

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS: QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**TEXTOS ORIGINAIS DE CIENTISTAS E TEXTOS SOBRE
HISTÓRIA DAS IDEIAS DA CIÊNCIA EM UMA PROPOSTA
DIDÁTICA SOBRE ÓTICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE
PROFESSORES DE FÍSICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Saul Benhur Schirmer

Santa Maria, RS, Brasil

2012

**TEXTOS ORIGINAIS DE CIENTISTAS E TEXTOS
SOBRE HISTÓRIA DAS IDEIAS DA CIÊNCIA EM
UMA PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE ÓTICA NA
FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA**

Saul Benhur Schirmer

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química de Vida e Saúde, Área de Concentração em Ensino de Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação em Ciências.

Orientadora: Prof.^a Dra. Inés Prieto Schmidt Sauerwein

Santa Maria, RS, Brasil

2012

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação
em Ciências: Química da Vida e Saúde**

A Comissão Organizadora, abaixo assinada,
aprova a dissertação de mestrado

**TEXTOS ORIGINAIS DE CIENTISTAS E TEXTOS SOBRE HISTÓRIA
DAS IDEIAS DA CIÊNCIA EM UMA PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE
ÓTICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA**

elaborada por
Saul Benhur Schirmer

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

COMISSÃO EXAMIDORA:

Inés Prieto Schmidt Sauerwein, Dra.
(Presidente/orientador)

Cássio Costa Laranjeiras, Dr. (UnB)

Luiz Caldeira Brant de Tolentino Neto, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 26 de março de 2012.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo incentivo, paciência e por tudo mais que só uma família proporciona... Valeu! Pai, Mãe, Fredy e Bina.

À Ana pelo companheirismo e por me manter no caminho da sanidade.

À Professora Inés pela oportunidade, confiança, paciência e orientações.

Aos colegas Carla, Darla, Noé e Susana que nunca deixaram de atender seus telefones. E a todos os colegas do PPGECQV por dois anos de aprendizados incomensuráveis.

Aos professores do PPGECQV, em especial, ao Professor Élgion pelas palavras sempre tranquilizadoras em momentos cruciais.

Aos professores Cássio e Luiz pelas valiosas contribuições.

Aos ex-colegas, mas sempre amigos, Antônio e Paulo.

À Laura por toda ajuda, revisões e plantões para troca de ideias. Ao Jaisso, sempre disposto a uma boa conversa. A todos os amigos que estiveram mais, ou menos presentes nesses dois anos.

E à CAPES pelo auxílio financeiro.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da
Vida e Saúde

Universidade Federal de Santa Maria

TEXTOS ORIGINAIS DE CIENTISTAS E TEXTOS SOBRE HISTÓRIA DAS IDEIAS DA CIÊNCIA EM UMA PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE ÓTICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA

AUTOR: SAUL BENHUR SCHIRMER

ORIENTADORA: INÉS PRIETO SCHMIDT SAUERWEIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 26 de março de 2012.

O Ensino de Ciências no Brasil tem se afirmado cada vez mais como campo de pesquisa e buscado incorporar os resultados das pesquisas ao longo dos anos para melhorar a educação científica em todos os níveis de Ensino. Uma das linhas de trabalho diz respeito à incorporação de História e Filosofia da Ciência (HFC) ao Ensino das Ciências, que tem ganhado significativa atenção por parte das orientações governamentais e também dos pesquisadores da área. O presente trabalho apresenta os resultados obtidos com a implementação de um módulo didático relacionado à HFC com alunos do curso de Licenciatura em Física da UFSM. O objetivo do trabalho foi avaliar a utilização de Textos Originais de Cientistas (TOC) e Textos sobre a História das Ideias da Ciência (THIC) no Ensino de Ciências, nesse caso, mais especificamente no Ensino de Física. Visando subsidiar a elaboração do módulo foi realizada uma pesquisa em periódicos e eventos da área que buscou verificar em que medida essas publicações contemplam o trabalho em sala de aula e quais são os recursos empregados para este trabalho. Esses resultados, que foram classificados em propostas para a sala de aula ou subsídios ao trabalho com HFC, mostraram que é reduzido o número de propostas para sala de aula sendo que os principais recursos utilizados no trabalho com HFC em sala de aula são textos. Os resultados também indicaram que praticamente não há relatos de utilização de TOC e THIC no Ensino Superior. O tema escolhido foi ótica e a proposta procurou associar aspectos conceituais desse assunto, aspectos sobre a natureza da ciência e aspectos relativos às necessidades formativas de professores. Os resultados, obtidos por meio da análise de questionários aplicados durante a execução das aulas indicaram um avanço em relação às concepções dos alunos sobre a Ciência. Também indicaram que poucos alunos conseguiram utilizar as discussões sobre os conteúdos conceituais de ótica nas questões propostas. Da análise realizada do trabalho desenvolvido constata-se uma grande aceitação dos alunos, principalmente em relação aos THIC. A partir dos resultados obtidos são propostas modificações no módulo didático e outros possíveis desdobramentos da pesquisa.

Palavras – Chave: Educação em Ciências. História e Filosofia da Ciência. Textos Originais de Cientistas. Textos sobre a História das Ideias da Ciência. História da Ótica.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da
Vida e Saúde

Universidade Federal de Santa Maria

SCIENTISTS' ORIGINAL TEXTS AND HISTORY OF SCIENTIFIC IDEAS' TEXTS IN A DIDACTIC APPROACH ON OPTICS IN THE INITIAL FORMATION OF PHYSICS TEACHERS

AUTHOR: SAUL BENHUR SCHIRMER

ADVISOR: INÉS PRIETO SCHMIDT SAUERWEIN

Defense Place and Date: Santa Maria, March 26, 2011.

Science Teaching in Brazil has been increasingly acknowledged as a research field and has also been seeking for alternatives to improve scientific education in all levels. One of the research fields is the incorporation of History and Philosophy of Science (HFC) in education, which has received significant attention by government guidelines and researchers in the field. This work presents the results obtained by the implementation of a HFC related didactic module with undergraduate students from UFSM's course of Physics. The purpose of this work was to evaluate the use of Scientists' Original Texts (TOC) and History of Scientific Ideas' Texts (THIC) in Science Teaching, more specifically in Physics Teaching. In order to subsidize the elaboration of the module, we performed a research in the field magazines and events, trying to ascertain to what extent these publications concern class works and which are the resources used. The results were classified in classroom approaches or HFC subsidies. The results show that there is a low number of classroom approaches, and the main resources for HFC use in the classroom are texts. The results also show that there are almost no reports of the use of TOC and THIC in undergraduate courses. Optics was the chosen theme and conceptual aspects, nature of science aspects and the aspects concerning the requirements of teacher formation were considered. The results, obtained by the application of questionnaires during the length of classes, have indicated an advancement concerning students' conceptions about science. They also have indicated that few students succeeded in using the discussions about Optics conceptual contents in the questions proposed. According to the research analysis, there was great acceptance about the texts, especially the ones concerning THIC. Based on the results, we propose didactic module changes and other possible research developments.

Keywords: Science Education. History and Philosophy of Science. Scientists' Original Texts. History of Scientific Ideas' Texts. History of Optics.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD – Atividade Didática

C&E – Revista Ciência e Educação

EM – Ensino Médio

Ensaio – Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências

EPEF – Encontro nacional de Pesquisa em Ensino de Física

ES – Ensino Superior

HFC – História e Filosofia da Ciência

IENCI – Revista de Investigações em Ensino de Ciências

LD – Livro Didático

mpEAC – Grupo de pesquisa Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências

NdC – Natureza da Ciência

RBEF – Revista brasileira de Ensino de Física

RBPEC – Revista Brasileira de Pesquisas em Educação em Ciências.

SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
1. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS	13
1.1. A importância da incorporação de elementos de HFC no ensino	15
1.2. Dificuldades para consideração da dimensão histórica no ensino	18
1.3. HFC nos periódicos e nos eventos	19
1.3.1. HFC em periódicos e eventos de Ensino de Física	20
1.3.2. HFC em periódicos de Ensino de Ciências	25
1.3.3. Algumas características das propostas para a sala de aula	30
1.4. Aspectos curriculares: O caso específico da Licenciatura em Física da UFSM	34
2. ÓTICA: UMA LONGA HISTÓRIA	36
2.1. Uma perspectiva Kuhniana	37
2.1.1. A ótica no período pré-paradigmático	40
2.1.2. Os candidatos a paradigmas	42
2.1.3. As disputas entre as teorias	44
3. ASPECTOS CONSIDERADOS NA PROPOSTA	48
3.1. A HFC no planejamento da proposta	50
3.2. A utilização de TOC e THIC	51
4. A PROPOSTA E A IMPEMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES DIDÁTICAS	54
4.1. O contexto da implementação	54
4.2. Estrutura do trabalho	55
4.3. A avaliação	57
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	58
5.1. Aspectos metodológicos	58
5.2. Análise das questões sobre ótica	59
5.2.1. Análise das respostas sobre ótica: questionário 2	59
5.2.2. Análise das respostas sobre ótica: questionário 3	70
5.2.3. Análise das respostas sobre ótica: questionário 4	72
5.2.4. Análise das respostas sobre ótica: questionário 5	74
5.2.5. Análise das respostas sobre ótica: questionário 6	79
5.3. Análise das questões relacionadas a aspectos de HFC	87
5.3.1. Análise das questões sobre HFC	87
5.3.2. Análise das questões sobre Natureza da Ciência	90
5.4. Análise das questões sobre os textos	98
5.4.1. Análise das respostas sobre os textos: questionário 3	98
5.4.2. Análise das respostas sobre os textos: questionário 4	103
5.4.3. Análise das respostas sobre os textos: questionário 5	105
5.4.4. Análise das respostas sobre os textos: questionário 6	106
5.5. Registro das Atividades Didáticas	109
5.6. Discussão dos resultados	113

5.7. Uma leitura sobre o caminho percorrido.....	118
CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
REFERÊNCIAS.....	125
APÊNDICES	131
Apêndice A – Referências dos artigos dos periódicos analisados	131
Apêndice B – Planejamento didático	133
Apêndice C – Questionários	137
Apêndice D – Slides da Apresentação em PowerPoint	142
Apêndice E – Imagem da refração.....	147
Apêndice F – Representações de refração dos alunos	148

APRESENTAÇÃO

A ideia do presente trabalho surge a partir das experiências adquiridas durante o curso de Licenciatura em Física na Universidade Federal de Santa Maria, onde em discussões com colegas no trabalho junto ao projeto de Extensão Pré-vestibular Popular Alternativa da Pró-Reitoria de Extensão, surgiram questionamentos de por que Textos Originais de Cientistas (TOC) e Textos sobre a História das Ideias da Ciência (THIC) não eram utilizados no Ensino de Física.

Amadurecendo a ideia de propor sua utilização, trabalhos foram realizados utilizando um trecho do texto “As duas novas Ciências” de Galileu tanto nas aulas do projeto quanto em algumas escolas públicas da cidade de Santa Maria (Silva; Dalmolin; Schirmer, 2008 e 2010). Essas experiências foram bastante ricas, no entanto pontuais. Para que esses recursos comecem a ser incorporados de forma mais ampla, era preciso responder a uma questão mais específica: por que os TOC e os THIC não são estudados durante a formação inicial de professores de Ciências? Provavelmente a resposta seja encontrada na relação dos cursos de Licenciatura com os de Bacharelado, que remetem a uma complexa tradição acadêmica de subordinação entre esses cursos. Onde as licenciaturas possuem disciplinas idênticas, em menor número que o bacharelado e complementadas por disciplinas relativas à prática docente. No entanto, uma resposta mais precisa demandaria uma pesquisa sobre as tradições acadêmicas e o surgimento dos cursos de licenciatura. Um trabalho dessa natureza se encaminharia para um distanciamento da sala de aula, o que não atenderia o anseio pela incorporação desses materiais no Ensino de Ciências. Sendo assim, se coloca outra questão: Por que estes textos devem ser utilizados no Ensino de Física? Quais seriam as contribuições possíveis de tais textos na formação inicial de professores de Ciências?

Buscando responder a esses questionamentos foi elaborado o projeto que culminou nesta dissertação que se enquadra na linha de pesquisa “Educação Científica: Processos de Ensino e Aprendizagem na Escola, na Universidade e no Laboratório de Pesquisa” do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da UFSM. Nesta linha de pesquisa, são desenvolvidos estudos relativos ao campo da didática das ciências que envolvem

investigação dos problemas do ensino e da aprendizagem das ciências, referenciados nos saberes da Ciência, da Filosofia, da História da Ciência e das Ciências da Educação. E busca, utilizando-se dos pressupostos teóricos da pesquisa social, desenvolver ações que envolvam o espaço escolar e o universitário, na busca de alternativas para amenizar situações problema relacionadas ao processo educacional.

O trabalho procurou contemplar aspectos de HFC no Ensino de Ciências, o que tem sido amplamente defendido por pesquisadores da área (Barros e Carvalho, 1998; Souza, 2010, Kapitango-a-Samba, 2011) e também tem ganhado significativa atenção pelos órgãos governamentais que têm apresentado a necessidade de incorporação de conhecimentos relacionados ao tema em normativas oficiais para a educação em todos os níveis de escolaridade.

Em consonância com os pressupostos da linha de pesquisa tratou-se inicialmente de realizar uma pesquisa exploratória em periódicos e eventos nacionais de Ensino de Ciências e de Ensino de Física, visando verificar em que medida e de que forma os trabalhos sobre a temática contemplam pesquisas em sala de aula.

A partir daí, buscou-se elaborar um conjunto de Atividades Didáticas (AD) que considerassem elementos sobre História e Filosofia da Ciência (HFC), nas quais estivessem inseridos Textos Originais de Cientistas e Textos sobre a História das Ideias da Ciência, visando sua implementação na Formação Inicial de Professores de Física.

