quantidade de água não era a mesma necessária para aquecer a mesma quantidade de mercúrio. Para investigar porque isto ocorria, ele fez experimentos variando a quantidade de água e de mercúrio, bem como as variações de temperatura. Com isso, ele constatou que a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de dois volumes de água em 25 graus é a mesma para aquecer três volumes de mercúrio na mesma temperatura, ou seja, uma menor quantidade de calor é necessária para elevar sua temperatura no mesmo número de graus. Com isso concluiu que o mercúrio responde mais rapidamente para o calor do que a água, chegando à seguinte conclusão:

Parece, portanto, do resultado geral de tais experimentos, que, se tivéssemos mil massas de matéria de mesma forma e tamanho, mas de diferentes materiais, e todas fossem colocadas na mesma sala até que assumissem a mesma temperatura; se introduzíssemos nessa sala uma grande massa de ferro vermelho quente, o calor desta, quando comunicado a todos os diferentes corpos ao mesmo tempo, poderia ser suficiente para aumentar a temperatura de todos eles em 20 graus; o calor do ferro assim comunicado, embora produzisse um efeito igual sobre cada um destes corpos, em aumentar sua

^{††} Temperatura é uma grandeza física que mede o grau de agitação das moléculas de uma determinada matéria (quanto maior a agitação, mais elevada será a temperatura). Calor é a energia que é transferida de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura.

temperatura de 20 graus, não seria, contudo, dividido ou distribuído igualmente entre eles. Alguns deles atrairiam e reteriam uma quantidade muito maior deste calor ou matéria de calor, que outros; e a quantidade recebida por cada um não seria proporcional à suas densidades. [...] Mas atrairiam e requeririam uma quantidade [de calor] peculiar para aumentar sua temperatura de 20 graus; ou reduzi-la ao equilíbrio, ou seja, igualdade de saturação com os corpos circunvizinhos. [Isso ocorreria] de acordo com sua capacidade específica, ou sua força de atração específica por esta matéria. Portanto, devemos concluir que diferentes corpos, embora do mesmo tamanho ou até de mesmo peso, quando são reduzidos à mesma temperatura ou grau de calor, qualquer que seja, podem conter quantidades muito diferentes de matéria de calor, as quais foram necessárias para trazê-los a este nível, ou equilíbrio, um com o outro. (Black, J. Lectures on the elements of chemistry, p. 82-83, 1803).

Portanto, Black concluiu que havia diferença entre quantidade de calor e temperatura, e que a quantidade de calor (e consequentemente a elevação da temperatura) era influenciada pelas propriedades físicas do objeto!

INVESTIGANDO E DETERMINANDO O CALOR ESPECÍFICO DE UM METAL

Material:

- Calorímetro
- Béquer
- Proveta
- Água
- Peça de metal com a massa aferida ($m=21,2g$)
- Termômetro
- Lamparina ou bico de Bunsen com suporte e tela de amianto
- Álcool
- Potinho dosador
- Linha cordonê

Agora vocês estão convidados a elaborar um plano de trabalho para testar os resultados descritos por Joseph Black. Quais materiais podem ser utilizados? Quais as variáveis envolvidas no experimento? Como você explica os resultados?

Figura 1: Ilustração do procedimento da medida do calor específico.

APÊNDICE C – ROTEIROS REELABORADOS SOBRE CALOR LATENTE.

Roteiro Reelaborado

Física - Calorimetria
Calor latente de fusão do gelo

Ensino investigativo e história e filosofia da ciência

Nos últimos anos, tanto no Brasil quanto no exterior, o ensino investigativo tem sido considerado como uma abordagem capaz de desenvolver competências pertinentes ao fazer científico e também competências de caráter geral. Ensinar ciências de forma investigativa é uma abordagem que foi mudando o foco durante as épocas, de acordo com as tendências educacionais e ela visa, entre outras coisas, que o aluno assuma algumas atitudes típicas do fazer científico como indagar, refletir, discutir, observar, trocar ideias, argumentar, explicar e relatar suas descobertas. Isso faz com que o ensino investigativo seja uma abordagem didática em que os professores deixam de fornecer conhecimentos para os alunos, passando a atuar como um mediador do processo de investigação; e os alunos como protagonistas na sala de aula, mais ativos e superando o papel de meros receptores de informação.

Podemos citar alguns pontos que caracterizam uma atividade investigativa:

- O professor lança um problema aos alunos de forma a favorecer a criação de hipóteses, ideias, debates, reflexões e argumentações;
- Observações sobre o problema/fenômeno/situação feitas pelos alunos e processo de experimentação e avaliação dos dados, em busca de um resultado;
- Conhecimento científico do aluno sendo aplicado ao problema, sob orientação do professor;
- Expectativas iniciais do problema confrontadas para obtenção de uma resposta;
- Relatar a resposta final e discuti-la entre alunos e o professor para a finalização do problema em questão.

As práticas investigativas também podem ser conciliadas com abordagens pautadas na história e filosofia da ciência (HFC), uma vez que o tema investigado pode ser associado a um determinado episódio histórico. A inclusão da história da ciência será feita a partir de fontes primárias como diários de laboratórios e anotações de cientistas, manuscritos, cartas, obras científicas e documentos originais do período estudado. Dessa forma a história pode ajudar o professor a promover uma melhor compreensão da relevância do contexto histórico para a evolução da ciência; pode contribuir para um melhor entendimento dos conteúdos (teorias científicas e seus métodos); fornecer uma aprendizagem contextualizada com a sociedade, economia e cultura; revelar como a ciência funciona ao reviver os debates e experiências históricas; apresentar o conhecimento científico como provisório e mutável; entre outros. A combinação dessas duas abordagens resulta na abordagem intitulada histórico-

investigativa (HI), uma metodologia de ensino e aprendizagem centrado no aluno e orientado pelo professor.

A sugestão deste roteiro inclui momentos de aula, que servem de apoio e orientação para o professor na realização da atividade em sala de aula. Essas orientações guiam diálogos e discussões relacionadas à atividade, porém, o professor não precisa necessariamente contemplar todas essas orientações sugeridas. No entanto, algumas delas devem fazer parte da atividade realizada, como por exemplo, a apresentação de um problema com sua respectiva contextualização histórica, hipóteses lançadas pelos alunos para a resolução do problema, discussões e reflexões, experimentação e conclusão do problema.

Ao longo de todo o processo é desejável que o professor guie os alunos para que cheguem ao conhecimento científico, de forma que ele identifique através das discussões as contradições, erros e limitações do conhecimento dos alunos. O professor não deve deixar os alunos seguirem com teorias descartadas ou ideias erradas, pois, apesar da atividade ser investigativa e com a participação ativa dos alunos, ele é um facilitador da aprendizagem e deve propiciar um aprofundamento conceitual utilizando definições e conceitos que não estão esclarecidos ou desenvolvidos pelos alunos.

Sugestões para o professor

Calor latente de fusão

Quando há mudança de estado sólido para o líquido, a quantidade de calor que está sendo fornecida a uma substância não causa aumento de sua temperatura, mas faz com que ela se funda.

Lembremos que as moléculas de um sólido estão ligadas entre si, como ilustrado na figura 1. O calor fornecido rompe estas ligações, provocando uma mudança de estado sólido para líquido.

Calor latente de fusão de uma substância é a quantidade de calor necessária para fundir completamente uma unidade de massa da substância quando ela estiver na temperatura de fusão. Sendo L para o calor latente de fusão, m a massa da substância e Q a quantidade de calor da substância. Essa relação é representada por:

$$L = Q / m \quad (1)$$

A unidade do calor latente dada por: 1 cal/g ou 1 J/kg (SI).

Assim, se o calor latente do gelo é 80 cal/g, significa que são necessárias 80 cal para fundir 1,0 g de gelo.

Observação: Durante a solidificação, a substância cederá a mesma quantidade de calor que recebeu durante a fusão; portanto o calor latente de solidificação é igual ao da fusão.

Exemplo: A figura 2 mostra como varia temperatura em função do tempo durante o fornecimento de calor, à pressão do nível do mar, para uma quantidade de gelo que está inicialmente a uma temperatura de -25°C . Em seguida o gelo é transformado em água, e por último em vapor. Observa-se que a temperatura sobe uniformemente com o tempo até atingir 0°C (*ab*). Durante o processo de fusão do gelo a temperatura permanece constante em 0°C , até todo o gelo se transformar em água (*bc*). Continuando o fornecimento

de calor, a temperatura novamente aumenta uniformemente, mais lentamente, até atingir a temperatura de ebulição, 100°C (*cd*). Enquanto a água estiver se transformando em vapor, a temperatura permanece constante (*de*). Quando toda a água se transformar em vapor, a energia recebida altera a agitação das moléculas rompendo as ligações intermoleculares, aumentando a temperatura do vapor d'água (*ef*).

Figura 1: Ligações entre as moléculas de um sólido cristalino.

Figura 2: Variação da temperatura com o tempo durante os processos de mudanças de fases.

O método utilizado é o método das misturas que consiste em misturar substâncias diferentes com temperaturas diferentes. No caso, mistura-se em um calorímetro uma quantidade de água aquecida e gelo. O gelo vai ganhar calor da água e do calorímetro, sua temperatura aumenta, depois ele se funde e a temperatura do líquido formado aumenta até atingir o equilíbrio térmico.

Pelo princípio da conservação de energia, esse processo pode ser representado por:

$$\Delta Q_{\text{ganho}} = \Delta Q_{\text{perdido}},$$

sendo:

$$\Delta Q_{\text{perdido}} = \Delta Q_{\text{água}} + \Delta Q_{\text{calorímetro}}$$

$$\Delta Q_{\text{ganho}} = \Delta Q_{\text{gelo}} + \Delta Q_{\text{gelo} + \text{água}} \quad (\text{decorrente da fusão do gelo}) \quad (2)$$

- Professor, agora você pode fazer perguntas que remetam a exemplos/fenômenos/situações do cotidiano. Por exemplo, “Em quais situações você observa mudança de estado? Por exemplo, ao colocar uma pedra de gelo dentro de um copo, o que acontece?”, “Como se fabrica uma viga metálica? O que ocorre neste processo?”, “Em regiões frias, onde há neve, a maneira pela qual o gelo derrete não ocasiona alagamentos ou inundações devastadoras. Por que isso ocorre?”.