Para a elaboração das AD foi escolhido o tema ótica, devido a algumas características, tais como:

- Trata-se de um tema que em geral é trabalhado em uma perspectiva formal, baseada em diagramas e representações que muitas vezes se apresentam sem sentido aos alunos, o que acaba gerando um desinteresse pelo tema (Vannucchi, 1996; Silva, 2010).
- A ótica apresenta episódios históricos bastante ilustrativos para se tratar aspectos da Natureza da Ciência.
- Existem obras importantes para a História da Ciência com linguagem acessível sobre este tema, escritas por autores como Isaac Newton e Christiaan Huygens.

Além disso, a História da ótica ilustra com bastante clareza o modelo de Thomas Kuhn sobre como tem se configurado o empreendimento científico ao longo do tempo, de forma que permite trabalhar uma perspectiva de não linearidade no desenvolvimento da Ciência.

Sendo assim, traçamos como objetivos da pesquisa aqui relatada, identificar aspectos em que a proposta didática e os recursos utilizados possam contribuir para a formação de professores de Física. Mais especificamente se busca:

- Avaliar a utilização das atividades desenvolvidas para compreensão de conteúdos conceituais da disciplina de física.
- Identificar indícios de mudanças na visão de ciência dos alunos.
- Verificar possibilidades e limitações para a utilização de Textos Originais de Cientistas (TOC) no Ensino de Física.
- Verificar possibilidades e limitações para a utilização de Textos sobre a História das ideias da Ciência (THIC) no Ensino de Física.

Na busca de atingir tais objetivos e responder por que os TOC e os THIC deveriam ser incorporados ao Ensino de Ciências, são colocadas as seguintes questões que nortearam o trabalho:

- Em que aspectos a HFC pode contribuir para a formação de professores?
- Quais seriam as principais contribuições de TOC na formação inicial de professores?
- Como os THIC poderiam ser utilizados nos cursos de Formação Inicial de professores de Ciências?

No capítulo 1, são apresentados aspectos da relação entre HFC e a Didática das Ciências e a necessidade na incorporação deste tema no Ensino de Ciências, mediante uma revisão na literatura. Também são apresentados e discutidos os resultados de levantamentos realizados em trabalhos de eventos de Ensino de Física e artigos publicados em periódicos nacionais de Ensino de Ciências e de Ensino de Física. O que se verificou com este estudo foi em que medida esses trabalhos contemplavam propostas para a sala de aula. Para tanto, foram criadas categorias que classificaram trabalhos em: (i) propostas para a sala de aula e (ii) subsídios para a utilização do tema no ensino.

Além disso, apresenta-se uma análise do currículo dos cursos de Licenciatura Plena diurno e noturno da UFSM onde foram identificadas as disciplinas que contemplam assuntos relacionados à HFC, seus objetivos e sua disposição na grade.

No capítulo 2, é apresentada uma revisão bibliográfica sobre a história da ótica embasada na teoria de Thomas Kuhn. Assim, descreve-se a ótica no seu período pré-paradigmático, onde não há um consenso sobre a natureza da luz. Discute-se, a seguir, a constituição de dois candidatos a paradigmas: o ondulatório e o corpuscular e o estabelecimento do primeiro paradigma da ótica, embasado na teoria corpuscular de Isaac Newton. E por fim é descrito o período de crise no início do século XIX que culmina com um novo paradigma, o ondulatório que duraria até o início do século XX.

No capítulo 3 são apresentados aspectos considerados na estruturação da proposta didática, que contempla algumas das necessidades formativas para professores de Ciências mediante um trabalho onde a HFC é utilizada como estratégia para abordar aspectos conceituais da Física e aspectos sobre a Natureza da Ciência. Além disso, são descritos alguns aspectos da utilização dos TOC e dos THIC que são incorporados na proposta.

O capítulo 4 é dedicado à apresentação da proposta didática. Discutindo o contexto onde se realizou a implementação, a estrutura da proposta, os relatos das implementações e a forma de avaliação.

No capítulo 5 são apresentadas a análise e discussão dos dados obtidos a partir do estudo. Primeiramente são expostos os procedimentos metodológicos e a seguir são apresentadas as análises dos dados que foram divididos em três blocos. O primeiro, relativo ao trabalho com os conteúdos de ótica. O segundo bloco englobando as questões relacionadas à HFC, como, por exemplo, o contato dos alunos com o tema e as questões relativas à Natureza da Ciência. E o terceiro bloco onde foram analisadas as questões sobre os textos utilizados na proposta. Após esta análise é apresentada uma discussão dos resultados.

Finalmente, no capítulo 6, são apresentadas as considerações sobre o trabalho realizado e desdobramentos da pesquisa.

1. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

O emergente campo da Didática das Ciências tem buscado se afirmar como disciplina científica ao longo dos últimos anos. Trata-se de uma área bastante nova, cujas primeiras descrições remetem ao período entre 1980 e 1985 (Astolfi; Devalay, 1990). Essa área se constitui como um campo localizado entre diversas outras áreas mais antigas e maduras como a psicologia, a pedagogia a sociologia e a filosofia. E tem raízes na preocupação de instituições, grupos e pesquisadores com o ensino e aprendizagem nas áreas científicas ocorridas, principalmente, a partir da metade do século XX.

Cachapuz e colaboradores (2011) escrevem que a Didática das Ciências apresenta os requisitos básicos à constituição de um novo campo, na medida em que há uma problemática relevante, com caráter específico de modo a não ser contemplada por outros campos, além disso, existe a disponibilidade de material humano para que esta se desenvolva. Segundo estes autores, essa problemática diz respeito “a necessidade de uma educação científica para todos e as dificuldades que lhe são inerentes” (CACHAPUZ, et alli., 2011, p.190) que deram origem a investigações em torno do processo de ensino aprendizagem das Ciências que compõe o campo de estudos da Didática das Ciências. Uma nova área, que a partir da década de 1980 toma corpo com o surgimento de diversas revistas especializadas e o aumento de trabalhos e teses de doutorado.

A partir daí diversas linhas de trabalho foram constituindo os principais focos da pesquisa na área. Dentre elas destacam-se as pesquisas sobre concepções alternativas, a resolução de problemas, a experimentação, as relações Ciência/Tecnologia/Sociedade, História e Filosofia da Ciência, Tecnologias da Informação e Comunicação, entre outras, que por aparecerem cada vez mais integradas vão constituindo o corpo de conhecimentos referente à Didática das Ciências.

Apesar dos importantes resultados que as pesquisas vêm alcançando ao longo dos anos, a incorporação das recomendações ainda parece distante das aulas

de Ciências, de forma que incorporar esses resultados ao ensino científico constitua-se atualmente como um dos grandes problemas enfrentados pela área.

Nesse sentido, o presente estudo discute uma proposta de utilização de alguns aspectos da História e da Filosofia da Ciência no Ensino, mais especificamente no Ensino Superior. Sendo assim não abrange uma pesquisa aprofundada sobre o tema, limitando-se a discutir alguns aspectos considerados importantes por pesquisadores da área para a educação científica. No entanto, parece importante nesse momento, que minimamente se delimite sobre o que se está referindo, quando se utiliza o termo História e Filosofia da Ciência (HFC), o que ocorrerá frequentemente durante o texto.

Conforme Martins (2007), HFC representa além de um vasto campo de estudos e pesquisas, uma área do conhecimento com fortes e profundas implicações para a Didática das Ciências. Nessa área o termo HFC é utilizado pelos pesquisadores para referir um campo do conhecimento composto por um conjunto de saberes até certo ponto inter-relacionado e coeso, como expresso por este autor mediante uma frase de Lakatos (1978, p.21) parafraseando Kant: “A Filosofia da Ciência sem História da Ciência é vazia; a História da Ciência sem Filosofia da Ciência é cega” como representante desta definição.

Esse campo diz respeito à necessidade de uma Educação em Ciências que contemple aspectos tanto da Ciência quanto sobre a Ciência, ou seja, que incorpore a seu processo os produtos de uma busca de integração entre complexificação do conhecimento científico no seu desenvolvimento histórico e as implicações sociais associadas. Esses produtos levam em conta aspectos tanto internalistas (dizem respeito à sucessão de teorias no escopo da ciência, considerando hipóteses, leis, teorias etc.) quanto externalistas (dizem respeito à relação da ciência com aspectos contextuais como aspectos históricos, sociais, econômicos) da Ciência e sua história.

A importância da consideração de aspectos de HFC no ensino científico encontra grande respaldo entre os pesquisadores da área e cada vez mais vem fazendo parte das normativas oficiais para educação no país. A seguir descreveremos alguns aspectos sobre esses aspectos.

1.1. A importância da incorporação de elementos de HFC no ensino

Usualmente, o Ensino de Ciências tem se orientado numa prática transmissivo-receptiva segundo a qual o professor, dominador de conhecimentos, transmite o conteúdo a seus alunos, enquanto que ao aluno, cabe a tarefa de assistir passivamente os conhecimentos expostos pelo professor. Essa postura mais mecânica, em geral está associada a um ensino ortodoxo, determinado por concepções propedêuticas que levam muitas vezes a deixar de lado qualquer elemento que não esteja explícito nas extensas listas de conteúdos que compõem os currículos.

Com intuito de alterar este quadro, pesquisas no Ensino de Ciências, e em especial no Ensino de Física, têm buscado, ao longo dos últimos anos, caminhos que conduzam a resultados mais satisfatórios no processo de ensino-aprendizagem nessas áreas. Dentre as inúmeras propostas, estudos sobre a consideração da História e da Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências têm ocupado um papel importante tanto em eventos, em mesas redondas e seções de trabalhos específicas, quanto em periódicos da área (Martins, 2007).

Para Vannucchi (1996) o conhecimento apropriado da Ciência envolve não só os produtos como leis e teorias, mas os processos que envolvem métodos, a estrutura e o desenvolvimento da Ciência. E essa perspectiva já tem aparecido em diversas sinalizações governamentais incorporadas pelos documentos oficiais. Para o Ensino Médio (EM), entre outros, percebe-se a importância dada a este tema na medida em que os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) sinalizam a necessidade de contextualização sociocultural no Ensino de Ciências (Brasil, 2002), bem como na Matriz Curricular do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), que coloca como competência para Ciências da Natureza e suas Tecnologias:

“Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.” (BRASIL, 2009).

No Ensino Superior (ES) as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Ciências Biológicas, Física e Química (Brasil, 2001a, 2001b e 2001c), sinalizam a necessidade de os profissionais dessas áreas compreenderem a Ciência

como um processo histórico de construção de conhecimento. Aparentemente, os cursos de graduação nas áreas de Ciências têm contemplado em seus currículos disciplinas a respeito dessa temática (Martins, 2006; Pereira; Martins, 2011), embora estas ainda busquem um espaço mais significativo nos cursos de graduação.

Inserir tópicos de História e de Filosofia no Ensino de Ciências não irá resolver todos os seus problemas, muito menos substituir o Ensino das Ciências, mas pode auxiliar na superação de diversas dificuldades pelas quais passa a educação científica (Martins, 2006). Segundo Matthews (1995), embora a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência não resolvam todos os problemas do Ensino de Ciências, podem auxiliar a resolvê-los na medida em que:

“... 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 de 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, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.” (MATTHEWS, 1995, p.165).

A importância da consideração de elementos de HFC no ensino parece ser praticamente consensual¹ entre pesquisadores da área de Ensino de Ciências que primam por estabelecer uma visão mais adequada da Ciência, buscando a superação de algumas visões não adequadas da Ciência, que muitas vezes acabam, ainda que involuntariamente, sendo disseminadas no próprio Ensino Científico. Algumas dessas visões são elencadas por Gil-Perez e colaboradores (2001), a partir de um levantamento das principais deformações da ciência apresentados na literatura associado e de uma pesquisa com professores sobre quais seriam essas visões:

1. *Visão empírico-indutivista e ateórica*: esquece o papel essencial das hipóteses e da construção de um corpo coerente de conhecimentos (teoria), destacando o papel neutro da observação e da experimentação.

¹ Entre pesquisadores de diversas áreas há opiniões contrárias a inclusão de história no ensino científico. Ver, por exemplo: Matthews (1995), Silva (2010a e b).

2. *Visão rígida*: apresenta o método científico como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente, transmitindo uma visão rígida, algorítmica, exata, infalível.

3. *Visão aproblemática e ahistórica*: transmite apenas os produtos da ciência, sem mostrar quais foram os problemas que geraram sua construção, sua evolução, suas dificuldades, etc. Omitindo também as limitações dos conhecimentos atuais e as perspectivas abertas.

4. *Visão exclusivamente analítica*: destaca a necessária divisão parcelar dos estudos, o seu carácter limitado, simplificador. Entretanto, não menciona os esforços posteriores de unificação ampliação dos conhecimentos mediante relações entre diferentes campos.

5. *Visão acumulativa, linear*: os conhecimentos aparecem como fruto de um crescimento linear e cumulativo, ignorando o complexo processo que envolve o empreendimento científico.

6. *Visão individualista e elitista*: Os conhecimentos científicos são associados a obras de gênios isolados, deixando de lado o papel do trabalho coletivo e cooperativo. Ignora-se assim que resultados obtidos individualmente não podem confirmar ou refutar teorias.

7. *Visão socialmente neutra*: esquece as complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade, livrando os cientistas da tarefa de fazer escolhas.

Não há uma maneira definitiva para enunciar o que é Ciência. Martins (1999) coloca três dimensões para esta pergunta: uma *empírica* que equivaleria a perguntar o que tem sido a Ciência? Uma *axiológica* que equivaleria a o que deve ser a Ciência? E uma *analítica* que equivaleria a o que deveria (ou não deveria) ser a Ciência? Para o autor, os enfoques axiológicos e analíticos são importantes, pois discutem o problema da demarcação e podem contribuir na orientação e avaliação das pesquisas no sentido de aumentar seu valor científico. No entanto, para Forato (2011) esses enfoques não dão conta de aspectos que apresentem a construção sócio-histórica do conhecimento, a dimensão humana da ciência, a impossibilidade de observações neutras e outros aspectos a serem contemplados na educação científica. Portanto a dimensão empírica parece ser a que dá conta de uma apresentação da dimensão cultural e temporal da Ciência, sendo a mais adequada ao enfoque educacional.

1.2. Dificuldades para consideração da dimensão histórica no ensino

Para o trabalho prático, Martins (2007) salienta que há duas alternativas para se pensar a HFC no ensino: pode ser tomada como *conteúdo*, em si, das disciplinas científicas ou como *estratégia* didática facilitadora na compreensão de conceitos, modelos e teorias. As duas alternativas têm prós e contras, por exemplo, utilizar HFC como conteúdo esbarra em considerações de professores, de ordem mais prática, como a carga horária insuficiente para se trabalhar estes assuntos nas disciplinas. Ou, se pensarmos em utilizar HFC como estratégia, pode-se acabar subordinando a História da Ciência “aos objetivos de um ensino preocupado unicamente com um melhor aprendizado de conceitos científicos” (Peduzzi, 2001, p.156).

De maneira geral, um dos principais empecilhos para a inserção e consolidação do uso de elementos de HFC nas salas de aula de Ciências parece ser a falta de materiais didáticos para utilização no Ensino. Não há uma resposta definitiva sobre como trabalhar esses temas em sala de aula, ou uma receita pronta para a elaboração desses materiais, de forma que não se torna trivial a tarefa de levar esse tema para a sala de aula. Em uma pesquisa realizada por Martins (2007), entre licenciandos, professores de Educação Básica e alunos de pós-graduação, foram eleitas como maiores dificuldades para a consideração de HFC no ensino, respectivamente: falta de material adequado; os currículos e as necessidades que eles impõem; falta de tempo; resistência da comunidade escolar; falta de preparo do professor, entre outros.

Diante disso, pareceu pertinente investigar como as pesquisas no Ensino de Ciências em geral e, em especial, de Física têm contemplado pesquisas com a HFC em situação de sala de aula. Para tanto, diversos estudos (Schirmer; Rosa; Sauerwein, 2011; Schirmer; Sauerwein, 2011a, Schirmer; Sauerwein, 2011b, Schirmer; Sauerwein, 2011c) foram realizados junto ao grupo de pesquisa Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências (mpEAC) visando verificar o que tem sido foco nos trabalhos relacionados à HFC, apresentados em congressos e publicados em periódicos da área e em que medida as pesquisas publicadas em periódicos e apresentadas em anais de congressos têm foco nas situações de sala de aula. Os resultados desses trabalhos estão resumidos a seguir.

Há de se ressaltar que a falta de materiais didáticos não é a única dificuldade para ampliar o uso de HFC em sala de aula. Para Silva (2010) a efetivação da HFC em sala de aula apresenta diversos obstáculos a serem enfrentados além da falta de material didático e a ausência de conteúdos relacionados à HFC na formação de professores:

“É preciso levar em conta vários obstáculos, como: a existência de uma cultura sobre o que é ensinar física, que difere em muito da cultura de se ensinar outras disciplinas; as atitudes e crenças epistemológicas de professores de física; a existência de vínculos institucionais que limitam a inserção de conteúdos de HFC, principalmente os relacionados com o cumprimento de um currículo repleto de conteúdos específicos que pouco valoriza conhecimentos históricos sobre natureza da ciência e processuais; e, finalmente o fato de este tipo de conteúdo não ser cobrado em exames oficiais e vestibulares.” (SILVA, 2010, p.81)

Para a superação desses obstáculos é preciso que os professores de Ciências naturais adquiram uma visão mais ampla sobre o que ensinam, e um primeiro passo para isso vem sendo dado, com a inserção de disciplinas que contemplam as dimensões históricas das Ciências. Para Martins (2007), a inserção de disciplinas sobre HFC no Ensino Superior não é suficiente para superar essas dificuldades, pois é necessária uma reflexão sobre como fazer, expondo tanto a perspectiva do uso do tema como conteúdo quanto como estratégia didática e associando a campos como a pedagogia, pois em nada resolve conhecer o conteúdo, ainda que este seja sobre HFC, sem os conhecimentos pedagógicos necessários a prática docente.

1.3. HFC nos periódicos e nos eventos

A falta de material didático para a implementação no Ensino sobre HFC é, sem dúvida, uma das maiores dificuldades que se impõem a incorporação desse tema nas salas de aula de Ciências. O trabalho junto ao grupo de pesquisa Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências (mpEAC) prevê a constituição, implementação e avaliação de propostas didáticas próprias elaboradas pelos integrantes do grupo. Sendo assim, antes de iniciar a proposição das atividades sobre HFC que seriam implementadas durante a realização deste estudo pareceu

importante verificar na literatura quais são os principais focos das pesquisas sobre a HFC publicados tanto em periódicos de Ensino de Ciências e de Ensino de Física, quanto em eventos dessas áreas.

A seguir, são apresentados os resultados obtidos em levantamentos realizados entre os anos de 2001 e 2010 nos principais periódicos e eventos de Ensino de Física e de Ciências do país. O período foi delimitado de forma a constituir um panorama das pesquisas que contemplam aspectos de HFC, em especial, as que apresentam propostas para a sala de aula, na década anterior ao estudo.

1.3.1. HFC em periódicos e eventos de Ensino de Física

Os eventos na área de Ensino Física têm aberto um espaço específico para a área de HFC, proporcionando mesas de discussão e sessões de trabalhos sobre o tema. Iniciou-se a pesquisa nos eventos de Ensino de Física nacionais, mais especificamente pelos dois maiores, organizados pela Sociedade Brasileira de Física (SBF): o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), que é bienal, ocorrendo em anos ímpares, e é um dos maiores eventos de Ensino de Física do Brasil e congrega alunos e professores dos diversos níveis de ensino, interessados em debater questões relacionadas ao ensino e aprendizagem de Física, à pesquisa realizada no campo de investigação do Ensino de Física e à formação de profissionais para atuarem nesse campo, quer como docentes ou como pesquisadores; o Encontro de pesquisa em Ensino de Física (EPEF), também bienal, o qual até 2010 ocorreu em anos pares e tem como objetivo trazer para discussão as diferentes pesquisas desenvolvidas pela área no Brasil, sistematizar seus avanços e progressos, assim como identificar e discutir as grandes preocupações e dificuldades do Ensino da Física e a integração com a comunidade nacional e internacional.

Além dos eventos, também foram analisados periódicos nacionais de Ensino de Física, no caso, a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), que é uma publicação trimestral mantida pela SBF e se dedica aos aspectos culturais e instrucionais da Física, visando atingir um público abrangente formado por

pesquisadores, alunos de pós-graduação, professores de Física em todos os níveis, e a comunidade que atua na pesquisa e desenvolvimento de metodologia e materiais para o ensino no país, bem como atuar na divulgação da Física e Ciências afins. Também foram analisadas as publicações do Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), que é um periódico quadrimestral, de circulação nacional e com penetração em países cujo idioma é o espanhol, voltado prioritariamente para os cursos de formação de professores de Física. Tem por objetivo promover uma disseminação efetiva e permanente de experiências entre docentes e pesquisadores, visando a elevar a qualidade do ensino da Física tanto nas instituições formadoras de novos professores quanto nas escolas em que esses docentes irão atuar.

A ideia inicial era contemplar todos os eventos e exemplares das revistas a partir do ano 2000, no entanto algumas atas ou programas dos eventos não foram encontrados na Internet. Assim, foram analisados os trabalhos apresentados nos SNEF de 2003, 2005, 2007 e 2009. Nos EPEF de 2002 a 2010 e os periódicos RBEF e CBEF de 2000 a 2010.

Primeiramente tratou-se de percorrer todos os trabalhos selecionando os que se relacionavam à HFC. Apesar de haver seções específicas nos Eventos para o tema, foram verificadas as outras temáticas de cada ano, pois foi diagnosticado durante o levantamento que alguns trabalhos relacionados à HFC encontravam-se em outras sessões como as destinadas à interdisciplinaridade e artes, por exemplo. A área temática referente à HFC nos eventos é denominada “História, Filosofia e Sociologia da Ciência e o Ensino de Física”, com algumas variações conforme o ano e o evento. Também na RBEF, que possui uma seção exclusiva para HFC e afins, foram encontrados trabalhos relacionados ao tema em outras seções.

Foram selecionados trabalhos que citassem termos relacionados à HFC no título, no resumo ou, quando necessário, foi feita uma leitura do trabalho inteiro para verificar se a relação existe. Esses resultados encontram-se na tabela 01.

Tabela 1 – Total de trabalhos nos eventos e periódicos e trabalhos relacionados à HFC.

Evento/Periódico	Total de Trabalhos	HFC	%
SNEF	1486	105	7,06
EPEF	652	89	13,6
CBEF	323	57	17,6
RBEF	629	102	16,4
TOTAL	3090	353	11,5

O número de trabalhos pode ser considerado razoável, levando-se em conta as diversas linhas de pesquisa que permeiam o ensino de Física. Nos EPEF e SNEF, por exemplo, são 10 e 11 áreas temáticas, nesse sentido mais de 10% é uma porcentagem razoável para trabalhos relacionados à HFC. Nesse sentido, apenas o SNEF apresentou uma baixa porcentagem de trabalhos relacionados à HFC. Isso pode em parte ser justificado por se tratar de um evento que não trata apenas de pesquisa e em grande parte os trabalhos são elaborados por alunos e professores. E como já foi colocado a HFC ainda parece distante das salas de aula ocasionando pouco contato desses com o assunto.

A partir daí, foi identificado o assunto em termos da Disciplina de Física (tabela 02) com que se relacionavam os trabalhos. Para isso dividimos os assuntos em seis tópicos tradicionalmente utilizados nesta disciplina: Mecânica, Termodinâmica, Ondas e Ótica, Eletromagnetismo, Física Moderna e Contemporânea (FMC) e mais um Tópico chamado de não definido (ND) que contempla trabalhos que apresentam mais de um destes tópicos, ou não tem um tópico definido como pesquisas sobre influência da HFC no Ensino de Física (EF), sua importância, aspectos ou formação de professores por exemplo.

Tabela 2 – Trabalhos relacionados à HFC em termos dos assuntos abordados

ASSUNTO	SNEF	EPEF	CBEF	RBEF	TOTAL
Mecânica	31	11	15	17	74
FMC	18	13	10	31	72
Eletromagnetismo	10	14	4	12	40
Termodinâmica	5	5	2	14	26
Ondas/Ótica	5	12	-	6	23
ND	36	34	26	22	118

Com esses dados, pudemos perceber que alguns temas têm sido privilegiados, como FMC e Mecânica. Também se pode perceber que há muitos trabalhos classificados como *não definidos* (ND), nesse sentido podemos inferir a partir do que se percebeu durante o levantamento que se deva a um grande número de trabalhos sobre currículo, formação de professores e subsídios metodológicos e epistemológicos.

Na sequência do trabalho, foi verificada a relação que os trabalhos têm com a HFC e para sistematizar essas buscas foram criadas sete categorias sobre essas relações:

- *Proposta didática implementada*: abarca trabalhos com propostas implementadas em sala de aula.
- *Proposta não implementada*: abrange propostas didáticas para a sala de aula não implementadas no ensino.
- *Subsídios, contribuições ou narrações históricas*: abarcam trabalhos apontam algumas implicações para o ensino como trabalhos sobre narrações de episódios históricos, subsídios metodológicos ou epistemológicos, traduções de artigos entre outros.
- *Pesquisas em periódicos e eventos*: engloba levantamentos sobre trabalhos em periódicos e eventos.
- *Pesquisas em Livros Didáticos*: abrange trabalhos que apresentam pesquisas em livros didáticos (LD).
- *Pesquisa sobre concepções*: abarca os trabalhos sobre pesquisas de concepções, opiniões ou práticas de estudantes, professores ou outros atores do processo.

Essas categorias foram agrupadas em relação à natureza de suas propostas quanto à implementação e/ou consolidação do uso de HFC no EF: *Propostas para a Sala de Aula* ou *Subsídios para a implementação de HFC no Ensino*, na tabela 3. Dessa forma pode-se ter uma ideia do número de trabalhos que apresentam propostas para o uso de HFC em sala de aula e os que subsidiam este uso.

Tabela 3 – Distribuição em termos de categorias e natureza dos trabalhos.

Natureza da proposta	Categorias	SNEF	EPEF	CBEF	RBEF	Total	Total por Natureza
Propostas para Sala de aula	Proposta didática implementada	19	10	3	3	35	56
	Proposta não implementada	10	5	3	3	21	
Contribuições e subsídios para o uso de HFC no Ensino	Subsídios, contribuições ou narrações históricas	48	32	41	80	201	297
	Pesquisas em periódicos e eventos	2	2	1	-	5	
	Pesquisas em LD	7	13	5	15	40	
	Pesquisa sobre concepções	19	27	4	1	51	

Essa distribuição permite que se perceba a discrepância entre a quantidade de trabalhos voltados para a sala de aula e a quantidade de trabalhos que apresentam contribuições e subsídios para a inserção/consolidação da HFC no Ensino de Física, constituindo-se por trabalhos mais teóricos. Dentre os trabalhos classificados como subsídios, há um grande número de trabalhos envolvendo pesquisas em LD o que demonstra que há uma preocupação em avaliar como estes materiais trazem os conhecimentos sobre HFC. Outra categoria que se destaca é a que engloba pesquisas sobre concepções, um número elevado desses levantamentos está relacionado com as concepções de Natureza da Ciência² (NdC), que se apresenta como um assunto com grande ênfase nos trabalhos com História da Ciência em pesquisas bibliográficas recentes (Forato, 2009; Moura, 2008).