JOSEPH BLACK E OS ESTUDOS SOBRE MUDANÇA DE ESTADO DA ÁGUA

Um dos primeiros a pesquisar sistematicamente sobre mudança de estado dos corpos foi Joseph Black. Ele nasceu em Bordeaux na França no dia 16 de abril de 1728 e morreu em 6 de dezembro de 1799. Seus pais, que trabalhavam com comércio de vinho, voltaram para a Escócia, onde ele estudou física, química e medicina. Em 1761, Joseph Black, que já estudava sobre a natureza do calor, voltou sua atenção para as transformações de fase da água, de sólido para líquido e de líquido para gás. Nesse estudo, efetuado na Universidade de Glasgow na Escócia, ele desenvolveu a teoria do calor latente ao aplicar calor em uma pedra de gelo. Em seus estudos notou que uma pequena quantidade de calor, quando fornecida ao gelo, não era suficiente para aumentar sua temperatura a ponto de derretê-lo. Além disso, percebeu que quando a água passava pelas transformações de fase, o calor era fornecido à ela, mas sua temperatura não se elevava até que a alteração do estado físico ocorresse, e quando a temperatura se elevava, o aumento era tão pequeno que não deveria nem ser levado em conta:

“[...] se examinarmos o que acontece, podemos perceber que uma grande quantidade de calor entra no derretimento do gelo, para formar a água na qual é alterada, e o período de tempo necessário para a recolha de calor necessário a partir dos corpos vizinhos é a razão da lentidão com que o gelo é liquefeito. Se qualquer pessoa tiver dúvidas da entrada e absorção de calor no gelo derretido, ela precisa apenas tocá-lo, ela vai sentir imediatamente que o gelo retira calor de sua mão que está quente. [...] É evidente, portanto, que o gelo fundente recebe calor muito rápido, mas o único efeito desse calor é mudá-lo em água, que não é sensivelmente mais quente do que o gelo era antes. Um termômetro aplicado às gotas de água, imediatamente, como elas vêm do gelo fundente, irá indicar a mesma temperatura [0° C] como quando é aplicado ao gelo em si, ou, se houver alguma diferença, é muito pequena para merecer ser mencionada. Portanto, uma grande quantidade de calor que entra no gelo fundente não produz nenhum efeito diferente para dar-lhe a liquidez”. (Black, J. Lectures on the elements of chemistry, p. 118-9, 1803).

Black mediu essa quantidade de calor envolvida na mudança de estado, que, por fim, acabou chamando-a de latente, nome que usamos até hoje! Ele também observou que ao fornecer calor ao gelo enquanto ele está se fundindo, a temperatura da mistura gelo/água não aumenta, porém, a quantidade de água dessa mistura aumenta. Notou também que a aplicação de calor quando a água já está em ebulição, não resulta no aumento de sua temperatura, mas resulta em uma maior quantidade de vapor produzido!

*

Sugestão de orientações para organização da aula

Professor, agora você pode convidar seus alunos para que pesquisem sobre calor latente efetuando um experimento. Para isso precisaremos de um copo, gelo (quantidade: meio copo), cronômetro e termômetro. Se você puder usar gelo picado é melhor, pois ele derrete mais rapidamente. Coloque o gelo dentro do copo e anote a temperatura inicial. A cada 2 minutos anote a temperatura e observe o gelo se fundir. Anote também o tempo até que o gelo todo se derreta e faça um gráfico de temperatura em função do tempo.

No caso do experimento acima, espera-se que a temperatura não varie no processo de mudança de estado físico (como Black observou). Caso varie, a variação deve ser pequena devido às trocas de calor com o ambiente. Discuta com os alunos que para uma substância mudar de estado

físico, é preciso que ela troque energia, seja fornecendo ou recebendo energia. Quando a substância ganha energia, as ligações entre as moléculas da substância no sólido cristalino se quebram, fazendo com que as moléculas se afastem uma das outras e a substância como um todo muda de estado físico. A energia fornecida é usada exclusivamente nesse processo e não para o aumento de temperatura^{§§}.

Questione os alunos sobre as variáveis envolvidas no processo, por exemplo, quantidade de massa, em que estado físico ela se encontra no início e no fim do processo e tipo de material envolvido. Discuta também com os alunos que existe um parâmetro que relaciona a quantidade de calor necessária para fundir uma determinada quantidade de massa de um material/substância. Trata-se do calor latente.

*

Professor, agora você pode propor um experimento para determinar o calor latente de fusão do gelo com os materiais contidos na caixa da Experimentoteca. Apresente os materiais da caixa da Experimentoteca e sugira que os alunos elaborarem um plano de trabalho para realizar o experimento considerando as variáveis envolvidas e os materiais a serem utilizados.

Quando todos os grupos já tiverem realizado seus experimentos deve-se aproveitar esse momento para comparar os valores obtidos pelos alunos, discutir e concluir sobre os resultados e os procedimentos utilizados. Você também pode sugerir aos alunos que produzam um texto sobre a atividade considerando aspectos históricos e experimentais.

Sobre o experimento

Você precisará de:

- Calorímetro
- Água
- Gelo
- Termômetro
- Bico de Bunsen ou lamparina com suporte e tela de amianto
- Béquer
- Proveta

Uma sugestão de procedimento experimental para a determinação do calor latente de fusão do gelo é aquecer certa quantidade de água em um béquer. Quando a água estiver aquecida, transfira-a para dentro do calorímetro e adicione algumas pedras de gelo. Feche o calorímetro e espere o gelo se derreter por completo (figura 3). O gelo cederá calor para a água aquecida e para o calorímetro até atingir a temperatura de equilíbrio térmico. Considerando o calorímetro como um sistema fechado, em

^{§§}Podemos dizer simplificarmente que a temperatura é uma medida do nível de vibração das moléculas, assim, temperaturas mais altas correspondem a um nível maior de vibração das moléculas. Durante a mudança de estado, o nível das vibrações das moléculas não muda, o que muda são as ligações entre elas (Pietrocola *et al.* 2010).

que há conservação de energia, o calor trocado pelo sistema (dado pela soma do calor trocado pela água com o calor trocado pelo gelo e o calor trocado pelo calorímetro) é nulo.

Figura 3 - Ilustração do procedimento para determinar o calor latente de fusão do gelo.

Obs.: Caso o professor não tenha feito o experimento da medida da capacidade térmica do calorímetro, utilizar $C = 6,8 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$.

Professor discuta os valores obtidos pelos alunos e compare com o valor tabelado do calor latente de fusão do gelo. Aproveite para discutir sobre as possíveis fontes de erro que afetaram os resultados como, por exemplo, a eficiência do calorímetro em não perder calor para o ambiente e erros nas medidas de temperaturas.

Você também pode aproveitar este momento final e retomar o problema inicial e o texto histórico, relacionando-os com o experimento.

Referências:

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em contextos**: pessoal, social e histórico. São Paulo: FTD, 2010. v. 2

BLACK, J. **Lectures on the elements of chemistry**. Edinburgh, Scotland, 1803. v. 2

ROLLER, D. **The early development of the concepts of temperature and heat**: the rise and decline of caloric theory. Cambridge: Harvard University Press, 1950.

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

Roteiro do aluno

Física - Calorimetria
Calor latente de fusão do gelo

Sugestões para o aluno

JOSEPH BLACK E OS ESTUDOS SOBRE MUDANÇA DE ESTADO DA ÁGUA

Um dos primeiros a pesquisar sistematicamente sobre mudança de estado foi Joseph Black. Ele nasceu em Bordeaux na França no dia 16 de abril de 1728 e morreu em 6 de dezembro de 1799. Seus pais, que trabalhavam com comércio de vinho, voltaram para a Escócia, onde ele estudou física, química e medicina. Em 1761, Joseph Black, que já estudava sobre a natureza do calor, voltou sua atenção para as transformações de fase da água, de sólido para líquido e de líquido para gás. Nesse estudo, efetuado na Universidade de Glasgow na Escócia, ele desenvolveu a teoria do calor latente ao aplicar calor em uma pedra de gelo. Em seus estudos notou que uma pequena quantidade de calor, quando fornecida ao gelo, não era suficiente para aumentar sua temperatura a ponto de derretê-lo. Além disso, percebeu que quando a água passava pelas transformações de fase, o calor era fornecido à ela, mas sua temperatura não se elevava até que a alteração do estado físico ocorresse, e quando a temperatura se elevava, o aumento era tão pequeno que não deveria nem ser levado em conta:

“[...] se examinarmos o que acontece, podemos perceber que uma grande quantidade de calor entra no derretimento do gelo, para formar a água na qual é alterada, e o período de tempo necessário para a recolha de calor necessário a partir dos corpos vizinhos é a razão da lentidão com que o gelo é liquefeito. Se qualquer pessoa tiver dúvidas da entrada e absorção de calor no gelo derretido, ela precisa apenas tocá-lo, ela vai sentir imediatamente que o gelo retira calor de sua mão que está quente. [...] É evidente, portanto, que o gelo fundente recebe calor muito rápido, mas o único efeito desse calor é mudá-lo em água, que não é sensivelmente mais quente do que o gelo era antes. Um termômetro aplicado às gotas de água, imediatamente, como elas vêm do gelo fundente, irá indicar a mesma temperatura [0° C] como quando é aplicado ao gelo em si, ou, se houver alguma diferença, é muito pequena para merecer ser mencionada. Portanto, uma grande quantidade de calor que entra no gelo fundente não produz nenhum efeito diferente para dar-lhe a liquidez”.
(Black, J. Lectures on the elements of chemistry, p. 118-9, 1803).

Black mediu essa quantidade de calor envolvida na mudança de estado, que, por fim, acabou chamando-a de latente, nome que usamos até hoje! Ele também observou que ao fornecer calor ao gelo enquanto ele está se fundindo, a temperatura da mistura gelo/água não aumenta, porém, a quantidade de água dessa mistura aumenta. Notou também que a aplicação de calor quando a água já está em ebulição, não resulta no aumento de sua temperatura, mas resulta em uma maior quantidade de vapor produzido!

INVESTIGANDO E DETERMINANDO O CALOR LATENTE DE FUSÃO DO GELO

Material:

- Calorímetro
- Água
- Gelo
- Termômetro
- Bico de Bunsen ou lamparina
- Béquer
- Proveta

Agora vocês estão convidados a elaborar um plano de trabalho para testar os resultados descritos por Joseph Black. Quais materiais podem ser utilizados? Quais as variáveis envolvidas no experimento? Como você explica os resultados?