A fim de continuar a avaliação enfocando as propostas para a sala de aula, foram verificados os principais assuntos de Física tratados por estas propostas. Para tanto, os estudos foram classificados entre os tradicionais tópicos de Física: Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo, Ótica e ondas e outra categoria

² Para maiores esclarecimentos sobre Natureza da Ciência ver, por exemplo: Forato (2009) e Silva (2010a e b).

denominada de sem definição para trabalhos que abordavam vários assuntos ou mesmo nenhum tópico específico. Esse resultado encontra-se na tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição dos trabalhos relacionados à HFC em termos dos assuntos.

ASSUNTO	NÚMERO DE TRABALHOS
Mecânica	18
FMC	11
Eletromagnetismo	8
Ótica/Ondas	5
Termodinâmica	2
Não Definidos / Mais de um Assunto	12

Nessa distribuição, percebe-se que entre as propostas para o uso de HFC em aulas de Física, alguns temas como Mecânica e FMC têm sido privilegiados, seguindo a tendência do total de trabalhos sobre este tema conforme os dados da tabela 2. Também se pode ver que os conteúdos de Termodinâmica, Ondas e Ótica têm sido pouco explorados nessas propostas. Embora se deva analisar essa distribuição com cautela, podemos associar esse resultado com uma pesquisa realizada por Martins (2007) entre professores, estudantes em estágio e participantes de um curso intitulado Tópicos de História e Filosofia da Física na qual se questionava quais seriam conteúdos mais fáceis de serem trabalhados incorporando elementos de HFC verificou que a grande maioria indica maior facilidade com Mecânica, seguida por FMC. Para este autor, esse resultado pode “refletir a maior ou menor existência de textos e materiais didáticos acessíveis acerca de cada um desses conteúdos” (MARTINS, 2007, p.124).

1.3.2. HFC em periódicos de Ensino de Ciências

Com a ideia de traçar um panorama dos artigos relacionados à HFC que vêm sendo publicados em revistas especializadas em Ensino de Ciências, verificando em

que medida as pesquisas da área tem se preocupado em levar materiais relacionados a este tema para a sala de aula foram selecionados os periódicos da área de Ensino, mais especificamente os que tratam do Ensino de Ciências, com melhor avaliação pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES³. Assim foram analisados os periódicos com classificação A1 e A2, conforme classificação no triênio 2007-2009, dentre estes a revista Ciência e Educação, a revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, a revista Investigações em Ensino de Ciências e a Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. É importante salientar que as quatro revistas disponibilizam gratuitamente suas publicações em seus sites na internet.

A revista Ciência e Educação (C&E) é uma publicação, atualmente quadrimestral, do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da UNESP, Campus de Bauru e tem como missão publicar artigos científicos sobre resultados de pesquisas empíricas ou teóricas e ensaios originais sobre temas relacionados à Educação Científica. A revista tem, ainda, como responsabilidade disseminar a pesquisadores, professores e alunos dos diversos níveis de ensino, bem como aos interessados em geral, a produção nacional e internacional nesta área de pesquisa. A revista Ensaio Pesquisa em educação em ciências (Ensaio) é uma revista quadrimestral (a partir de 2010), arbitrada, iniciativa de docentes que atuam no Centro de Ensino de Ciências e Matemática e também no Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. O projeto de edição da Revista concretiza uma antiga necessidade de disseminação do conhecimento produzido no Centro e na pós-graduação em um veículo específico na língua portuguesa assim, o propósito da revista é estimular os autores a transcender o local e o específico a fim de produzir conhecimento. A revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) tem apoio do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e sua periodicidade é de três números por ano, em abril, agosto e dezembro. A IENCI é uma revista voltada exclusivamente para a pesquisa na área de

³ A avaliação de Periódicos, chamada Sistema de Avaliação e Qualificação, o Qualis Periódicos leva em conta necessidades específicas da área de Ensino, bem como as decisões do Conselho Técnico Consultivo do Ensino Superior (CTC – ES) e as regras de avaliação da Capes. Os periódicos são classificados em sete estratos conforme a pontuação em relação aos critérios estabelecidos para a área. Em ordem decrescente os estratos são: A1, A2, B1, B2, B3, B4, B5, Para mais informações consultar: <http://qualis.capes.gov.br/arquivos/avaliacao/webqualis/criterios2007_2009/Criterios_Qualis_2008_46.pdf> Acesso em 05/07/2011

ensino/aprendizagem de ciências (Física, Química, Biologia ou Ciências Naturais quando enfocadas de maneira integrada). A Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC) é uma publicação, quadrimestral, da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) e tem como objetivo disseminar resultados e reflexões advindos de investigações conduzidas na área de Educação em Ciências.

Primeiramente tratou-se de percorrer todos os artigos publicados entre os anos de 2001 a 2010, disponíveis nos sites das revistas, selecionando os que se relacionavam à HFC. Foram selecionados artigos que citassem termos relativos à HFC no título, no resumo, nas palavras-chave ou quando necessário, foi feita uma leitura do trabalho inteiro para verificar se a relação existe. A partir daí, foi identificada a possível disciplina a que estão associados os trabalhos relacionados à HFC. Os outros procedimentos foram idênticos aos já citados no levantamento realizado nos periódicos e eventos de Ensino de Física.

Durante este levantamento dos trabalhos relacionados à HFC, foram percorridos 847 artigos publicados entre 2001 e 2010 nos periódicos selecionados. Foram explorados todos os números, exceto o número 3 do volume 10 da RBPEC, que até a presente data não está disponível no site da revista. O número de trabalhos totais e os relacionados à temática HFC encontram-se na tabela 5.

Tabela 5 – Total de trabalhos nos periódicos e trabalhos relacionados à HFC.

Periódico	Total de trabalhos (2001-2010)	Total de trabalhos relacionados à HFC	% de trabalhos relacionados à HFC
C&E	322	66	20%
IENCI	176	24	14%
ENSAIO	158	19	12%
RBPEC	191	14	7%
Total	847	123	15%

Percebe-se que há um número grande de artigos relacionados ao tema, chegando a mais de 20% na revista C&E. Em relação a todos os artigos analisados 15% estão relacionados ao tema, o que representa um valor interessante para a área, pois se levarmos em conta, por exemplo, o maior evento de Ensino de

Ciências o Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC), este apresenta 14 áreas temáticas, dentre as quais HFC. Ou seja, uma temática que apresente 15% dos trabalhos é uma área que se destaca no Ensino de Ciências.

Durante o levantamento foi identificada a disciplina a que se relacionava o trabalho, de forma a mapear os artigos referentes à HFC nas diferentes áreas que compõem a Pesquisa no Ensino de Ciências. Essa identificação ocorreu a partir do título, palavras-chave, resumo ou mesmo da procura no texto. As disciplinas associadas aos trabalhos foram física, química, biologia e geologia, e alguns trabalhos apresentavam relação com mais de uma disciplina ou não tinha uma definição sobre disciplina. Esses trabalhos foram classificados como sem definição (SD) representando que não possuem uma definição de disciplina relacionada. Os resultados dessa distribuição encontram-se na tabela 06.

Tabela 06 – Trabalhos relacionados à HFC em termos de disciplinas.

Periódico	Física	Química	Biologia	Geologia	SD
C&E	24	6	7	4	25
IENCI	14	3	6	-	1
ENSAIO	6	1	3	-	9
RBPEC	9	1	3	-	1
Total	53 (43%)	11 (9%)	19 (16%)	4 (3%)	36 (29%)

Com esses dados, se pode perceber que a quase a metade dos trabalhos de pesquisa publicados no período avaliado apresenta-se relacionado à Física. Também se pode notar que há muitos trabalhos sem uma definição de disciplina associada, o que pode ser interpretado como artigos que levam em conta assuntos teóricos que tratam de temas mais amplos associados à HFC.

A seguir, é apresentada (tabela 7) a distribuição dos artigos em termos das categorias criadas, bem como o agrupamento destas em termos das suas relações com a inserção/consolidação da HFC no ensino.

Tabela 7 – Distribuição em termos de categorias e natureza dos trabalhos.

Natureza da proposta	Categorias	C&E	IENCI	ENSAIO	RBPEC	Total	Total por Natureza
Propostas para Sala de aula	Proposta didática implementada	2	4	3	2	11	17
	Proposta não implementada	4	1	1	-	6	
Contribuições e subsídios para o uso de HFC no Ensino	Subsídios e contribuições	44	4	9	3	60	106
	Pesquisas em periódicos e eventos	2	-	-	-	2	
	Pesquisas em LD	8	2	2	3	15	
	Pesquisa sobre concepções	6	13	4	6	29	

Dos 17 artigos que apresentam propostas para a sala de aula, 14 estão associados à disciplina de Física, dois a Biologia e um a Química, o que denota que entre os pesquisadores dessa área a preocupação com inserção e avaliação de materiais sobre HFC tem sido contemplada nas pesquisas. No entanto, a distribuição da tabela 03 permite que se perceba a discrepância entre a quantidade de trabalhos voltados para a sala de aula e a quantidade de trabalhos que apresentam contribuições e subsídios para a inserção/consolidação da HFC no Ensino. Dos trabalhos analisados 17 dos 123 (aproximadamente 14%) apresentaram propostas para a sala de aula, sendo que apenas 11 dos 123 (aproximadamente 9%) artigos apresentaram propostas implementadas em situação de sala de aula. Nesse sentido, percebe-se que ainda há poucos artigos avaliando a inserção do tema no ensino o que evidencia que a produção de materiais para implementação no ensino parece ser preterida, culminando na escassez destes materiais, que são fundamentais para a que o tema seja efetivamente incorporado em aulas de ciências.

1.3.3. Algumas características das propostas para a sala de aula

Utilizando os resultados dos estudos apresentados anteriormente, foram traçadas algumas características das pesquisas realizadas em condições de sala de aula que foram publicadas entre os anos de 2001 e 2010 nos principais periódicos de Ensino de Ciências e de Ensino de Física do país, buscando assim traçar algumas características das propostas implementadas em aulas de Ciências. Para um aprofundamento sobre as propostas concretizadas em situação de sala de aula foram utilizados os trabalhos selecionados e classificados como propostas implementadas em sala de aula, de forma que o foco se dará nos seis artigos selecionados nos periódicos de Ensino de Física e nos 11 artigos selecionados nos periódicos de Ensino de Ciências, totalizando 17 artigos (as referências destes encontram-se no apêndice A). Estes artigos foram lidos e para cada um foram realizadas observações sobre os recursos didáticos utilizados e as avaliações realizadas.

Como mencionado anteriormente, 16 desses artigos estão relacionados à Física e um a Biologia, o que indica a preocupação dos pesquisadores do Ensino de Física em levar para a sala de aula temas relacionados à HFC, ou ao menos em publicar esses resultados nos periódicos analisados. Quanto ao nível de Ensino onde as pesquisas foram realizadas, dos 17 artigos, 10 foram realizadas no Ensino Médio e sete no Ensino Superior. É interessante notar que todos os seis artigos dos periódicos de Ensino de Física apresentavam as pesquisas em salas de aula do Ensino Médio, enquanto nos artigos dos periódicos de Educação em Ciências há uma prevalência de trabalhos (sete artigos) realizados junto ao Ensino Superior.

Para traçar algumas características das propostas de utilização de HFC levadas para a sala de aula relatadas nesses artigos, foram considerados como foco os recursos didáticos envolvidos, que nesse caso são predominantemente textos. Em uma análise inicial, constatou-se que 12 dos 17 trabalhos apresentam esse recurso nas atividades propostas. São textos de diversos tipos, tais como textos elaborados pelos autores (Guerra; Reis; Braga, 2004; Dia; Santos; Souza, 2004, Covolan; Silva, 2005, Peduzzi 2003), textos paradidáticos (Köhnlein; Peduzzi, 2005 e Medina; Braga, 2010), textos diversos sobre HFC (Massoni; Moreira, 2007 e Gatti; Nardi; Silva, 2010), textos originais de cientistas (Guerra; Reis; Braga, 2004 e

Soares; Coutinho 2009), artigo de periódico (Teixeira, et alli, 2010) e texto extraídos de livros didáticos (Hülsedeger, 2007). Com isso apresenta-se a seguir um breve resumo destes trabalhos e algumas considerações sobre o uso deste recurso didático relacionado à HFC.

Além dos textos, outros recursos foram utilizados nas propostas apresentadas nos artigos analisados, como em Guerra; Reis; Braga (2004) onde são citadas imagens, poesias, contos, discussão de filmes e peças de teatro em parcerias com professores de outras disciplinas como História, Filosofia, Literatura e Artes. Outro recurso utilizado nos trabalhos foram filmes e documentários (Medina; Braga, 2010, Guerra; Braga; Reis, 2007 e Silva; Nardi; Laburú, 2008). Nos trabalhos de Guerra; Reis; Braga (2004), Magalhães; Santos; Dias (2002) e Silva; Nardi; Laburú (2008) constata-se o uso de experimentos. Já em Guerra; Reis; Braga (2004), os alunos realizam experimentos sobre eletromagnetismo subsidiados por roteiros elaborados pelos pesquisadores e contendo trechos de textos originais dos cientistas com suas conclusões originais.

Nos dezessete trabalhos analisados ficou claro que os textos são o principal recurso didático utilizado no trabalho com HFC em sala de aula. A diversidade de textos utilizados evidencia que os pesquisadores têm buscado alternativas para compor seus planejamentos didáticos em diferentes tipos de textos como, por exemplo, paradidáticos, diversos sobre HFC, originais de cientistas, artigos de periódicos e extraídos de livros didáticos. Além disso, os pesquisadores realizam a elaboração/produção de textos o que é importante para superar o que Martins (2007) constatou como principal dificuldade apontada por alunos de final de graduação e professores de Física para a utilização da HFC na sala de aula.

O que se nota é que existem necessidades diferentes para cada nível de ensino quando se fala em materiais sobre HFC. Embora em alguns casos Ensino Superior e Médio sofram das mesmas carências, a partir da análise realizada se pode perceber algumas especificidades para cada um destes níveis de escolaridade. Para o ES faltam textos sobre HFC de boa qualidade (Martins, 2006) o que pode explicar, em parte, a falta de experiências com esses materiais. Também faltam experiências com a crescente produção das pesquisas sobre o tema nas salas de aulas dos cursos de Licenciaturas como constatadas nessa análise. Além disso, existem as grandes obras, chamadas também de clássicos, que poderiam ser alvos de pesquisas no ES o que não foi constatado nos levantamentos realizados. Nesses

dois últimos casos os materiais existem, o que faltam são formas para utilizá-los e as respectivas avaliações sobre as experiências didáticas que poderiam ser realizadas. Faltam exemplos que possam servir como motivadores para novos trabalhos, onde os tradicionais manuais científicos, que definem os currículos de boa parte das licenciaturas, sejam complementares ou complementados por outros materiais.

O EM demanda materiais não tão formais quanto um artigo ou um denso livro sobre História ou Filosofia da Ciência, demanda materiais mais atrativos aos alunos, com atividades mais dinâmicas que utilizem diferentes recursos e proponham questões relevantes a um público que em geral é pouco estimulado a gostar de Ciências. A ideia de atividades mais dinâmicas é a de envolver os alunos com o trabalho e ao utilizar diferentes recursos se pode aproximar alunos com diferentes aptidões e preferências. Sendo assim, uma consideração importante, diz respeito aos outros recursos empregados nas atividades propostas nos artigos analisados como filmes, imagens e teatro, o que mostra que não são apenas textos que podem ser utilizados quando se trabalha com HFC.

A diversificação de recursos utilizados no trabalho com HFC, ou outros conhecimentos relacionados à Ciência, pode envolver uma diversidade maior de competências como interpretação, atuação, pesquisas, trabalhos em grupos entre outras capacidades de forma a atingir um número maior de estudantes que se identifiquem mais com algum ou outro recurso. Além disso, a utilização de recursos diversos pode contribuir para a composição de contexto histórico mais rico, envolvendo questões diversas sobre diferentes aspectos como arte no caso dos afrescos e pinturas utilizadas nas atividades em Guerra; Braga; Reis (2007) ou os roteiros para experimentos que contém trechos de Textos Originais de Cientistas.

A diferença entre a diversidade de recursos utilizados no EM e no ES fica clara no levantamento, pois além de textos, pouca variedade de recursos didáticos são apresentados nas pesquisas em salas de aula no ES o que pode ser associado a certa rigidez das práticas nesse nível de Ensino. Caberia perguntar se um filme não poderia constituir material para uma aula em um curso de Licenciatura em Física, Química ou Biologia? Ou se imagens como as utilizadas em Guerra; Braga; Reis (2007) não poderiam ser utilizadas no ES? Onde os professores aprendem a trabalhar com diferentes recursos didáticos?

O levantamento realizado nos periódicos proporciona um recorte, ainda que limitado sobre pesquisas que abordam HFC em sala de aula. Como já foi

mencionado, esse tema tem ganhado cada vez mais destaque em todas as esferas que envolvem a Educação em Ciências, com isso, o presente trabalho pode contribuir para que tenha uma ideia de recursos que podem ser considerados para se trabalhar o tema e de como se tem utilizado estes recursos nas pesquisas em sala de aula. Os resultados mostram boas iniciativas e uma grande diversidade de recursos didáticos que podem ser trabalhados incorporados a planejamentos didáticos e ainda trabalhados nas disciplinas de graduação como recursos possíveis para o trabalho com HFC em sala de aula.

Como na maioria dos aspectos educacionais, não há uma receita, ou um guia para compor ou utilizar recursos didáticos em sala de aula. Por isso é importante que os diferentes recursos sejam expostos a situações reais e avaliados quanto a suas possíveis contribuições e também limitações no ensino para que pouco a pouco se construam alguns parâmetros para a composição e utilização de atividades relacionadas à HFC.

Nos artigos analisados, pareceu não haver uma preocupação em avaliar as contribuições dos recursos utilizados nos trabalhos em sala de aula. O foco da maioria das avaliações encontra-se na eficiência das propostas, na “evolução” dos alunos, na comparação entre quem teve contato com elementos de HFC e quem não teve este contato o que aponta para uma atenção ao produto da implementação em detrimento do processo e dos possíveis fatores que tenham contribuído para este sucesso. E é justamente o processo de elaboração e implementação das atividades que parece importar mais a quem busca subsídios para o trabalho em sala de aula na medida em que os produtos estão associados a uma determinada realidade. Ao passo que ao conhecer o processo de elaboração e implementação de uma proposta didática, ou suas linhas gerais, acompanhados de avaliações das contribuições dos diferentes recursos utilizados nas propostas, pode-se adaptá-las diferentes realidades e salas de aula.

1.4. Aspectos curriculares: O caso específico da Licenciatura em Física da UFSM

Assuntos relacionados à HFC ganham cada vez mais espaço no Ensino Superior, com disciplina(s) específica(s) inseridas em seus currículos, no entanto, há um longo caminho a percorrer até estas chegarem a desempenhar o papel que podem ter no ensino (Martins, 2006). Faz-se necessária uma reflexão sobre como trabalhar estes temas (Martins, 2007), ou seja, não basta inserir o tema nos cursos de graduação de ciências sem uma discussão mais elaborada sobre como podem ser trabalhados com qualidade no ensino médio.

Segundo Martins (2006), as principais barreiras para a efetivação destas disciplinas são: a carência de professores com formação adequada, a falta de material adequado e o equívoco a respeito da própria natureza da ciência. No entanto, a organização curricular também parece influenciar muito nesse sentido. No curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), por exemplo, três disciplinas fazem referência a aspectos relacionados à HFC. Há uma disciplina intitulada Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física, que é obrigatória tanto para o curso de bacharelado (no 7º semestre) quanto para as licenciaturas (7º semestre para o diurno e 8º para o noturno). Ou seja, nos últimos semestres de curso, onde os licenciados já elaboraram quase todos os planejamentos didáticos que são exigidos durante o curso. Essa disciplina tem como objetivo dissertar sobre as etapas da evolução da Física desde a Antiguidade até o tempo presente, identificar os possíveis desdobramentos da ciência contemporânea. Percebe-se nesse objetivo que a disciplina ocupa-se apenas com aspectos relativos à história não explicitando o trabalho com questões filosóficas, fundamentais para a compreensão da ciência.

Aspectos relativos à HFC aparecem também nas disciplinas de Didática da I Física (3º semestre diurno e 5º noturno) e Didática II da Física (4º semestre diurno e 6º noturno), ou seja, anteriores a disciplinas relativas a planejamentos e estágios. Na didática I, a história da ciência é apresentada como metodologia de abordagem dos conteúdos de Física, no entanto, o contato com aspectos da história do empreendimento científico, que deveriam ilustrar esse tipo de abordagem, além de ignorar aspectos filosóficos encontra-se separada por vários semestres. Na didática

II o tema é incorporado a critérios para a organização de um programa de ensino médio, no entanto é de se esperar que não tenha muito sentido na medida em que até este semestre de curso o aluno tenha estudado por manuais, chamados livros didáticos que na maioria dos casos não contemplam HFC em seus textos.

Aparentemente, os cursos de Licenciatura em Física da UFSM (diurno e noturno) parecem não dar conta de articular de forma efetiva HFC aos conteúdos de Física de forma a subsidiar os futuros professores na utilização dessa perspectiva em sua prática.

Sendo assim, parece importante proporcionar aos alunos a vivência de experiências em atividades que se utilizem de aspectos da HFC voltadas ao ensino científico. Para isso, foram realizados planejamentos de atividades que pudessem contribuir para um contato, ainda que superficial, com temas relacionados à HFC. O tema escolhido para esse conjunto de atividades foi a ótica, que além de ser um assunto que acaba recebendo pouca ênfase durante o curso, apresenta alguns aspectos interessantes como descritos no capítulo 2.

2. ÓTICA: UMA LONGA HISTÓRIA

Difícilmente se consegue afirmar existir apenas uma história sobre alguma coisa, e isso não é diferente com a ótica. Talvez seja adequado iniciar este capítulo relacionando história da ótica com a curiosidade do homem, como faz Bassalo (1986) no início de três artigos, publicados no CBEF que compõem A Crônica da Ótica Clássica: “A luz sempre foi objeto de interesse por parte do Homem, desde que tomou consciência de que a noite era ausência da luz do Sol, assim como quando percebeu a existência de pontos brilhantes no céu escuro.” (BASSALO, 1986, p. 138.). Segundo este autor, em virtude de mistérios associados à luz ela foi relacionada a deuses pelas primeiras civilizações, como os egípcios que denominavam a luz de Maât, filha de Rá, o Deus Sol. Essa visão mítica sobre os fenômenos naturais passa a ser substituída somente a partir dos Antigos Gregos como aponta Martins (1994):

“Entre os séculos IX e VI antes da era cristã, o mundo grego passou por uma profunda transformação. Ocorreu uma ampla mudança política, social, religiosa e cultural, envolvendo múltiplos fatores que não são ainda totalmente compreendidos. Por um lado, o contato comercial – e cultural – muito intenso com outros povos, nesse período, trouxe ao mundo grego uma variedade de idéias que passaram a ser confrontadas com o pensamento tradicional. [...] Surgiram novos valores, e uma sociedade mais aberta, pessoas mais confiantes em seu próprio poder individual, com um enfraquecimento de toda a tradição cultural e do respeito pelos mitos, pela religião, pela autoridade antiga. Em meio a todo esse amplo processo cultural, que envolveu uma crítica racional dos mitos (já apontada no capítulo 2), houve também o aparecimento de algo novo: o despertar da filosofia como algo novo, independente, que procurava fundamentar-se apenas no pensamento, na razão.” (MARTINS, 1994, p.34).

As descrições de fenômenos naturais começam assim a ser descritos mediante raciocínios lógicos e a luz como um fenômeno desde sempre fascinante torna-se alvo de diversas especulações, dando início a descrições que culminaram no que chamamos hoje de ótica geométrica.

Conforme Barros e Carvalho (1998) é comum se atribuir ao século XVII o surgimento da ótica geométrica tal como a conhecemos nos dias de hoje. No entanto, para estas autoras, a ótica geométrica tem suas raízes em especulações muito mais remotas, feitas pelos principais pensadores da Antiguidade, e remonta a vinte longos séculos de discussões. No entanto, as discussões até o século XVI

foram mais fecundas em termos de descrições de propriedades da luz, com tratamentos lineares e geométricos, e com o desenvolvimento de aparatos, do que em termos de se definir a natureza da luz, que se dá quase que exclusivamente em termos metafísicos (Vannucchi, 1996). É a partir século XVII que discussões sobre a natureza da luz tomam corpo e protagonizam um episódio extremamente rico em torno da discussão sobre a natureza da luz, o que faz com que a esse período acabe sendo atribuído o início da história da ótica.

2.1. Uma perspectiva Kuhniana

Para Thomas Kuhn, a Ciência não se desenvolve de modo linear, trata-se uma sucessão de rupturas que ele chama de revoluções científicas precedidas por períodos onde se constatam anomalias, que culminam com o estabelecimento de um paradigma que caracterizaria um período de ciência normal. Dessa forma, pode-se resumir em períodos de ciência normal/anomalia/revolução científica/estabelecimento de um novo paradigma/ciência normal.

Conforme escreve Kuhn em sua obra *A Estrutura das Revoluções Científicas* a história da ótica representa um padrão, ainda que com variações, para a história de qualquer grupo de fenômenos interligados. Esse padrão consiste em uma sucessão do que Kuhn chama de paradigmas⁴, que correspondem a um conjunto de compromissos ou adesões – conceituais, teóricas, metodológicas e instrumentais, padronizados mediante realizações científicas universalmente reconhecidas que durante certo tempo proporcionam modelos e soluções a uma comunidade científica, caracterizada justamente por compartilhar um paradigma. Para o autor o estabelecimento de um paradigma seria um sinal de amadurecimento de um campo científico, pois anteriormente a existência de paradigmas as atividades desse campo seriam caracterizados por um período onde cada autor sente-se obrigado a construir seu campo de estudos desde seu fundamento. A escolha de observações e experiências que sustentam essa reconstrução é relativamente livre, não havendo qualquer conjunto padrão de métodos ou de fenômenos a empregar ou explicar, o

⁴ Na obra citada de Kuhn há múltiplas definições de paradigma. Para uma análise detalhada dos vários sentidos em que Kuhn utiliza o termo 'paradigma', ver Masterman, (1979).

que muitas vezes pode fazer com que diversos fatos pareçam ter a mesma relevância para o desenvolvimento da área. Além disso, a coleta de dados fica restrita aos dados mais facilmente acessáveis, sendo que não há motivos para procurar informações recônditas.

“A pesquisa eficaz raramente começa antes que uma comunidade científica pense ter adquirido respostas seguras para perguntas como: quais são as entidades fundamentais que compõem o universo? como interagem essas entidades umas com as outras e com os sentidos? que questões podem ser legitimamente feitas a respeito de tais entidades e que técnicas podem ser empregadas na busca de soluções?” (KUHN, 1987, p.23).

Nesse período pré-paradigmático podem surgir diversos candidatos a paradigma e a escolha entre eles não é trivial, envolvendo alguns fatores não mensuráveis como a simplicidade, a quantidade de problemas que estes resolvem e também a quantidade de problemas que eles propõem a serem resolvidos caso sejam adotados, entre outros.