Figura 1: Ilustração do procedimento para determinar o calor latente de fusão do gelo.

APÊNDICE D – ROTEIROS REELABORADOS SOBRE MÁQUINAS SIMPLES.

Roteiro Reelaborado

Física
Máquinas Simples

Ensino investigativo e história e filosofia da ciência

Nos últimos anos, tanto no Brasil quanto no exterior, o ensino investigativo tem sido considerado como uma abordagem capaz de desenvolver competências pertinentes ao fazer científico e também competências de caráter geral. Ensinar ciências de forma investigativa é uma abordagem que foi mudando o foco durante as épocas, de acordo com as tendências educacionais e ela visa, entre outras coisas, que o aluno assuma algumas atitudes típicas do fazer científico como indagar, refletir, discutir, observar, trocar ideias, argumentar, explicar e relatar suas descobertas. Isso faz com que o ensino investigativo seja uma abordagem didática em que os professores deixam de fornecer conhecimentos para os alunos, passando a atuar como um mediador do processo de investigação; e os alunos como protagonistas na sala de aula, mais ativos e superando o papel de meros receptores de informação.

Podemos citar alguns pontos que caracterizam uma atividade investigativa:

- O professor lança um problema aos alunos de forma a favorecer a criação de hipóteses, ideias, debates, reflexões e argumentações;
- Observações sobre o problema/fenômeno/situação feitas pelos alunos e processo de experimentação e avaliação dos dados, em busca de um resultado;
- Conhecimento científico do aluno sendo aplicado ao problema, sob orientação do professor;
- Expectativas iniciais do problema confrontadas para obtenção de uma resposta;
- Relatar a resposta final e discuti-la entre alunos e o professor para a finalização do problema em questão.

As práticas investigativas também podem ser conciliadas com abordagens pautadas na história e filosofia da ciência (HFC), uma vez que o tema investigado pode ser associado a um determinado episódio histórico. A inclusão da história da ciência será feita a partir de fontes primárias como diários de laboratórios e anotações de cientistas, manuscritos, cartas, obras científicas e documentos originais do período estudado. Dessa forma a história pode ajudar o professor a promover uma melhor compreensão da relevância do contexto histórico para a evolução da ciência; pode contribuir para um melhor entendimento dos conteúdos (teorias científicas e seus métodos); fornecer uma aprendizagem contextualizada com a sociedade, economia e cultura; revelar como a ciência funciona ao reviver os debates e experiências históricas; apresentar o conhecimento científico como provisório e mutável; entre outros. A combinação dessas duas abordagens resulta na abordagem intitulada histórico-

investigativa (HI), uma metodologia de ensino e aprendizagem centrado no aluno e orientado pelo professor.

A sugestão deste roteiro inclui momentos de aula, que servem de apoio e orientação para o professor na realização da atividade em sala de aula. Essas orientações guiam diálogos e discussões relacionadas à atividade, porém, o professor não precisa necessariamente contemplar todas essas orientações sugeridas. No entanto, algumas delas devem fazer parte da atividade realizada, como por exemplo, a apresentação de um problema com sua respectiva contextualização histórica, hipóteses lançadas pelos alunos para a resolução do problema, discussões e reflexões, experimentação e conclusão do problema.

Ao longo de todo o processo é desejável que o professor guie os alunos para que cheguem ao conhecimento científico, de forma que ele identifique através das discussões as contradições, erros e limitações do conhecimento dos alunos. O professor não deve deixar os alunos seguirem com teorias descartadas ou ideias erradas, pois, apesar da atividade ser investigativa e com a participação ativa dos alunos, ele é um facilitador da aprendizagem e deve propiciar um aprofundamento conceitual utilizando definições e conceitos que não estão esclarecidos ou desenvolvidos pelos alunos.

Sugestões para o professor

Alavancas

Um dos dispositivos mais antigos usados no levantamento e na movimentação de objetos é a alavanca. Ela tem a função de facilitar e diminuir o esforço na execução de um trabalho, pois multiplica a força nela aplicada.

Quando aplicamos uma força na alavanca ao tentar elevar um objeto pesado, ela gira em relação ao ponto de apoio. Para que o esforço seja o menor possível nessa tarefa, a posição do ponto de apoio deve ser ajustada, sendo que quanto maior for a distância entre o ponto de apoio e a força realizada para levantar um objeto, menor será a força que deve ser aplicada!

Essa relação empírica pode ser representada pela constância:

$$F_1 \times D_1 = P \times D_2 \quad (1)$$

Essa equação nos mostra que o produto entre a intensidade da força aplicada e a distância entre o ponto de aplicação da força e o ponto de apoio é igual ao produto entre a intensidade da força peso e a distância entre o ponto de aplicação da força peso e o ponto de apoio.

O estudo das alavancas está relacionado ao conceito de equilíbrio e rotação. Em seu estudo geométrico, define-se o ponto de apoio, o ponto de potência onde a força é aplicada e o ponto de resistência, onde está o objeto a ser levantado. Pela figura abaixo, F é a força aplicada para levantar um corpo, P representa seu peso, D_1 a distância entre o ponto de aplicação da força F até o ponto de apoio, e D_2 a distância entre o ponto de resistência até o ponto de apoio:

Figura 1 - Ilustração do funcionamento de uma alavanca.

Polias

As polias também servem para facilitar e diminuir a força necessária para levantar objetos pesados. A polia é constituída por um disco com um sulco que apoia uma corda ou cabo flexível. Ao ser acionada pela corda, a polia gira em torno de seu eixo e transfere movimento e energia para o objeto que se deseja movimentar (P, na figura 2).

Há dois tipos de polias, as fixas e as móveis. Na polia fixa, somente há a mudança de direção da força necessária para suspender um objeto, visto que essa força é a mesma força realizada pela pessoa que puxa a corda.

Figura 2 - Ilustração do funcionamento de uma polia fixa.

Ou seja,

$$F = P \quad (2)$$

Essa equação nos mostra que nada se ganha em termos de diminuição de força ou em movimentação ao se trabalhar com uma polia fixa. Sua função é mudar a direção da força necessária para mover o objeto.

Já as polias móveis se movimentam junto com a carga a ser levantada, podendo ser combinadas com polias fixas e com outras polias móveis. Com o uso de uma polia móvel a força necessária para levantar um objeto é reduzida pela metade, pois cada lado da corda suporta metade do valor do peso do objeto. Dessa forma, dependendo de como várias polias móveis são interligadas, a facilidade de movimentar o objeto é maior, já que a força é reduzida sempre pela metade!

Figura 3 - Ilustração do funcionamento de uma polia móvel.

Logo, para uma configuração de n polias móveis associadas, a força F necessária para levantar um objeto de peso P é:

$$F = \frac{P}{2^n} \quad (3)$$

Máquinas simples como polias e alavancas são dispositivos que encontramos no nosso dia a dia para auxiliar na execução de várias tarefas, desde o abrir de uma porta até a construção de um arranha-céu!

- Professor, você pode fazer perguntas que remetam a exemplos/fenômenos/situações do cotidiano como, por exemplo, “Quais exemplos de alavancas temos no nosso dia a dia?”, “Como podemos levantar uma carteira da sala ou a mesa do professor? Como abrimos a porta?”, “Todo mundo já brincou ou conhecesse a gangorra. Como ela funciona?”, “Como as construções eram executadas como no caso das pirâmides, antes da invenção das máquinas motorizadas?”.

O ESTUDO DAS MÁQUINAS SIMPLES

Todos nós já nos deparamos com a necessidade de erguer ou mover objetos mais pesados do que nossa força física é capaz. Tão antigo como o sonho de ser “super forte” é a tentativa de homens e mulheres de aumentar a sua força através de diversos dispositivos mecânicos. Com eles, passamos a ser capazes de mover alguns objetos que simplesmente não poderíamos levantar e deslocar por serem muito pesados. Mas como um objeto grande e pesado pode ser movido sem muito esforço?

É comum creditar-se a Arquimedes (287 a.C – 212 a.C.) a invenção, utilização ou mesmo a explicação do funcionamento das alavancas e máquinas simples. No entanto, elas eram bem conhecidas e foram essenciais para que os egípcios construíssem suas pirâmides pelo menos 5 séculos antes de Arquimedes. Uma das funções das pirâmides era serem templos mortuários para abrigar e proteger os corpos dos faraós e seus pertences a serem utilizados na vida que acreditavam haver após a morte. Além do corpo do faraó, também abrigavam o corpo de suas mulheres, sacerdotes e nobres. As construções das pirâmides datam aproximadamente 2700 a. C. Como as pirâmides mais altas possuem aproximadamente 146 metros de altura (Pirâmide de Quéops ou a Grande Pirâmide de Gizé, no Gizé, Egito) e são constituídas por blocos de calcário que pesam mais de 15 toneladas, seus processos construtivos ainda são muito estudados.

A tecnologia dos egípcios antigos é conhecida por envolver o uso de vários artefatos e técnicas construtivas que evoluíram ao longo de séculos. Na construção de uma pirâmide, para manobrar e elevar os blocos de pedras, os egípcios utilizavam um objeto rígido como ponto de apoio para as estacas de madeira ou bronze, arquitetando assim uma alavanca. Desta forma, um grupo de operários era capaz de levantar os pesados blocos e colocá-los na posição adequada. Outro tipo de máquina utilizada no Egito Antigo era um elevador usado para erguer os blocos de pedra na construção das pirâmides (figura 3). Esse elevador utilizava cordas e polias e era operado por várias pessoas. Com essas máquinas os operários conseguiam elevar pedras de muitas toneladas, com um esforço reduzido, e assim construir grandes pirâmides.

Figura 3 - Ilustração do elevador que serviria para erguer os blocos de pedra. (BAUTISTA et al., 2010)

Baseados em vestígios encontrados em torno de algumas pirâmides, arqueólogos defendem que os egípcios também utilizavam algum tipo de sistema de rampas para deslocar e subir os blocos de

calcário (figura 4). No entanto, provavelmente as rampas eram pouco utilizadas, pois deveriam ser muito largas e amplas para conseguir arrastar os blocos de calcário.

Figura 4 - Vestígios de uma rampa feita de tijolos de barra do lado de fora do Templo de Amun em Karnak, Egito (SHAW, 2012).

*

Sugestão de orientações para organização da aula

Professor, após a leitura do texto, discuta com os alunos as ideias do texto relacionando com as questões problematizadoras questões. Peça aos alunos que levantem a cadeira em que estudam. O que acontece?

Ao levantar a cadeira, eles efetuam o movimento de uma alavanca na articulação de seus braços (com pontos de apoio no cotovelo e ombro).

*

Agora os alunos podem fazer um experimento com os materiais contidos na caixa da Experimentoteca para estudarem o funcionamento de uma máquina simples. Apresente os materiais da caixa da Experimentoteca e sugira que os alunos elaborem um plano de trabalho considerando as variáveis envolvidas e os materiais a serem utilizados. Você também pode sugerir aos alunos que produzam um texto sobre a atividade considerando aspectos históricos e experimentais, e explicando o funcionamento das alavancas e roldanas.

Sobre o experimento

Para o experimento com a alavanca, você precisará de:

- 1 alavanca

Uma sugestão de procedimento experimental para investigar o funcionamento da alavanca (figura 5) é pedir para um aluno, usando somente um pé apoiado na alavanca, tentar levantar outro aluno, variando a ponto de apoio. A posição do ponto faz toda a diferença na facilidade de levantar o amigo. Se achar conveniente, você pode aproveitar e realizar variações utilizando outros objetos como alguns livros, massas presentes no kit, e outros disponíveis.

Figura 5 - Ilustração da montagem da alavanca.

Para o experimento com as polias, você precisará de:

- Roldanas
- Ganchos
- Blocos de massas variadas (30g e 200g)
- Barbante
- Dinamômetro***
- Bases do suporte
- Colunas do suporte
- Haste metálica

Uma sugestão de procedimento experimental para investigar o funcionamento da polia é pedir aos alunos que montem sistemas variados de polias (como exemplificado na figura 6), medindo com o dinamômetro a força necessária para levantar os blocos de massas variadas.

*** O dinamômetro é um dispositivo utilizado para medir a intensidade de uma força (em newtons). Ele funciona da seguinte forma: há uma mola presa em seu interior que é deformada no momento em que um objeto é pendurado em sua extremidade. De acordo com a deformação produzida na mola, determina-se a força que o objeto aplica, indicada na graduação existente em sua estrutura (Polias e alavancas - Efísica).

Figura 6 - Ilustração da montagem de diferentes sistemas de polias.

Discuta a diferença entre os sistemas e qual requer a menor força para levantar o mesmo objeto^{†††}. Os dados podem ser organizados na forma de tabela como, por exemplo, a tabela 1.

Tabela 1 - Leitura do dinamômetro para levantar um peso com diversas polias móveis.

Número de polias	Força (N)
1	
2	
3	
4	

Professor, no momento final da aula você pode aproveitar para retomar o problema inicial e o texto histórico, relacionando-os com o experimento.

Referências:

ASSIS, A. K. T. Sobre o equilíbrio dos planos, tradução comentada de um texto de Arquimedes. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v.18, n. 1, p. 81-94, 1997.

BAUTISTA, E. P., CECCARELLI, M., OTERO, J. E., SANZ, J. L. M. **A brief illustrated history of machines and mechanisms** (History of mechanism and machine science). New York: Springer, 2010. v. 10.

CARDOSO, H. B.; FREIRE, P. T. C.; FILHO, J. M. Arquimedes e a lei da alavanca: erros conceituais em livros didáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 218-237, 2006.

CHUKWU, O. M. Artifacts of Technology: Indices of Progress in Development. **Sustainable Human Development Review**, Enugu State, v 1, n. 2, p. 79-96, 2009.

MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 115-121, 2000.

^{†††}A polia, ao ser acionada pela corda, gira e transfere o movimento ao objeto a ser deslocado. Se o objeto é muito pesado, mais força deverá ser aplicada na outra extremidade. Para reduzir a força necessária para levantar o objeto, é indicado o uso de uma configuração com várias polias móveis, logo quanto mais polias interligadas, mais fácil será o levantamento do objeto (Pietrocola *et al.* 2010, Polias e alavancas - Efísica).

SHAW, I. Stone-working: the synthesis of traditional chaînes opératoires and ideological innovations. In: SHAW, I. (Ed.) **Ancient Egyptian technology and innovation**. USA: Boomsbury Publishing Plc, 2012.

POLIAS e alavancas: Disponível em: <<http://efisica.if.usp.br/mecanica/basico/maquinas/>>. Acesso em: 23 jan. 2016.

Roteiro do aluno

Física
Máquina Simples

Sugestões para o aluno

O ESTUDO DAS MÁQUINAS SIMPLES

Todos nós já nos deparamos com a necessidade de erguer ou mover objetos mais pesados do que nossa força física é capaz. Tão antigo como o sonho de ser “super forte” é a tentativa de homens e mulheres de aumentar a sua força através de diversos dispositivos mecânicos. Com eles, passamos a ser capazes de mover alguns objetos que simplesmente não poderíamos levantar e deslocar por serem muito pesados. Mas como um objeto grande e pesado pode ser movido sem muito esforço?

É comum creditar-se a Arquimedes (287 a.C – 212 a.C.) a invenção, utilização ou mesmo a explicação do funcionamento das alavancas e máquinas simples. No entanto, elas eram bem conhecidas e foram essenciais para que os egípcios construíssem suas pirâmides pelo menos 5 séculos antes de Arquimedes. Uma das funções das pirâmides era serem templos mortuários para abrigar e proteger os corpos dos faraós e seus pertences a serem utilizados na vida que acreditavam haver após a morte. Além do corpo do faraó, também abrigavam o corpo de suas mulheres, sacerdotes e nobres. As construções das pirâmides datam aproximadamente 2700 a. C. Como as pirâmides mais altas possuem aproximadamente 146 metros de altura (Pirâmide de Quéops ou a Grande Pirâmide de Gizé, no Gizé, Egito) e são constituídas por blocos de calcário que pesam mais de 15 toneladas, seus processos construtivos ainda são muito estudados.

A tecnologia dos egípcios antigos é conhecida por envolver o uso de vários artefatos e técnicas construtivas que evoluíram ao longo de séculos. Na construção de uma pirâmide, para manobrar e elevar os blocos de pedras, os egípcios utilizavam um objeto rígido como ponto de apoio para as estacas de madeira ou bronze, arquitetando assim uma alavanca. Desta forma, um grupo de operários era capaz de levantar os pesados blocos e colocá-los na posição adequada. Outro tipo de máquina utilizada no Egito Antigo era um elevador usado para erguer os blocos de pedra na construção das pirâmides (figura 3). Esse elevador utilizava cordas e polias e era operado por várias pessoas. Com essas máquinas os operários conseguiam elevar pedras de muitas toneladas, com um esforço reduzido, e assim construir grandes pirâmides.

Figura 3- Ilustração do elevador que serviria para erguer os blocos de pedra.

Baseados em vestígios encontrados em torno de algumas pirâmides, arqueólogos defendem que os egípcios também utilizavam algum tipo de sistema de rampas para deslocar e subir os blocos de calcário (figura 4). No entanto, provavelmente as rampas eram pouco utilizadas, pois deveriam ser muito largas e amplas para conseguir arrastar os blocos de calcário.

Figura 4 - Vestígios de uma rampa feita de tijolos de barra do lado do fora do Templo de Amun em Karnak, Egito.

INVESTIGANDO AS MÁQUINAS SIMPLES

Material:

- Alavanca
- Roldanas
- Ganchos
- Blocos (30g e 200g)
- Barbante
- Dinamômetro^{***}
- Bases do suporte
- Colunas do suporte
- Haste metálica

Agora vocês estão convidados a investigar o funcionamento de uma alavanca e elaborar um plano de trabalho para realizar um experimento sobre polias. Quais materiais podem ser utilizados? Quais as variáveis envolvidas nos experimentos? Como você explica os resultados?

Figura 3 - Ilustração de diferentes sistemas de polias para montagens.

^{***} O dinamômetro é um dispositivo utilizado para medir a intensidade de uma força (em newtons). Ele funciona da seguinte forma: há uma mola presa em seu interior que é deformada no momento em que um objeto é pendurado em sua extremidade. De acordo com a deformação produzida na mola, determina-se a força que o objeto aplica, indicada na graduação existente em sua estrutura.

APÊNDICE E – ROTEIROS REELABORADOS SOBRE REFRAÇÃO DA LUZ.

Roteiro Reelaborado

Física – Óptica
Refração da luz
Refração da luz/Índice de refração

Ensino investigativo e história e filosofia da ciência

Nos últimos anos, tanto no Brasil quanto no exterior, o ensino investigativo tem sido considerado como uma abordagem capaz de desenvolver competências pertinentes ao fazer científico e também competências de caráter geral. Ensinar ciências de forma investigativa é uma abordagem que foi mudando o foco durante as épocas, de acordo com as tendências educacionais e ela visa, entre outras coisas, que o aluno assuma algumas atitudes típicas do fazer científico como indagar, refletir, discutir, observar, trocar ideias, argumentar, explicar e relatar suas descobertas. Isso faz com que o ensino investigativo seja uma abordagem didática em que os professores deixam de fornecer conhecimentos para os alunos, passando a atuar como um mediador do processo de investigação; e os alunos como protagonistas na sala de aula, mais ativos e superando o papel de meros receptores de informação.

Podemos citar alguns pontos que caracterizam uma atividade investigativa:

- O professor lança um problema aos alunos de forma a favorecer a criação de hipóteses, ideias, debates, reflexões e argumentações;
- Observações sobre o problema/fenômeno/situação feitas pelos alunos e processo de experimentação e avaliação dos dados, em busca de um resultado;
- Conhecimento científico do aluno sendo aplicado ao problema, sob orientação do professor;
- Expectativas iniciais do problema confrontadas para obtenção de uma resposta;
- Relatar a resposta final e discuti-la entre alunos e o professor para a finalização do problema em questão.

As práticas investigativas também podem ser conciliadas com abordagens pautadas na história e filosofia da ciência (HFC), uma vez que o tema investigado pode ser associado a um determinado episódio histórico. A inclusão da história da ciência será feita a partir de fontes primárias como diários de laboratórios e anotações de cientistas, manuscritos, cartas, obras científicas e documentos originais do período estudado. Dessa forma a história pode ajudar o professor a promover uma melhor compreensão da relevância do contexto histórico para a evolução da ciência; pode contribuir para um melhor entendimento dos conteúdos (teorias científicas e seus métodos); fornecer uma aprendizagem contextualizada com a sociedade, economia e cultura; revelar como a ciência funciona ao reviver os

debates e experiências históricas; apresentar o conhecimento científico como provisório e mutável; entre outros. A combinação dessas duas abordagens resulta na abordagem intitulada histórico-investigativa (HI), uma metodologia de ensino e aprendizagem centrado no aluno e orientado pelo professor.