Uma vez que estabelecido um paradigma, o campo científico passaria a um período chamado por Kuhn de Ciência Normal, onde as pesquisas são determinadas pelo paradigma vigente, que, em geral, determina quais são os problemas relevantes, os métodos de abordagem desses problemas e na maioria dos casos até a solução desses problemas. A adoção de paradigmas, em geral, leva a uma maior concentração de esforços nos problemas estabelecidos como relevantes por ele, tornando os resultados das pesquisas cada vez mais complexos e detalhados, o que muitas vezes pode levar a grandes avanços tecnológicos.

Esses períodos de *Ciência Normal* seriam intercalados por períodos de crises nas quais se questionariam as bases, tanto no âmbito científico quanto filosófico, do paradigma. Essas crises podem ou não gerar o que Kuhn (1987) chama de *Revoluções Científicas*, onde outros candidatos a paradigma surgem e em grande medida são comparados ao paradigma até então vigente, defendido, na maioria das vezes ferozmente, pelos praticantes da ciência. E, se constatado que este razoavelmente dá conta dos problemas propostos pelo paradigma anterior, resolve os impasses geradores da crise e abre margem a novos problemas ou quebra-cabeças a serem resolvidos pela comunidade científica, este acaba substituindo o paradigma anterior. Se assim for, há uma reformulação ainda que não imediata nos

problemas, nos procedimentos e questionamentos válidos para o campo científico em questão.

Para Kuhn (1987), em geral, as mudanças de paradigmas são acompanhadas por mudanças de geração, na medida em que é extremamente complicado para um praticante da Ciência em um paradigma adaptar-se a outro paradigma.

Associando essa perspectiva à história da ótica, se pode destacar que as primeiras concepções de luz dos gregos e as contribuições de trabalhos desenvolvidos por Claudio Ptolomeu (85-165), Al-Hazen (965-1038), Galileu (1564-1642), Snell (1591-1626), Descartes (1596-1650), entre muitos outros trabalhos desenvolvidos até o século XVII, constituíram a Ciência ótica em seu período pré-paradigmático, que culminou com trabalhos de Francesco Maria Grimaldi (1618-1663), Robert Hooke (1635-1703), Christiaan Huygens e Isaac Newton (1642-1727), divididos por concepções distintas e incompatíveis sobre a natureza da luz, que deram origem a dois candidatos a paradigma: uma concepção ondulatória da luz, representada principalmente por Hooke e Huygens e uma concepção corpuscular da Luz que teve em Newton seu principal representante.

A disputa entre estas teorias se dá durante o século XVII e tem nas obras de Newton e Huygens dois tratados de grande importância ao desenvolvimento da ótica: “Tratado sobre a luz” de Christiaan Huygens e “Ótica” de Isaac Newton. Essa disputa envolve não apenas a visão sobre a luz, mas sobre a própria constituição da matéria, na medida em que pressupostos utilizados para compor cada teoria têm implicações amplas como algumas que serão descritas mais adiante.

Conforme Kuhn (1987) até o século XVII nunca houve um período onde houvesse apenas uma concepção sobre a luz. Essa constatação muda a partir da morte de Hooke em 1703 e a publicação dos trabalhos de Newton em 1705 no seu Ótica, que culminam com o estabelecimento do primeiro paradigma da Ótica, composto por uma teoria corpuscular para a luz.

Esse paradigma atravessa o século XVIII, no entanto ao despertar do século XIX começam a surgir resultados que divergem da teoria corpuscular, como a avaliação do comprimento de onda da luz mediante experimento da fenda dupla por Thomas Young (1773 – 1829) e a observação da polarização por reflexão por Étienne Malus que exigia um grande esforço para ser descrita mediante a teoria corpuscular (Rocha, 2002). As dificuldades enfrentadas pela teoria corpuscular em descrever as novas formas de se obter a polarização (por reflexão por dupla

refração) e a consistência dos resultados experimentais obtidos por Young e Fresnel descritos mediante a retomada da teoria ondulatória geram o que Kuhn chama de revolução na ótica, culminando com o estabelecimento do segundo paradigma da ótica, o paradigma ondulatório, que prevalece na ótica até o final do século XIX, quando as particularidades do fenômeno do efeito fotoelétrico põem em xeque novamente os fundamentos da teoria ondulatória da luz, principalmente a partir da descrição de Albert Einstein em 1905, que propõe uma nova teoria, que em muitos aspectos remonta à concepção corpuscular da luz.

2.1.1. A ótica no período pré-paradigmático

Como mencionado anteriormente à visão mítica e religiosa sobre os fenômenos naturais passa a ser substituída a partir dos Antigos Gregos, que instituem uma forma racional para a análise dos fenômenos naturais. Os estudos relacionados à luz e visão eram compostos de diferentes preocupações, algumas mais voltadas à natureza da luz e o processo da visão, outra que tratava a luz como raios e tratava de estudar matematicamente espelhos e fenômenos relacionados à refração, havia ainda uma tradição médica preocupada com problemas dos olhos e problemas visuais e outra ligada à pintura, à escultura e à arquitetura (Bassalo, 1986; Forato, 2009). Para este trabalho interessam mais as duas primeiras, começando pela descrição das ideias a respeito da natureza da luz. Dentre elas destacam-se três visões a respeito da luz: a visão dos atomistas, a visão de Platão e a visão de Aristóteles.

Os atomistas que concebiam o mundo composto por minúsculas partículas, os átomos, que seriam indivisíveis e eternas e se agrupavam para formar toda a matéria conhecida, que seria desfeita caso os átomos fossem separados. Leucipo (480 – 420 a.C.) e Demócrito (460 – 357 a.C.), por exemplo, concebiam a luz como material (*Eidola* – uma espécie de capa) que sairia dos objetos e entraria nos olhos permitindo a visão (Forato, 2009). No entanto nenhuma delas respondia a questões como: Por que não se enxerga no escuro? As Eidolas podem se cruzar? Como a Eidola de objetos grandes diminui a ponto de poder penetrar no olho?

Mesmo entre os atomistas havia diversas variações sobre a visão e a natureza da luz, no entanto, se pode generalizar, ainda que superficialmente, afirmando que para estes a luz era algo material emanado pelos objetos e assimilado pelos olhos.

A chamada teoria dos raios visuais de Platão (428 – 348 a.C.) respondia em parte as questões que ficavam em aberto segundo a teoria dos atomistas. Para Platão, a visão de um objeto ocorria devido a três jatos de partículas: um partindo dos olhos, um segundo proveniente do objeto percebido e um terceiro vindo das fontes iluminadoras (Sol, lua, etc.) (Bassalo, 1986).

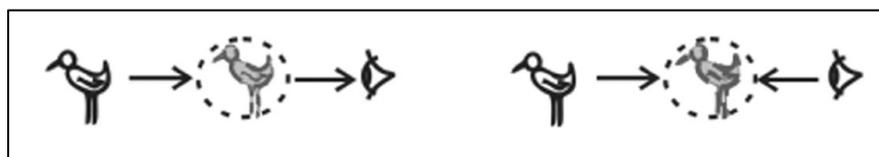


Figura 1 – Modelos de visão para Demócrito e Platão conforme García et alli, 2007.

No entanto, nem todos concordavam com essa visão atomista, de que a luz era algo material. Para Aristóteles (348 – 322 a.C.), a luz era uma atividade que ocorria em algum meio entre o objeto e o olho, tal como o som (Rocha, 2002). Para ele, a luz era uma qualidade dos corpos transparentes, que se revelava mediante claridade. Esta não poderia ser algo material, pois dois corpos não poderiam ocupar o mesmo lugar no espaço que já estava preenchido de ar. Isso explicava por que não se pode enxergar no escuro e também como dois raios podem se cruzar no espaço.

Além das ideias sobre a natureza da luz e como se dá a visão, os gregos instituíram algumas observações importantes sobre fenômenos, tratando a luz como raios. Euclides (323 – 285 a.C.), admitindo trajetória retilínea para o raio luminoso e usando seus Elementos de Geometria, apresenta corretamente a Lei da reflexão da Luz: O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, lei essa, válida quer para espelhos planos, quer para espelhos esféricos (Bassalo, 1986). Arquimedes de Siracusa (287 – 212 a.C.) faz referência a espelhos curvos, principalmente àqueles em forma de parabolóide de revolução e, inclusive os teria construído em cobre e usado para incendiar os navios romanos que sitiaram sua Siracusa, no ano 214 a.C. (Rocha, 2002).

Temos ainda trabalhos importantes como os de Ptolomeu, que estuda analiticamente o fenômeno da refração por meio de uma tabela na qual são registrados os dados referentes aos ângulos de incidência e de refração de raios luminosos que atravessam superfícies de separação entre ar- água, ar-vidro e água-vidro. Ângulos esses medidos por um aparelho bem simples que o próprio Ptolomeu inventara. Ao examinar essa tabela, o formulador do modelo geocêntrico planetário observou que, quando esses ângulos são pequenos, a relação entre os mesmos permanece constante. No entanto, para ângulos maiores, ele formulou uma lei do tipo $r = ai + b i^2$ (r = ângulo de refração; i = ângulo de incidência; a e b seriam constantes) (Bassalo, 1986).

Outra contribuição importante no período pré-paradigmático foi dada pelo árabe Al-Hazen (965-1038) em seu livro *Kitab Al-Manazer* (Tesouro da Ótica), onde completou a lei da reflexão da luz ao afirmar que o raio incidente, o raio refletido e a normal estão no mesmo plano. Ele não conseguiu formular corretamente sua lei de refração, porém, corrigiu as tabelas de Ptolomeu e ainda observou o aumento da Lua quando próxima do horizonte, e que o crepúsculo solar permanece até mesmo quando o Sol está cerca de 19° abaixo do horizonte. Conforme Forato (2009), os estudos de Al-Hazen tiveram grande influência na ótica ocidental no final do século XII e início do século XIII a partir da tradução de sua obra ao latim.

Além dos estudos e autores já citados as investigações sobre a luz apresentam diversos outros personagens, contribuições e fatores que de certa forma foram construindo a história da ótica. No entanto, essa breve apresentação, parece suficiente a nossos objetivos na medida em que as ideias posteriores se constituem em grande medida a variações das aqui apresentadas.

2.1.2. Os candidatos a paradigmas

A apresentação dessas teorias antigas torna-se importante na medida em que muitas se aproximam, guardadas as devidas proporções, das teorias que irão estabelecer os paradigmas estabelecidos a partir do século XVII.

A teoria ondulatória introduzida por Robert Hooke e Christiaan Huygens pode ser aproximada das ideias Aristotélicas de um fenômeno que ocorre entre o objeto e

o olho, algo como uma perturbação no meio que os separa. A teoria corpuscular de Isaac Newton, de certa forma relaciona-se com as teorias atomistas, concebendo a possibilidade de um espaço vazio, ou considerando que a luz era composta por algo material que se movia no espaço.

No entanto, essas duas vertentes principais que se consolidam no século XVII, não surgem de uma hora para outra e diversos fatores contribuem para os avanços dos resultados no estudo da luz. Segundo Bassalo (1986), o avanço das técnicas de polimento de vidros obtido durante a renascença permitiu que se desenvolvessem instrumentos como os primeiros microscópios e os telescópios, que viriam a ser utilizados para investigações de fenômenos físicos por Galileu Galilei (1564-1642), que fez importantes observações como as montanhas e crateras da Lua, os satélites de Júpiter, embora desacreditado por alguns adversários que afirmavam tratar-se de ilusões de ótica, já que não havia uma teoria ótica sobre o funcionamento do aparato. Essa descrição seria dada por Johannes Kepler (1571-1630).

A experimentação foi de extrema importância para a Ciência, que a partir daí começa a adquirir a forma como é concebida hoje. E é o modelo mecânico para a luz que vai se transformando em obsessão devido aos grandes resultados que esse campo apresenta nesse período – século XVI (Silva, 2007). Bassalo (1986) escreve que é no século XVII que o estudo da ótica assume caráter científico com a demonstração correta da Lei da refração da luz, feita por Willebrord Van Roijen Snell (1591-1626) em 1621 e divulgado em 1637 por René Descartes no seu *La Dioptrique*, suplemento ao famoso Discurso do Método. Neste livro, Descartes, mesmo conhecendo a realização de Snell não faz menção a seu trabalho. Segundo Rocha (2002) a definição da hoje chamada lei de Snell-Descartes ou lei dos senos foi um dos grandes momentos da ótica geométrica, permitindo a compreensão de como os raios atravessam um dioptra.

Com Descartes a ótica passa definitivamente a ser tratada cientificamente e para ele, segundo Pietrocola (1993), “a luz era uma tendência ao movimento ou pressão que se transmitia com rapidez infinita” (PIETROCOLA, 1993, p.157), essa pressão se propagaria em um *plenum*, chamado éter, que preencheria todos os espaços (Forato, 2009). Um elemento bastante significativo na obra de Descartes foi a sua definição de que a velocidade da luz seria maior em meios mais densos, o que acaba entrando em conflito com os resultados obtidos por Pierre de Fermat por

volta de 1661, que ao descrever a lei dos senos utilizando o princípio do tempo mínimo, formula a hipótese de que a velocidade da luz é menor em meios mais densos. Estava estabelecida uma controvérsia que seria completamente resolvida muito adiante com os trabalhos de Fresnel no século XIX.

Conforme Forato (2009), uma teoria atomista também esteve presente durante o século XVII, na obra do Francês Pierre Gassendi (1592 – 1655) que ao contrário de Descartes atribuía à luz ao movimento de partículas que se deslocavam em grandes velocidades. A autora afirma que essa teoria dispensava a existência de um *plenum* e durante o início do século XVII teve grande aceitação.

No século XVII, dois novos fenômenos são observados, além dos já conhecidos e estudados reflexão e refração. Em 1665, Robert Hooke publica a sua obra *Micrografia*, onde descreve fenômenos de cores produzidos por uma lâmina transparente e fina, de faces paralelas, e iluminada com luz branca. Nesse mesmo ano, é publicado postumamente o livro intitulado *Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride* de Francesco Maria Grimaldi (1618-1663), onde ele descreve um novo fenômeno de aparente curvatura da luz. Segundo Bassalo (1986) tratava-se da difração.