A sugestão deste roteiro inclui momentos de aula, que servem de apoio e orientação para o professor na realização da atividade em sala de aula. Essas orientações guiam diálogos e discussões relacionadas à atividade, porém, o professor não precisa necessariamente contemplar todas essas orientações sugeridas. No entanto, algumas delas devem fazer parte da atividade realizada, como por exemplo, a apresentação de um problema com sua respectiva contextualização histórica, hipóteses lançadas pelos alunos para a resolução do problema, discussões e reflexões, experimentação e conclusão do problema.

Ao longo de todo o processo é desejável que o professor guie os alunos para que cheguem ao conhecimento científico, de forma que ele identifique através das discussões as contradições, erros e limitações do conhecimento dos alunos. O professor não deve deixar os alunos seguirem com teorias descartadas ou ideias erradas, pois, apesar da atividade ser investigativa e com a participação ativa dos alunos, ele é um facilitador da aprendizagem e deve propiciar um aprofundamento conceitual utilizando definições e conceitos que não estão esclarecidos ou desenvolvidos pelos alunos.

Sugestões para o professor

Refração da Luz

Você já observou que um objeto retilíneo colocado dentro de um copo com água parece estar torto ou quebrado? Ou que uma piscina vista de fora aparenta ser mais rasa do que realmente é? Esses fenômenos ocorrem, pois, a luz sofre refração e reflexão ao passar de um meio transparente para outro.

Figura 1 - O raio de luz incide no espelho sendo refletido para o mesmo meio e refratado para outro meio material.

Na figura 1, quando um raio de luz incide em um meio material a formando um ângulo θ_a com a reta normal à superfície, ele muda de direção, passando a fazer um ângulo θ_b com a reta normal. A mudança de direção do raio depende da diferença entre os índices de refração n_{ba} dos meios

materiais. O índice de refração^{§§§} é dado pela razão entre a velocidade da luz (v_a) no primeiro meio (a) e a velocidade da luz (v_b) no segundo meio (b):

$$n_{b,a} = \frac{v_a}{v_b} = \frac{n_b}{n_a}$$

O desvio dos raios de luz ao mudarem de meio pode ser calculado pela lei da refração da luz, também conhecida como Lei de Snell ou Lei de Snell-Descartes:

$$n_a \cdot \sin \theta_a = n_b \cdot \sin \theta_b$$

sendo θ_a o ângulo do raio incidente no meio a com índice de refração n_a e θ_b o ângulo do raio refratado no meio b com índice de refração n_b .

Podemos dizer que quanto maior o índice de refração, mais refringente é esse meio e menor será a velocidade de propagação da luz nesse meio.

- Professor, você pode fazer perguntas que remetam a exemplos/fenômenos/situações do cotidiano. Por exemplo, “O que ocorre quando colocamos um canudinho, ou uma colher, dentro de um copo de água? Porque parece que o canudinho está quebrado?”, “Às vezes quando estamos do lado de uma sala envidraçada, vemos ao mesmo tempo nossa imagem refletida na janela e o interior da sala. Porque isso ocorre?”, “Ao observarmos o asfalto em linha reta em um dia de muito calor vemos que, no horizonte, ele aparenta estar molhado, como se houvesse uma poça de água. Porém o asfalto está seco, esta poça de água não existe. Então o que estamos observando?^{****}”.

O ESTUDO SOBRE A REFRAÇÃO E REFLEXÃO DA LUZ

A humanidade se questiona sobre os mecanismos envolvidos na visão, a luz e quais suas propriedades há milênios. Alguns pensadores tiveram como objeto de estudo a visão e a natureza da luz, como por exemplo, Empédocles (490-430 a.C.), Platão (aproximadamente 427-348 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e Euclides de Alexandria (aproximadamente 323-285 a.C.). Euclides estudou sobre a visão e sobre o comportamento dos raios luminosos. Ele demonstrou geometricamente a lei da reflexão que aceitamos atualmente, ou seja, que o ângulo de incidência de um raio luminoso é igual ao ângulo de reflexão.

Euclides ainda mostrou que a lei era válida para espelhos planos, convexos e côncavos e escreveu um manuscrito sobre isso e outros estudos relacionados a raios luminosos. Posterior a ele,

§§§ Quando o primeiro meio é o vácuo, a luz se propaga com velocidade $c=3.10^8\text{m/s}$. Nesse caso, o índice de refração é denominado de índice de refração absoluto.

**** O asfalto aparenta estar molhado por um efeito que ocorre devido à mudança dos índices de refração das camadas de ar logo acima dele. Como o asfalto fica muito quente, as camadas de ar próximas a ele apresentam densidade menor do que as camadas de ar situadas um pouco mais acima e, com isso, o índice de refração também diminui. Ou seja, quanto mais perto da superfície, menor o índice de refração. Dessa forma a luz do Sol incidente no asfalto sofre sucessivas refrações nas camadas de ar com índices de refração diferentes. Quando a incidência da luz solar em uma das camadas de ar é quase rasante, ocorre a reflexão total da luz, e essa luz refletida faz um percurso curvo, porém nosso cérebro reconhece o percurso dessa luz como se fosse em linha e dessa forma enxergamos o reflexo do carro no asfalto de forma difusa, nos dando a impressão de um asfalto molhado (Pietrocola et al. 2010, Young & Freedman 2015, Reflexão e refração da luz - Física).

Heron de Alexandria (10-70 d.c.) estudou sobre a luz e os fundamentos da óptica considerando que os raios visuais eram produzidos pelos olhos e viajavam em linha reta. Com essa ideia, Heron estudou a reflexão dos raios visuais em espelhos planos e provou geometricamente o fenômeno da reflexão descrito por Euclides. Heron formulou também com base nos estudos sobre a reflexão o princípio do trajeto mínimo, isto é, que quando o ângulo do raio visual incidente com o espelho é igual ao refletido, o caminho entre o olho do observador e o objeto é o mais curto.

Ptolomeu (90-168 d.c.) acreditava que o olho produzia um feixe de raios visuais que se espalhavam em linha reta e realizou experimentos sobre reflexão e refração. Em seus estudos sobre refração, ele mediu o desvio do raio de luz quando o mesmo passava do ar para a água, ar para vidro e água para vidro, chegando à conclusão de que o ângulo de incidência do raio era proporcional ao ângulo refratado.

O matemático persa Ibn Sahl (940-1000) estudou lentes e espelhos côncavos investigando como poderiam desviar a luz focalizando-a em um único ponto e queimar objetos. Nesses estudos, aperfeiçoou os estudos sobre refração de Ptolomeu, e no ano 948 introduziu uma lei geométrica equivalente ao que conhecemos hoje como Lei de Snell-Descartes.

Figura 2 - Página do manuscrito de Sahl mostrando seus estudos sobre a lei da refração da luz.

Os estudos de Sahl sobre a refração da luz foram utilizados pelo árabe Ibn Al-Haytham (965-1039), conhecido como Alhazen. Alhazen escreveu cerca de 180 obras sobre matemática, astronomia, óptica, medicina e filosofia. Sua curiosidade sobre como se formava o arco-íris fez com que realizasse várias experiências sobre dispersão da luz, entre elas expôs globos de vidro contendo água à luz solar. Notou que, ao passar pelo globo, a luz solar produzia raios de luz coloridos em ângulos que podiam ser medidos, e que cada cor refratava em um ângulo diferente. O árabe não fez distinção sobre os meios diferentes (ar e água) e não chegou a uma conclusão sobre o índice de refração. Alhazen também mostrou como focalizar a luz em um único ponto utilizando espelhos côncavos. Ele percebeu que o ângulo de incidência e o de reflexão dos raios de luz são iguais, mesmo fenômeno observado por Euclides. Alhazen ainda contribuiu para a lei de reflexão de Euclides ao afirmar que a reta normal, o raio incidente e o raio refletido pertenciam ao mesmo plano. Atualmente esses princípios condizem com o considerado correto sobre a lei da reflexão.

Alhazen foi um estudioso importante durante a Idade Média e contribuiu para grandes avanços científicos no mundo islâmico. Embora não tenham sido muito difundidos pela Europa, seus estudos e teorias foram passos significativos para o entendimento da luz e suas propriedades e algumas de suas obras, traduzidas para o latim, inspiraram diversos pensadores como, por exemplo, Roger Bacon, Erazmus Witelo, John Pecham e outros. Alhazen também se associou a Universidade de Al-Azhar e à Biblioteca Dar Al Herma no Egito, onde traduziu clássicos gregos e ensinou matemática e física.

No início do século XVII, Johannes Kepler (1571-1630) estudou a visão, a natureza da luz e suas propriedades, construiu telescópios e outros instrumentos ópticos e estudou a formação de imagens reais e virtuais por lentes e espelhos. Em seus estudos sobre a refração em lentes, Kepler utilizou a lei aproximada de Ptolomeu para calcular alguns ângulos, visto que a lei de refração enunciada por Ibn Sahl não era conhecida na Europa na época. Em seu livro *Dioptrice* publicado em 1611, no qual apresentou seus estudos sobre óptica instrumental, tentou obter uma expressão matemática para a lei da refração, sem sucesso. A lei de refração como conhecemos hoje foi descoberta empiricamente pelo holandês Willebrord Snell (1580-1626) em 1621, porém só foi demonstrada matematicamente em 1637 pelo filósofo francês René Descartes (1596-1650).

Além da refração, Descartes também estudou a reflexão da luz, supondo que sua propagação ocorria instantaneamente, ou seja, que a luz se propagava com velocidade infinita. Para estudar quantitativamente a reflexão e a refração da luz ele considerou uma analogia entre a propagação da luz e o movimento de uma bolinha de tênis sendo lançada por uma raquete. Nessa analogia, Descartes utilizou argumentos que foram criticados pelo matemático francês Pierre Fermat (1601-1655).

Em 1661, Fermat anunciou sua demonstração sobre a refração da luz utilizando alguns princípios propostos por Heron e Alhazen, e que condizem com a lei da refração que estudamos atualmente. Posteriormente, em 1678, a demonstração de Fermat foi confirmada pelo físico e astrônomo holandês Christiann Huygens (1629-1695) considerando que a luz é um tipo de movimento ondulatório.

*

Sugestão de orientações para organização da aula

Professor, agora você pode convidar seus alunos para investigarem sobre o fenômeno de refração da luz considerando as informações contidas no texto. Para isso precisaremos de um lápis ou caneta, água limpa e um copo/recipiente transparente. Coloque o lápis inclinado dentro do recipiente transparente com água limpa. O que está acontecendo com o lápis? E ao segurar o lápis perpendicularmente à água, o que ocorre?

No caso do experimento sugerido acima, quando inserimos o lápis dentro do copo com água, parte do lápis está dentro da água e a outra fora, no ar. Questione os alunos sobre as variáveis envolvidas no fenômeno, como por exemplo, a direção no qual observamos o copo e o lápis (de cima, de lado), a influência do meio material e o índice de refração. Discuta com os alunos que quando um raio de luz incide sobre uma superfície que separa dois meios diferentes, formando um ângulo θ , ele é refratado e há mudança da velocidade da luz. Essa mudança é devido à luz passar de um meio material para outro, em que a velocidade pode aumentar ou diminuir. Isso ocorre, pois, os meios materiais possuem índices de refração diferentes.

Como a água possui um índice de refração maior que o do ar, a luz ao atravessar a água sofre refração, pois tem sua velocidade de propagação reduzida, ou seja, a água “freia” os raios de luz

fazendo-os mudar de direção. A mudança de direção de propagação dos raios de luz é responsável por causar o fenômeno de aparência quebrada do lápis. Apesar de não ser possível medi-la no experimento, a mudança de velocidade da luz está relacionada com o índice de refração.

*

Professor, agora você pode propor um experimento para investigar a validade da lei da refração com os materiais contidos na caixa da Experimentoteca. Apresente os materiais da caixa da Experimentoteca e sugira que os alunos elaborem um plano de trabalho para testar quais as variáveis envolvidas e a relação entre elas.

Quando todos os grupos já tiverem realizado seus experimentos, compare os experimentos discutindo sobre os procedimentos utilizados e os resultados. Você também pode sugerir aos alunos que produzam um texto sobre a atividade considerando aspectos históricos e experimentais.

Sobre o experimento

Você precisará de:

- Laser
- Semicilindro de acrílico com índice de refração igual a 1,49
- Uma folha de papel branco
- Régua, transferidor e esquadro
- Tabela de senos.

Uma sugestão de procedimento experimental para investigar a lei de refração é fixar o papel sobre uma superfície horizontal e o semicilindro de acrílico sobre o papel. Incida o laser a um determinado ângulo no semicilindro e trace a direção do ângulo de incidência e de refração no papel utilizando a régua, transferidor e/ou esquadro (figura 3). Indique os ângulos de incidência e reflexão para este procedimento experimental e faça também para vários outros ângulos, de forma a determinar o índice de refração do semicilindro de acrílico.

Figura 3 - Ilustração do procedimento para determinar o ângulo de refração em uma superfície plana do semicilindro.

Professor, nos momentos finais da aula você pode aproveitar para retomar o problema inicial e o texto histórico, relacionando-os com o experimento.

Referências:

BASSALO, J. M. F. A crônica da ótica clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p. 138-159, 1986.

DESCARTES, R. A dióptrica: discursos I, II, III, IV e VIII. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 451-486, 2010. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662010000300007>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar**: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009. 200p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MARTINS, R. A.; SILVA, A. P. B. Princípios da ótica geométrica e suas exceções: Heron e a reflexão em espelhos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2013.

MARTINS, R. A. A Óptica de Ibn al-Haytham – 1.000 anos de luz. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 67. 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2015. p. 1-3.

MARTINS, R. A.; SILVA, C. C. As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 4202-1-4202-32, 2015.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em contextos**: pessoal, social e histórico. São Paulo: FTD, 2010. v. 2.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Sears and Zemansky's University Physics with modern physics**. California: Pearson Education, 2015.

ZGHAL, M.; BOUALI, H.; LAKHDAR, Z. B.; HAMAM, H. The first steps for learning optics: Ibn Sahl's, Al-Haytham's and Young's works on refraction as typical examples. 2007. Disponível em: <<https://spie.org/etop/2007/etop07fundamentalsII.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

REFLEXÃO e refração da luz. Disponível em: <<http://efisica.if.usp.br/optica/basico/reflexao/intro/>>. Acesso em 23 jan. 2017.

Roteiro do aluno

Física – Óptica
Refração da luz
Refração da luz/Índice de refração

Sugestões para o aluno

O ESTUDO SOBRE A REFRAÇÃO E REFLEXÃO DA LUZ

A humanidade se questiona sobre os mecanismos envolvidos na visão, a luz e quais suas propriedades há milênios. Alguns pensadores tiveram como objeto de estudo a visão e a natureza da luz, como por exemplo, Empédocles (490-430 a.C.), Platão (aproximadamente 427-348 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e Euclides de Alexandria (aproximadamente 323-285 a.C.). Euclides estudou sobre a visão e sobre o comportamento dos raios luminosos. Ele demonstrou geometricamente a lei da reflexão que aceitamos atualmente, ou seja, que o ângulo de incidência de um raio luminoso é igual ao ângulo de reflexão.

Euclides ainda mostrou que a lei era válida para espelhos planos, convexos e côncavos e escreveu um manuscrito sobre isso e outros estudos relacionados a raios luminosos. Posterior a ele, Heron de Alexandria (10-70 d.c.) estudou sobre a luz e os fundamentos da óptica considerando que os raios visuais eram produzidos pelos olhos e viajavam em linha reta. Com essa ideia, Heron estudou a reflexão dos raios visuais em espelhos planos e provou geometricamente o fenômeno da reflexão descrito por Euclides. Heron formulou também com base nos estudos sobre a reflexão o princípio do trajeto mínimo, isto é, que quando o ângulo do raio visual incidente com o espelho é igual ao refletido, o caminho entre o olho do observador e o objeto é o mais curto.

Ptolomeu (90-168 d.c.) acreditava que o olho produzia um feixe de raios visuais que se espalhavam em linha reta e realizou experimentos sobre reflexão e refração. Em seus estudos sobre refração, ele mediu o desvio do raio de luz quando o mesmo passava do ar para a água, ar para vidro e água para vidro, chegando à conclusão de que o ângulo de incidência do raio era proporcional ao ângulo refratado.

O matemático persa Ibn Sahl (940-1000) estudou lentes e espelhos côncavos investigando como poderiam desviar a luz focalizando-a em um único ponto e queimar objetos. Nesses estudos, aperfeiçoou os estudos sobre refração de Ptolomeu, e no ano 948 introduziu uma lei geométrica equivalente ao que conhecemos hoje como Lei de Snell-Descartes.

Figura 1 - Página do manuscrito de Sahl mostrando seus estudos sobre a lei da refração da luz.

Os estudos de Sahl sobre a refração da luz foram utilizados pelo árabe Ibn Al-Haytham (965-1039), conhecido como Alhazen. Alhazen escreveu cerca de 180 obras sobre matemática, astronomia, óptica, medicina e filosofia. Sua curiosidade sobre como se formava o arco-íris fez com que realizasse várias experiências sobre dispersão da luz, entre elas expôs globos de vidro contendo água à luz solar. Notou que, ao passar pelo globo, a luz solar produzia raios de luz coloridos em ângulos que podiam ser medidos, e que cada cor refratava em um ângulo diferente. O árabe não fez distinção sobre os meios diferentes (ar e água) e não chegou a uma conclusão sobre o índice de refração. Alhazen também mostrou como focalizar a luz em um único ponto utilizando espelhos côncavos. Ele percebeu que o ângulo de incidência e o de reflexão dos raios de luz são iguais, mesmo fenômeno observado por Euclides. Alhazen ainda contribuiu para a lei de reflexão de Euclides ao afirmar que a reta normal, o raio incidente e o raio refletido pertenciam ao mesmo plano. Atualmente esses princípios condizem com o considerado correto sobre a lei da reflexão.

Alhazen foi um estudioso importante durante a Idade Média e contribuiu para grandes avanços científicos no mundo islâmico. Embora não tenham sido muito difundidos pela Europa, seus estudos e teorias foram passos significativos para o entendimento da luz e suas propriedades e algumas de suas obras, traduzidas para o latim, inspiraram diversos pensadores como, por exemplo, Roger Bacon, Erazmus Witelo, John Pecham e outros. Alhazen também se associou a Universidade de Al-Azhar e à Biblioteca Dar Al Herma no Egito, onde traduziu clássicos gregos e ensinou matemática e física.

No início do século XVII, Johannes Kepler (1571-1630) estudou a visão, a natureza da luz e suas propriedades, construiu telescópios e outros instrumentos ópticos e estudou a formação de imagens reais e virtuais por lentes e espelhos. Em seus estudos sobre a refração em lentes, Kepler utilizou a lei aproximada de Ptolomeu para calcular alguns ângulos, visto que a lei de refração enunciada por Ibn Sahl não era conhecida na Europa na época. Em seu livro *Dioptrice* publicado em 1611, no qual apresentou seus estudos sobre óptica instrumental, tentou obter uma expressão matemática para a lei da refração, sem sucesso. A lei de refração como conhecemos hoje foi descoberta empiricamente pelo holandês Willebrord Snell (1580-1626) em 1621, porém só foi demonstrada matematicamente em 1637 pelo filósofo francês René Descartes (1596-1650).

Além da refração, Descartes também estudou a reflexão da luz, supondo que sua propagação ocorria instantaneamente, ou seja, que a luz se propagava com velocidade infinita. Para estudar

quantitativamente a reflexão e a refração da luz ele considerou uma analogia entre a propagação da luz e o movimento de uma bolinha de tênis sendo lançada por uma raquete. Nessa analogia, Descartes utilizou argumentos que foram criticados pelo matemático francês Pierre Fermat (1601-1655).

Em 1661, Fermat anunciou sua demonstração sobre a refração da luz utilizando alguns princípios propostos por Heron e Alhazen, e que condizem com a lei da refração que estudamos atualmente. Posteriormente, em 1678, a demonstração de Fermat foi confirmada pelo físico e astrônomo holandês Christiann Huygens (1629-1695) considerando que a luz é um tipo de movimento ondulatório.

INVESTIGANDO A LEI DA REFRAÇÃO

Material:

- Laser
- Semicilindro de acrílico com índice de refração igual a 1,49
- Uma folha de papel branco
- Régua, transferidor e esquadro
- Tabela de senos.