No entanto a explicação para estes fenômenos não era nada trivial e levou a muitas especulações e tentativas de dar uma descrição razoável sobre os mesmos.

2.1.3. As disputas entre as teorias

Uma obra de que se esperavam muitos esclarecimentos sobre a ótica no século XVII, era a obra de Christiaan Huygens, que publica um tratado (Tratado sobre a Luz) em 1690, onde utiliza as ideias de Descartes e Hooke, propondo explicações para alguns fenômenos como reflexão e refração mediante o tratamento da luz como pulsos propagando-se no éter.

Huygens já no início do texto afirma que a luz não pode ser considerada como corpúsculos em movimento:

“...quando se considera a extrema velocidade com que a luz se espalha por todos os lados e que, quando vem de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos [os raios luminosos] se atravessam uns aos outros sem se

atrapalharem [...] isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha dos objetos até nós como uma flecha ou uma bala atravessa o ar; pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz e principalmente à última.” (HUYGENS, 1986, p.12)

Nesse trecho fica claro que Huygens toma como um dos principais problemas da hipótese corpuscular o fato de os raios de luz se cruzarem sem interferirem um no movimento do outro. O autor segue, utilizando-se de uma analogia com o som para esclarecer a propagação da luz:

“Sabemos que, por meio do ar, que é um corpo invisível e impalpável, o som se propaga em toda a volta do lugar onde foi produzido, por um movimento que passa sucessivamente de uma parte do ar a outra. A propagação desse movimento se faz com igual velocidade para todos os lados e devem se formar como superfícies esféricas que crescem sempre e que chegam a atingir nossas orelhas. Ora, não há dúvida de que a luz também não venha do corpo luminoso até nós por algum movimento impresso à matéria que está entre dois – pois já vimos que isso não pode ocorrer pelo transporte de um corpo que passe de um até outro. Se a luz gasta tempo para essa passagem [...] seguir-se-á que esse movimento impresso à matéria é sucessivo e que, conseqüentemente, ele se espalha, assim como o som, por ondas esféricas. Eu as chamo ‘ondas’ por semelhança àquelas que vemos formarem-se na água quando aí se joga uma pedra [...] embora proveniente de uma outra causa...”(HUYGENS, 1986, p. 12).

Um dos problemas da teoria de Huygens consiste justamente em sua analogia com o som, na medida em que se a luz se propaga conforme o som que exige um meio para se propagar e, além disso, diante da perceptivelmente alta velocidade da luz, esse meio precisa de diversas características especiais para satisfazer as necessidades de suas suposições. Nesse sentido, Huygens faz algumas considerações sobre o éter como em relação a sua dureza onde afirma que “nada impede que imaginemos que as partículas de éter sejam de uma matéria tão próxima da dureza perfeita e de uma recuperação tão rápida quanto quisermos” (HUYGENS, 1986, p.18-9).

Embora com estas e outras dificuldades, a obra de Huygens consegue dar explicações a respeito da reflexão e da refração por meio de uma teoria ondulatória, embora ele não tratasse de ondas periódicas, mas sim de pulsos ou vibrações no éter. O que Huygens não fez foi dar explicações aos novos fenômenos observados no século XVII o que de certa forma não descredenciava sua teoria de se tornar paradigma.

Newton se mostrava insatisfeito com essas explicações e em 1704 publica o livro *Ótica*, dividido em três livros, onde Newton trata de reflexão, refração, difração (chamada por ele de inflexão) e cores da luz e ainda propunha 31 questões ao final do livro III, onde em muitas ataca diretamente a teoria ondulatória. Apesar de não descartá-la e sim de questionar a validade da mesma frente às evidências disponíveis na época.

Newton escreveu que a luz consistia em partes, como fica explícito logo na primeira página do livro I (Newton, 1996):

“Pois é evidente que a luz consiste em partes, tanto sucessivas como contemporâneas, por que no mesmo lugar podemos deter a que chega em dado momento; e ao mesmo tempo detê-la em qualquer outro lugar e deixá-la passar em qualquer outro. Pois a parte da luz que foi detida não pode ser a mesma que deixamos passar.”(NEWTON, 1996, p.39).

Além de suas convicções a respeito da natureza corpuscular da luz, no livro, Newton expõe suas experiências associadas a descrições matemáticas, o que de certa forma dá mais credibilidade do que as descrições puramente geométricas de Huygens. Além de expor suas ideias sobre a luz, Newton se ocupa em atacar a teoria ondulatória, como na questão 28 do livro III (Newton, 1996):

“Questão 28. Não são errôneas todas as hipóteses segundo as quais a luz consistiria em pressão ou movimento propagados através do meio fluido? [...] Pois pressão ou movimento não podem ser propagados em um fluido em linhas retas além de um obstáculo que intercepta parte do movimento, mas se curvarão e se espalharão em todas as direções no meio quiescente que está além do obstáculo.” (NEWTON, 1996, p.39).

Vê-se que Newton ataca diretamente a teoria ondulatória, justamente em sua base, que é a analogia com o som, utilizando o argumento da propagação retilínea que é um dos poucos consensos da época.

Argumentos como estes e o prestígio adquirido por Newton com a mecânica fazem com que a concepção corpuscular da luz prevaleça, constituindo-se assim, segundo Kuhn no primeiro da ótica. Que irá imperar durante o século XVIII, até o início do século XIX, quando começam a surgir problemas, que acabam configurando anomalias, como a falta de explicação para os novos processos para a polarização e os trabalhos de Young e Fresnel. Essas anomalias geram o que Kuhn chama de crise paradigmática, que irá culminar com a primeira mudança de paradigma na ótica.

Na proposta do trabalho para a sala de aula, além da perspectiva Kuhniana para a ótica, outros aspectos foram levados em consideração. Esses aspectos serão descritos no capítulo a seguir.

3. ASPECTOS CONSIDERADOS NA PROPOSTA

A HFC adquire importância cada vez maior na formação inicial de professores de Ciências, como já foi colocado anteriormente. Sendo assim se torna imprescindível que esse tema seja trabalhado ao longo dos cursos de graduação que, no entanto, ainda tem os conteúdos relativos à sua especialidade trabalhada a partir de manuais científicos que na maioria dos casos se encaixam em uma lógica de treinamento científico (Kuhn, 1987), sem promover uma discussão maior sobre aspectos relativos à Ciência. Em outras palavras, eles apresentam apenas os conteúdos da Ciência, deixando de lado a crescente produção de conhecimento sobre as visões da Ciência. Além disso, os conteúdos relativos a necessidades formativas dos professores em geral são trabalhados de forma separada ou posterior aos conteúdos científicos, sem uma reflexão maior sobre questões relativas à forma como o conteúdo é apresentado ou à sequência com que ele é apresentado.

A proposta desenvolvida apresenta um ensaio sobre outra possibilidade: a utilização de textos de diferentes naturezas, a fim de verificar se estes dão conta de promover um trabalho que considere discussões a respeito de conteúdos da Ciência, sobre a Ciência e que contemplem aspectos relativos a necessidades formativas dos futuros professores de Ciência. No caso dos assuntos da Ciência, são assuntos relativos à ótica, como as representações comumente utilizadas para a luz, à reflexão em espelhos planos, a importância da relação entre objeto e o princípio de Huygens. Quanto aos assuntos sobre a Ciência, são assuntos relacionados a uma desmistificação dessa atividade, trabalhando no sentido de superar visões inadequadas como algumas das referidas no capítulo 1, definidas por Gil-Perez e colaboradores (2001).

No entanto, não basta tratar dos assuntos da Ciência e sobre a Ciência se estes continuarem distantes da prática docente. É preciso associar esses assuntos com os aspectos da atividade docente. Por isso, junto ao trabalho com os conteúdos relacionados mais diretamente à Ciência, foram contemplados alguns aspectos necessários à formação de professores, como algumas das necessidades formativas elencadas por Gil-Perez e Carvalho (1993):

1. *A ruptura com visões simplistas sobre o ensino de Ciências*
2. *Conhecer a matéria a ser ensinada*
3. *Questionar as ideias de senso comum*
4. *Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências*
5. *Saber analisar criticamente o ensino tradicional*
6. *Saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva*
7. *Saber dirigir o trabalho dos alunos*
8. *Saber avaliar*
9. *Adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática*

Dessas necessidades apontadas por Gil-Perez e Carvalho (1993), algumas foram contempladas na proposta, como exposto a seguir:

- Conhecer a matéria a ser ensinada: o professor deve conhecer os problemas que originaram a construção de conhecimentos científicos, como se articularam até formarem corpos coerentes.

Entender as limitações de representações sobre a luz para a explicação de fenômenos como a refração por meio da descrição histórica, associada a outros aspectos da história da luz pode ser um bom caminho para contemplar essa necessidade.

- Questionar as ideias de senso comum: Questionar a visão simplista do que é ciência e do trabalho científico e questionar a redução habitual do aprendizado das ciências a certos conhecimentos e algumas destrezas esquecendo aspectos históricos e sociais.

A perspectiva kuhniana pode ser importante para contemplar aspectos históricos e sociais ao ensino. Além disso, discutir a presença de determinados experimentos, nomes e datas em livros didáticos de Física pode auxiliar os alunos a iniciar um processo reflexivo sobre as sequências de conteúdos que tradicionalmente se apresentam.

- Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências: o professor deve reconhecer a existência de concepções espontâneas.

A semelhança entre concepções alternativas e esquemas de pensamento encontrados durante o desenvolvimento de conhecimentos científicos fornecem evidências de que os erros dos alunos não são simplesmente indícios de ignorância (Peduzzi, 2001). O conhecimento de elementos históricos permite ao futuro professor tomar contato com a construção desses esquemas, proporcionando assim

momentos de reflexão sobre os conhecimentos empíricos, fruto de experiências reiteradas, que os alunos possuem anteriormente ao ensino científico.

- Saber analisar criticamente o ensino tradicional: o professor deve saber reconhecer as limitações dos habituais currículos enciclopédicos e ao mesmo tempo reducionistas.

Como mencionado acima, a incorporação da perspectiva kuhniana traz à tona a ideia de que a Ciência que se apresenta nos livros didáticos atuais é construída a partir de uma sequência de empreendimentos bem sucedidos da Ciência. Conhecer um pouco da História e da Filosofia da Ciência pode contribuir para que o futuro professor analise a presença de determinados experimentos, conteúdos e sequências de conteúdos nos currículos, podendo assim avaliar se realmente faz sentido o que ali se apresenta.

3.1. A HFC no planejamento da proposta

O estudo do desenvolvimento da ótica, em especial desse conflito entre as teorias corpuscular e ondulatória pode ser muito útil no ensino de Física, pois apresenta além desses diversos fatores, como aproximação de concepções históricas com concepções alternativas, disputa de paradigmas, fatores sociais influenciando a ciência, apresenta a possibilidade de se trabalhar com traduções de textos originais de cientistas muito ilustrativos como o *Tratado da Luz* de Christiaan Huygens e o *Ótica* de Isaac Newton.

No que diz respeito a assuntos de ótica, um dos aspectos que deve ser considerado na formação inicial de professores de Física é o formalismo com que se trata a ótica geométrica, que muitas vezes parece esvaziar de sentido um assunto que despertou tanta curiosidade e fascinação ao longo dos tempos. Esse formalismo faz muitas vezes os alunos se desinteressarem pelo assunto. Para Silva (2010) incluir aspectos da HFC no ensino da ótica se pode proporcionar outro direcionamento ao tratamento dando mais sentido ao estudo desse assunto.

Trabalhar as concepções de luz dos antigos gregos permite um paralelo com concepções alternativas já mapeadas na literatura (ver, por exemplo: Harres, 1993; Almeida, Cruz e Soave, 2007) e, além disso, permite ilustrar o longo período de

tempo, estudo e especulações entre algumas observações e descrições para se chegar a construções que utilizamos hoje no ensino de ótica. Como exemplo se pode citar a refração que tem suas leis definidas apenas no século XVII, embora as tentativas para sua descrição remetam à antiga Grécia.

Utilizando a história associada ao estudo de conteúdos conceituais de Física pode-se contribuir também no sentido de promover uma reflexão sobre a forma como estes se apresentam em livros texto, ilustrando a complexidade do processo que envolve a construção dos produtos da Ciência que em geral são predominantes nesses textos.

Além disso, diversos trabalhos têm mostrado que o trabalho com HFC pode contribuir para a alteração de visões inadequadas de Ciência (El-Hani et alli, 2004, Teixeira et alli, 2001 e 2009, Gatti et alli., 2010, Silva 2010). Segundo Cachapuz e colaboradores (2011) uma visão adequada de Ciência do educador pode não ser suficiente para uma boa prática, mas sem dúvida é necessária, sendo assim, trabalhar essas visões em sala de aula na formação inicial de professores parece imprescindível.

Montenegro (2005) afirma que a Ciência apresentada nos livros textos é a antítese de como a Ciência é produzida, limitando-se a uma linearidade inquestionável na evolução dos temas. Assim, apresentar outros materiais, como Textos Originais de Cientistas e Textos sobre a História das Ideias da Ciência pode auxiliar os futuros professores a constituir visões diferentes, tanto sobre a Ciência e os cientistas, com os TOC, quanto sobre sequências diferentes de conteúdos, com os THIC. A seguir apresentaremos aspectos do trabalho com esses textos.