Agora vocês estão convidados a elaborar um plano de trabalho para investigar fenômenos relacionado com a refração da luz. Quais materiais podem ser utilizados? Quais as variáveis envolvidas no experimento? Como você explica os resultados?

Figura 2 - Procedimento para determinar o ângulo de refração em uma superfície plana do semicilindro.

APÊNDICE F – ROTEIROS REELABORADOS SOBRE REFLEXÃO DA LUZ.

Roteiro Reelaborado

Física – Óptica
Reflexão da luz
Espelhos planos/Leis da reflexão

Ensino investigativo e história e filosofia da ciência

Nos últimos anos, tanto no Brasil quanto no exterior, o ensino investigativo tem sido considerado como uma abordagem capaz de desenvolver competências pertinentes ao fazer científico e também competências de caráter geral. Ensinar ciências de forma investigativa é uma abordagem que foi mudando o foco durante as épocas, de acordo com as tendências educacionais e ela visa, entre outras coisas, que o aluno assuma algumas atitudes típicas do fazer científico como indagar, refletir, discutir, observar, trocar ideias, argumentar, explicar e relatar suas descobertas. Isso faz com que o ensino investigativo seja uma abordagem didática em que os professores deixam de fornecer conhecimentos para os alunos, passando a atuar como um mediador do processo de investigação; e os alunos como protagonistas na sala de aula, mais ativos e superando o papel de meros receptores de informação.

Podemos citar alguns pontos que caracterizam uma atividade investigativa:

- O professor lança um problema aos alunos de forma a favorecer a criação de hipóteses, ideias, debates, reflexões e argumentações;
- Observações sobre o problema/fenômeno/situação feitas pelos alunos e processo de experimentação e avaliação dos dados, em busca de um resultado;
- Conhecimento científico do aluno sendo aplicado ao problema, sob orientação do professor;
- Expectativas iniciais do problema confrontadas para obtenção de uma resposta;
- Relatar a resposta final e discuti-la entre alunos e o professor para a finalização do problema em questão.

As práticas investigativas também podem ser conciliadas com abordagens pautadas na história e filosofia da ciência (HFC), uma vez que o tema investigado pode ser associado a um determinado episódio histórico. A inclusão da história da ciência será feita a partir de fontes primárias como diários de laboratórios e anotações de cientistas, manuscritos, cartas, obras científicas e documentos originais do período estudado. Dessa forma a história pode ajudar o professor a promover uma melhor compreensão da relevância do contexto histórico para a evolução da ciência; pode contribuir para um melhor entendimento dos conteúdos (teorias científicas e seus métodos); fornecer uma aprendizagem contextualizada com a sociedade, economia e cultura; revelar como a ciência funciona ao reviver os debates e experiências históricas; apresentar o conhecimento científico como provisório e mutável; entre outros. A combinação dessas duas abordagens resulta na abordagem intitulada histórico-

investigativa (HI), uma metodologia de ensino e aprendizagem centrado no aluno e orientado pelo professor.

A sugestão deste roteiro inclui momentos de aula que servem de apoio e orientação para o professor na realização da atividade em sala de aula. Essas orientações guiam diálogos e discussões relacionadas à atividade, porém, o professor não precisa necessariamente contemplar todas essas orientações sugeridas. No entanto, algumas delas devem fazer parte da atividade realizada, como por exemplo, a apresentação de um problema com sua respectiva contextualização histórica, hipóteses lançadas pelos alunos para a resolução do problema, discussões e reflexões, experimentação e conclusão do problema.

Ao longo de todo o processo é desejável que o professor guie os alunos para que cheguem ao conhecimento científico, de forma que ele identifique através das discussões as contradições, erros e limitações do conhecimento dos alunos. O professor não deve deixar os alunos seguirem com teorias descartadas ou ideias erradas, pois, apesar da atividade ser investigativa e com a participação ativa dos alunos, ele é um facilitador da aprendizagem e deve propiciar um aprofundamento conceitual utilizando definições e conceitos que não estão esclarecidos ou desenvolvidos pelos alunos.

Sugestões para o professor

Reflexão da Luz

A reflexão da luz é um dos fenômenos básicos da Ótica que nos permite enxergar o mundo ao nosso redor. A luz proveniente do Sol, ou de uma fonte luminosa qualquer, incide sobre os objetos e é refletida para todas as direções. A isso chamamos reflexão difusa da luz. Ao direcionarmos os olhos para um objeto, a luz refletida por ele entra em nossos olhos, através da pupila, nos possibilitando enxergá-lo. Assim, podemos afirmar que o conceito de “visão de raio X” do “Super-Homem”, no qual os raios X saem de seus olhos, está totalmente equivocado.

Por outro lado, quando a luz incide em um objeto com a superfície muito lisa como, por exemplo, um metal bem polido (um espelho), ela não é refletida difusamente, como no caso anterior, mas é refletida ordenadamente para uma direção bem definida, que depende da direção da luz incidente. A isso chamamos reflexão regular da luz. Ao acendermos uma lâmpada em frente a um espelho, e ao olharmos para a imagem da lâmpada, formada pelo espelho, não prestamos atenção na superfície do espelho, mas apenas na imagem da lâmpada refletida. Isso não aconteceria se acendêssemos uma lâmpada em frente a um livro, por exemplo, pois a superfície do livro não é tão lisa quanto à de um metal polido.

Figura 1 - O raio de luz incide no espelho formando um ângulo θ_i com a reta normal e é refletido com um ângulo θ_r .

Quando um raio de luz incide sobre em uma superfície muito lisa, o ângulo de incidência θ_i (ou seja, o ângulo entre o raio de luz incidente e uma reta normal à superfície) e o ângulo de reflexão θ_r (ou seja, o ângulo entre o raio de luz refletido e uma reta normal à superfície) do raio de luz são:

$$\theta_i = \theta_r$$

- Professor, você pode fazer perguntas que remetam a exemplos/fenômenos/situações do cotidiano. Por exemplo, “Quando você se olha no espelho, o que está acontecendo?”, “Dentro do carro, na rua, ao olhar pelo retrovisor, motorista e passageiros conseguem observar os carros que vem atrás. Qual a explicação para esse fenômeno?”, “Porque a visão de raio X do Super-Homem é cientificamente impossível?”.

O ESTUDO SOBRE A REFRAÇÃO E REFLEXÃO DA LUZ

A humanidade se questiona sobre os mecanismos envolvidos na visão, a luz e quais suas propriedades há milênios. Alguns pensadores tiveram como objeto de estudo a visão e a natureza da luz, como por exemplo, Empédocles (490-430 a.C.), Platão (aproximadamente 427-348 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e Euclides de Alexandria (aproximadamente 323-285 a.C.). Euclides estudou sobre a visão e sobre o comportamento dos raios luminosos. Ele demonstrou geometricamente a lei da reflexão que aceitamos atualmente, ou seja, que o ângulo de incidência de um raio luminoso é igual ao ângulo de reflexão.

Euclides ainda mostrou que a lei era válida para espelhos planos, convexos e côncavos e escreveu um manuscrito sobre isso e outros estudos relacionados a raios luminosos. Posterior a ele, Heron de Alexandria (10-70 d.c.) estudou sobre a luz e os fundamentos da óptica considerando que os raios visuais eram produzidos pelos olhos e viajavam em linha reta. Com essa ideia, Heron estudou a reflexão dos raios visuais em espelhos planos e provou geometricamente o fenômeno da reflexão descrito por Euclides. Heron formulou também com base nos estudos sobre a reflexão o princípio do trajeto mínimo, isto é, que quando o ângulo do raio visual incidente com o espelho é igual ao refletido, o caminho entre o olho do observador e o objeto é o mais curto.

Ptolomeu (90-168 d.c.) acreditava que o olho produzia um feixe de raios visuais que se espalhavam em linha reta e realizou experimentos sobre reflexão e refração. Em seus estudos sobre refração, ele mediu o desvio do raio de luz quando o mesmo passava do ar para a água, ar para vidro e água para vidro, chegando à conclusão de que o ângulo de incidência do raio era proporcional ao ângulo refratado.

O matemático persa Ibn Sahl (940-1000) estudou lentes e espelhos côncavos investigando como poderiam desviar a luz focalizando-a em um único ponto e queimar objetos. Nesses estudos, aperfeiçoou os estudos sobre refração de Ptolomeu, e no ano 948 introduziu uma lei geométrica equivalente ao que conhecemos hoje como Lei de Snell-Descartes.

quantitativamente a reflexão e a refração da luz ele considerou uma analogia entre a propagação da luz e o movimento de uma bolinha de tênis sendo lançada por uma raquete. Nessa analogia, Descartes utilizou argumentos que foram criticados pelo matemático francês Pierre Fermat (1601-1655).

Em 1661, Fermat anunciou sua demonstração sobre a refração da luz utilizando alguns princípios propostos por Heron e Alhazen, e que condizem com a lei da refração que estudamos atualmente. Posteriormente, em 1678, a demonstração de Fermat foi confirmada pelo físico e astrônomo holandês Christiann Huygens (1629-1695) considerando que a luz é um tipo de movimento ondulatório.

*

Sugestão de orientações para organização da aula

Professor, agora você pode convidar seus alunos para investigarem sobre o fenômeno de reflexão da luz. Para isso precisaremos de um objeto pequeno, como por exemplo, a tampa de uma caneta e do conjunto contendo dois espelhos associados (unidos por uma dobradiça) contidos na caixa da Experimentoteca. Coloque a tampa da caneta em frente aos espelhos e observe as imagens formadas.

Questione os alunos sobre as variáveis envolvidas, como por exemplo, o ângulo de abertura entre os espelhos e o posicionamento da tampa da caneta. Sugira aos alunos que variem o ângulo de abertura entre os espelhos e discuta a mudança da quantidade de imagens formadas e o fenômeno da reflexão. Quanto menor o ângulo de abertura entre os espelhos, mais imagens serão formadas. Caso queira entrar em detalhes, o número de imagens formadas $n = \frac{360}{\text{ângulo}} - 1$. O ângulo da fórmula é o ângulo referente à abertura entre os espelhos.

Para um ângulo muito pequeno entre a abertura dos espelhos, os alunos poderão observar muitas imagens. Isso ocorre, pois, a imagem da tampa da caneta que é formada em um dos espelhos passa a ser a “tampa da caneta” para a imagem do outro espelho, formando outra imagem e que passa a ser “a tampa da caneta” para o outro espelho, e assim sucessivamente. Ou seja, cada imagem formada se comporta como o objeto (tampa da caneta) para o outro espelho. Desse modo há a formação de infinitas imagens.

*

Professor, agora você pode propor para os alunos um experimento para investigar a validade da lei da reflexão considerando as informações contidas no texto, com os materiais contidos na caixa da Experimentoteca. Apresente os materiais da caixa da Experimentoteca e sugira que os alunos elaborem um plano de trabalho para testar as variáveis envolvidas na reflexão e como estão relação entre si.

Quando todos os grupos já tiverem realizado seus experimentos, compare os experimentos discutindo sobre os procedimentos utilizados e os resultados. Você também pode sugerir aos alunos que produzam um texto sobre a atividade considerando aspectos históricos e experimentais.

Sobre o experimento

Você precisará de:

- Laser
- Um espelho plano com base de madeira
- Uma folha de papel branco
- Régua, transferidor e esquadro.

Uma sugestão de procedimento experimental para investigar a reflexão da luz é fixar o papel sobre uma superfície horizontal e colocar o espelho em pé sobre o papel. Incida o laser a um determinado ângulo no espelho e trace a normal, a direção do ângulo de incidência e de reflexão no papel (figura 3). Utilizando a régua, transferidor e esquadro, indique os ângulos de incidência e reflexão para ângulos diferentes e busque uma relação entre os ângulos de incidência e reflexão.

Figura 3 - Ilustração do procedimento para determinar o ângulo de incidência e reflexão do laser.

Professor, no momento final da aula você pode aproveitar para retomar o problema inicial e o texto histórico, relacionando-os com o experimento.

*

Reflexão total da luz

Professor, caso queira fazer o experimento de reflexão total da luz você precisará dos materiais listados acima e do bloco retangular de acrílico. Como problematização inicial discuta com os alunos sobre a fibra ótica. Questione-os sobre como eles acham que a internet chega a casa de cada um deles e explique que isto ocorre, pois, a luz “viajou” por um cabo de fibra ótica no qual a luz sofre sucessivas reflexões totais. Dessa forma a luz não escapa do cabo de fibra ótica e consegue chegar à casa de cada um.

Uma sugestão de procedimento experimental é fixar o papel sobre uma superfície horizontal e colocar o bloco retangular de acrílico (figura 4) sobre o papel. Incida o laser na face menor do bloco de acrílico e observe o comportamento da luz do laser em seu interior. Discuta com os alunos sobre o fenômeno observado e retome a problematização inicial e a discussão sobre reflexão da luz.

Figura 4: Ilustração do procedimento para visualização da reflexão total da luz.

Referências:

- BASSALO, J. M. F. A crônica da ótica clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p. 138-159, 1986.
- DESCARTES, R. A dióptrica: discursos I, II, III, IV e VIII. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 451-486, 2010. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662010000300007>>. Acesso em: 20 nov. 2017.
- FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar**: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009. 200p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- MARTINS, R. A.; SILVA, A. P. B. Princípios da óptica geométrica e suas exceções: Heron e a reflexão em espelhos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2013.
- MARTINS, R. A. A Óptica de Ibn al-Haytham – 1.000 anos de luz. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 67., 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2015. p. 1-3.
- MARTINS, R. A.; SILVA, C. C. As pesquisas de Newton sobre a luz: uma visão histórica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 4202-1-4202-32, 2015.
- PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em contextos**: pessoal, social e histórico. São Paulo: FTD, 2010. v. 2
- ZGHAL, M.; BOUALI, H.; LAKHDAR, Z. B.; HAMAM, H. The first steps for learning optics: Ibn Sahl's, Al-Haytham's and Young's works on refraction as typical examples. 2007. Disponível em: <<https://spie.org/etop/2007/etop07fundamentalsII.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

Roteiro do aluno

Física – Óptica
Reflexão da luz
Espelhos planos/Leis da reflexão

Sugestões para o aluno

O ESTUDO SOBRE A REFRAÇÃO E REFLEXÃO DA LUZ

A humanidade se questiona sobre os mecanismos envolvidos na visão, a luz e quais suas propriedades há milênios. Alguns pensadores tiveram como objeto de estudo a visão e a natureza da luz, como por exemplo, Empédocles (490-430 a.C.), Platão (aproximadamente 427-348 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e Euclides de Alexandria (aproximadamente 323-285 a.C.). Euclides estudou sobre a visão e sobre o comportamento dos raios luminosos. Ele demonstrou geometricamente a lei da reflexão que aceitamos atualmente, ou seja, que o ângulo de incidência de um raio luminoso é igual ao ângulo de reflexão.

Euclides ainda mostrou que a lei era válida para espelhos planos, convexos e côncavos e escreveu um manuscrito sobre isso e outros estudos relacionados a raios luminosos. Posterior a ele, Heron de Alexandria (10-70 d.c.) estudou sobre a luz e os fundamentos da óptica considerando que os raios visuais eram produzidos pelos olhos e viajavam em linha reta. Com essa ideia, Heron estudou a reflexão dos raios visuais em espelhos planos e provou geometricamente o fenômeno da reflexão descrito por Euclides. Heron formulou também com base nos estudos sobre a reflexão o princípio do trajeto mínimo, isto é, que quando o ângulo do raio visual incidente com o espelho é igual ao refletido, o caminho entre o olho do observador e o objeto é o mais curto.

Ptolomeu (90-168 d.c.) acreditava que o olho produzia um feixe de raios visuais que se espalhavam em linha reta e realizou experimentos sobre reflexão e refração. Em seus estudos sobre refração, ele mediu o desvio do raio de luz quando o mesmo passava do ar para a água, ar para vidro e água para vidro, chegando à conclusão de que o ângulo de incidência do raio era proporcional ao ângulo refratado.

O matemático persa Ibn Sahl (940-1000) estudou lentes e espelhos côncavos investigando como poderiam desviar a luz focalizando-a em um único ponto e queimar objetos. Nesses estudos, aperfeiçoou os estudos sobre refração de Ptolomeu, e no ano 948 introduziu uma lei geométrica equivalente ao que conhecemos hoje como Lei de Snell-Descartes.

Figura 1 - Página do manuscrito de Sahl mostrando seus estudos sobre a lei da refração da luz.

Os estudos de Sahl sobre a refração da luz foram utilizados pelo árabe Ibn Al-Haytham (965-1039), conhecido como Alhazen. Alhazen escreveu cerca de 180 obras sobre matemática, astronomia, óptica, medicina e filosofia. Sua curiosidade sobre como se formava o arco-íris fez com que realizasse várias experiências sobre dispersão da luz, entre elas expôs globos de vidro contendo água à luz solar. Notou que, ao passar pelo globo, a luz solar produzia raios de luz coloridos em ângulos que podiam ser medidos, e que cada cor refratava em um ângulo diferente. O árabe não fez distinção sobre os meios diferentes (ar e água) e não chegou a uma conclusão sobre o índice de refração. Alhazen também mostrou como focalizar a luz em um único ponto utilizando espelhos côncavos. Ele percebeu que o ângulo de incidência e o de reflexão dos raios de luz são iguais, mesmo fenômeno observado por Euclides. Alhazen ainda contribuiu para a lei de reflexão de Euclides ao afirmar que a reta normal, o raio incidente e o raio refletido pertenciam ao mesmo plano. Atualmente esses princípios condizem com o considerado correto sobre a lei da reflexão.

Alhazen foi um estudioso importante durante a Idade Média e contribuiu para grandes avanços científicos no mundo islâmico. Embora não tenham sido muito difundidos pela Europa, seus estudos e teorias foram passos significativos para o entendimento da luz e suas propriedades e algumas de suas obras, traduzidas para o latim, inspiraram diversos pensadores como, por exemplo, Roger Bacon, Erasmus Witelo, John Pecham e outros. Alhazen também se associou a Universidade de Al-Azhar e à Biblioteca Dar Al Herma no Egito, onde traduziu clássicos gregos e ensinou matemática e física.

No início do século XVII, Johannes Kepler (1571-1630) estudou a visão, a natureza da luz e suas propriedades, construiu telescópios e outros instrumentos ópticos e estudou a formação de imagens reais e virtuais por lentes e espelhos. Em seus estudos sobre a refração em lentes, Kepler utilizou a lei aproximada de Ptolomeu para calcular alguns ângulos, visto que a lei de refração enunciada por Ibn Sahl não era conhecida na Europa na época. Em seu livro *Dioptrice* publicado em 1611, no qual apresentou seus estudos sobre óptica instrumental, tentou obter uma expressão matemática para a lei da refração, sem sucesso. A lei de refração como conhecemos hoje foi descoberta empiricamente pelo holandês Willebrord Snell (1580-1626) em 1621, porém só foi demonstrada matematicamente em 1637 pelo filósofo francês René Descartes (1596-1650).

Além da refração, Descartes também estudou a reflexão da luz, supondo que sua propagação ocorria instantaneamente, ou seja, que a luz se propagava com velocidade infinita. Para estudar

quantitativamente a reflexão e a refração da luz ele considerou uma analogia entre a propagação da luz e o movimento de uma bolinha de tênis sendo lançada por uma raquete. Nessa analogia, Descartes utilizou argumentos que foram criticados pelo matemático francês Pierre Fermat (1601-1655).

Em 1661, Fermat anunciou sua demonstração sobre a refração da luz utilizando alguns princípios propostos por Heron e Alhazen, e que condizem com a lei da refração que estudamos atualmente. Posteriormente, em 1678, a demonstração de Fermat foi confirmada pelo físico e astrônomo holandês Christiann Huygens (1629-1695) considerando que a luz é um tipo de movimento ondulatório.

INVESTIGANDO A LEI DA REFLEXÃO

Material:

- Laser
- Um espelho plano com base de madeira
- Bloco retangular de acrílico
- Uma folha de papel branco
- Régua, transferidor e esquadro.

Agora vocês estão convidados a elaborar um plano de trabalho para investigar fenômenos relacionado com a reflexão da luz. Quais materiais podem ser utilizados? Quais as variáveis envolvidas no experimento? Como você explica os resultados?

Figura 2 - Ilustração do procedimento para determinar o ângulo de incidência e reflexão do laser.

Figura 3 - Ilustração do procedimento para visualização da reflexão total da luz.