3.2. A utilização de TOC e THIC

Matthews (1995) se mostra surpreso ao descobrir que estudantes de Ciências como a Biologia e a Física nunca leram textos sobre Darwin ou Newton. O autor afirma que não houve surpresa ao constatar o grande interesse de professores por esses textos. Para Montenegro (2005) a leitura desse tipo de texto, chamados de Textos Originais de Cientistas (TOC) pode aproximar os estudantes dos cientistas, fazendo com que estes percebam a ciências como um processo inacabado. O

trabalho com TOC, além de proporcionar um tipo de leitura diferente dos tradicionais manuais científicos, pode dar aos futuros professores de ciências fontes bibliográficas ricas para o trabalho em sala de aula, seja por meio da utilização direta mediante propostas de leitura dos mesmos, seja para identificar as dificuldades enfrentadas pelos cientistas que muitas vezes assemelham-se as dos alunos.

Cabe salientar que o que vem sendo chamado de Texto Original de Cientistas são traduções dos trabalhos originais e em geral vem sendo utilizados no ensino por meio de trechos desses trabalhos (Almeida, 2004, Montenegro, 2005, Bueno 2009). Nessa proposta foram utilizados trechos dos livros de Newton (1996) e Huygens (1986) como exemplares dos TOC.

Como constatado nos levantamentos apresentados no capítulo 1, experiências com estes textos são raras, principalmente no Ensino Superior. Teixeira e colaboradores (2009) relatam os resultados de um trabalho com alunos de Física utilizando textos de Galileu, Newton e Descartes associados a textos de historiadores da Ciência como Koyré, Thuillier, Drake. Para os autores o trabalho auxiliou em um amadurecimento dos alunos em relação aos aspectos sobre a Natureza da Ciência abordados.

Sendo assim, apresentar a disputa entre teorias rivais da ótica mediante os TOC parece interessante, pois ilustra um diálogo entre os cientistas, mostrando que a Ciência não se faz apenas com grandes ideias, mas envolvem processos de confrontamentos e que muitas vezes as escolhas são mais pessoais do que propriamente baseadas nos argumentos científicos (Einstein; Infeld, 2008).

Os TOC utilizados na proposta foram escolhidos devido a grande importância desses autores para o desenvolvimento da ótica, por se tratarem de textos que representativos da disputa entre as teorias ondulatória e corpuscular, por apresentarem alusões à teoria rival e também por apresentarem traduções para o português de reconhecida qualidade.

Outros textos utilizados nas atividades foram os textos que foram denominados Textos sobre a História das Ideias da Ciência (THIC). Essa denominação refere-se a textos que narram a História da Ciência ou como o desenvolvimento das ideias da Ciência. Esses textos em geral são dirigidos a professores e estudantes de áreas científicas e tecnológicas e buscam apresentar ideias sobre o desenvolvimento de determinados conhecimentos.

A utilização dos THIC parece interessante para que o aluno tenha uma perspectiva sobre os episódios, que poderá ser comparada com a leitura dos originais. Os THIC podem ser importantes para auxiliar os alunos a organizar os episódios e ideias apresentados durante o trabalho.

Para a proposta didática que será descrita no próximo capítulo foram utilizados dois exemplares desse tipo de texto: Einstein, Infeld (2008) e Rocha (2002). O primeiro texto (Einstein; Infeld, 2008) foi escolhido, por apresentar um diálogo imaginário entre um defensor da teoria corpuscular e um defensor da teoria ondulatória, onde estes só poderiam utilizar argumentos válidos para o contexto da época em que se estabeleceram as discussões sobre a natureza da luz. Já o segundo texto foi escolhido, para ser utilizado mais ao final das atividades, por apresentar uma visão geral dos assuntos trabalhados nas atividades planejadas para as aulas, que serão descritas no capítulo a seguir.

4. A PROPOSTA E A IMPEMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES DIDÁTICAS

O trabalho de forma geral consistiu em elaborar, implementar e avaliar uma sequência didática com abordagem histórica sobre o tema Ótica, utilizando TOC e THIC, em duas turmas de Licenciatura em Física da UFSM durante o segundo semestre de 2011.

4.1. O contexto da implementação

As atividades didáticas planejadas foram implementadas a turmas da disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física D dos cursos de Física Licenciatura Plena diurno e noturno da UFSM. O curso diurno possui no total oito semestres e o noturno 10. A chamada Instrumentação D é ofertada para o sexto semestre no curso diurno e no sétimo do curso noturno. Possui carga horária de 90h por semestre, que se dividem em três dias na semana, cada um desses dias com duas horas-aula. Foi combinado com a professora responsável pela disciplina que as aulas relativas à implementação das atividades propostas ocupariam um desses dias a cada semana, de forma que nos outros dias a professora seguia seu planejamento.

Durante a realização do trabalho, entre outubro e novembro de 2011, as turmas possuíam 12 alunos no curso diurno e quatro no noturno efetivamente comparecendo às aulas. A professora da disciplina assistia às aulas sempre que possível de forma que esteve presente na maioria delas. As atividades não foram incluídas na avaliação da disciplina, a não ser pela presença em sala de aula.

O objetivo da disciplina é: “Desenvolver a habilidade de elaborar planos de atividades didáticas sobre o conteúdo de Física do Ensino Médio”. E o trabalho realizado se inseriu nesse contexto como forma de apresentar o tema HFC contemplando aspectos que pudessem contribuir para elaboração de planejamentos

didáticos pelos alunos. Dessa forma, a proposta didática contemplou as necessidades da disciplina e também as necessidades da pesquisa a ser realizada.

Para contemplar os objetivos da disciplina, durante as aulas buscamos estudar alguns aspectos de planejamentos didáticos relativos à tarefa docente:

- O uso de representações no ensino de Física, por exemplo, a da luz, suas origens, utilidades e limitações;
- A utilização de textos em aulas de física;
- Influência histórica na escolha de experimentos que compõe currículos;
- A possibilidade de sequências e relações não triviais entre conteúdos, a partir de perspectivas como a histórica;
- A importância de um professor de Física estudar não só a Física, mas sobre a Física para seu trabalho prático.

Além dessas considerações, a própria vivência em atividades com recursos como textos pode contribuir para que os alunos utilizem esse recurso em planejamentos didáticos. A estrutura da proposta didática é apresentada na seção a seguir.

4.2. Estrutura do trabalho

A proposta do trabalho envolveu a realização seis atividades didáticas que foram executadas em nove aulas conforme o quadro 1.

Aula	AD	Atividades	Objetivos
01	1.	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do trabalho. • Questionário 1 (Q1). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresentar o trabalho que seria realizado.
02-04	2.	<ul style="list-style-type: none"> • Responder ao questionário 2 (Q2) • Apresentação em PowerPoint sobre a luz na antiguidade. • Discussão de concepções sobre luz e representações. • Representação de imagem de refração e reflexão. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresentar diferentes concepções de luz na antiguidade e sua aproximação com concepções alternativas. ✓ Traçar um panorama inicial sobre o desenvolvimento da ótica antes do século XVII. ✓ Discutir a representação da luz mediante raios e seu uso na educação básica.
05	3.	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura prévia do texto de Huygens (1986, p. 11-24). • Leitura do texto de Newton (1996, p.39-45 e p.249-258) • Responder ao questionário 3 (Q3) • Discussão sobre os textos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudar a diferença entre a obra original e o enunciado dos livros de física básica atuais sobre o princípio de Huygens. ✓ Discutir a disputa de teorias em um período pré-paradigmático da ótica. ✓ Apresentar algumas diferenças entre os textos de Newton e de Huygens. ✓ Discutir aspectos sobre a leitura e utilização destes textos na futura prática profissional dos alunos.
06	4.	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura prévia de trecho do texto "A Evolução da Física". • Responder ao questionário 4 (Q4). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresentar ideias e argumentos utilizados na disputa entre as teorias ondulatória e corpuscular. ✓ Discutir alguns aspectos de como se dá a aceitação de teorias na ciência. ✓ Apresentar a constituição do primeiro paradigma da ótica com a prevalência da teoria corpuscular de Newton. ✓ Discutir a ruptura com o modelo de desenvolvimento linear da ciência.
07-08	5.	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura prévia do trecho do texto Origem e Evolução das Ideias da Física (Rocha, 2002, p 212-243) sobre experimentos de Fresnel e Young. • Responder ao questionário 5 (Q5). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresentar aspectos de uma mudança paradigmática. ✓ Discutir o papel dos experimentos no desenvolvimento da ciência e a escolha deles para os currículos. ✓ Traçar relações entre o desenvolvimento da ótica e do eletromagnetismo.
09	6.	<ul style="list-style-type: none"> • Questionário 6 (Q6). • Discussões sobre dúvidas • Considerações finais 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Discutir possíveis dúvidas

Quadro 1 – Síntese do planejamento das aulas

Mais detalhes sobre as atividades didáticas são fornecidos no apêndice B que apresenta um material para consulta.

4.3. A avaliação

Cada atividade contou com questões que serviram como avaliação do trabalho. Foram seis questionários, um para cada atividade. Esses questionários encontram-se no apêndice C.

O questionário 1 (Q1), aplicado previamente tinha como ênfase questões sobre a natureza da ciência e sobre a HFC em geral, buscando ter uma ideia das concepções de ciências dos alunos e sobre o contato dos mesmos com HFC em suas trajetórias acadêmicas.

O questionário 2 (Q2), implementado imediatamente antes de iniciar a Atividade Didática 2 (AD2), tinha como foco questões sobre ótica, como questões sobre o que é a luz, o processo de visão, raios de luz, formação de imagens em espelhos planos, princípio de Huygens, refração e difração.

Nos questionários 3, 4 e 5 (Q3, Q4 e Q5), foram abordadas questões sobre os textos lidos e também algumas questões sobre a natureza da ciência.

E no questionário 6 (Q6), foram abordadas questões sobre todos os assuntos com o intuito de comparar estas respostas com as respostas aos questionários anteriores de modo a investigar alguns aspectos relacionados ao trabalho.

As avaliações das respostas dos alunos são realizadas no próximo capítulo.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Neste capítulo serão apresentadas a análise e discussão dos dados obtidos a partir do estudo. Primeiramente são expostos os procedimentos metodológicos e a seguir são apresentadas as análises dos dados que foram divididos em três blocos. O primeiro, relativo ao trabalho com os conteúdos de ótica. O segundo englobando as questões relacionadas à HFC, como, por exemplo, o contato dos alunos com o tema e as questões relativas à Natureza da Ciência. E o terceiro bloco onde foram analisadas as questões sobre os textos utilizados na proposta. A seguir são apresentados os registros das aulas e por fim é apresentada uma discussão dos resultados.

5.1. Aspectos metodológicos

Conforme Severino (2007) o trabalho pode ser classificado como uma pesquisa com abordagem qualitativa de caráter exploratório, buscando levantar informações e mapeando as condições da proposta implementada.

Quanto às fontes de dados, foram utilizados questionários. A análise das respostas aos questionários está baseada no procedimento de análise de conteúdo proposta por Bardin (1977). Segundo a autora, as diferentes fases da análise de conteúdo se organizam em torno de três polos cronológicos:

- Pré-análise;
- Exploração do material;
- Tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Para a autora, a pré-análise é um período de organização: “Corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema mais preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise”. (Bardin, 1977, p. 89). Nessa fase, se estabelecem diretrizes que devem ser flexíveis para que possam ser alteradas no decorrer do trabalho. Em um primeiro momento se

estabelece um contato com os documentos de análise, “deixando-se invadir por impressões e orientações”. A partir desse primeiro contato se define o *corpus*, que é o conjunto de documentos que serão submetidos aos procedimentos analíticos.

A exploração do material é a fase de sistematizar as decisões estabelecidas na pré-análise. Posto de outra forma, colocar em prática o que foi planejado. A fase de tratamento corresponde ao momento em que os resultados obtidos são tornados significativos e válidos.

Cabe salientar que o projeto que deu origem a este trabalho foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFSM em processo sob número 23081.015123/2011-59.

As análises das respostas aos questionários foram divididas em três blocos conforme o tema da questão: Ótica, HFC e Textos. Para preservar a identidade dos alunos foi criado um código, onde os alunos do curso diurno foram identificados com a letra D seguida de um número (D1, D2, D3...) e os alunos do curso noturno com a letra N também seguida de um número (N1, N2, N3...). A seguir são apresentadas as análises das respostas.

5.2. Análise das questões sobre ótica

5.2.1. Análise das respostas sobre ótica: questionário 2

01) O que é a luz?

Na análise das respostas, foram identificados quatro conjuntos de respostas: uma ligada à teoria de *campos*, uma ligada à *dualidade* da luz, uma ligada à *onda ou radiação* eletromagnética e um aluno, D1, que definiu a luz como *fótons* captados pelo olho.

- *Campos* (N2 e N3): os alunos associam a luz a campos elétricos e magnéticos:

N2: “É a propagação de campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo.”

N3: “É uma composição de campos elétricos e magnéticos, que forma através da oscilação de elétrons nos níveis energéticos, que se propaga no vácuo através de fótons (pacotes de energia).”

- *Dualidade* (D2, D3, D9, D10, D11 e N1): os alunos responderam utilizando o comportamento dual associado à luz, alguns com mais detalhes como D9:

D9: “É um fenômeno, que do ponto de vista clássico pode ser tratado como ondas, tendo frequência, amplitude e comprimento de onda, porém, podemos tratá-la como partícula, a fim de descrever algumas consequências da incidência da luz sobre outros materiais.”

E outros com respostas mais simples do tipo:

N1: Pode ser considerada como uma partícula ou como uma onda, depende de como e do que estamos tratando.”

- *Radiação ou onda eletromagnética* (D4, D5, D6, D7): alunos que mencionaram o caráter dual da luz.

D4: “A luz é radiação eletromagnética”

O que chamou atenção foi a resposta de D6 que associou a luz a radiação emitida pelo sol, como se toda a luz fosse proveniente do mesmo:

D6: “A luz é a radiação eletromagnética emitida pelo Sol.”

A definição de luz aparece de forma diversa entre as respostas dos alunos, onde menos da metade faz menção a dualidade de descrições o que parece refletir certa dificuldade dos alunos em estabelecer uma definição para a luz.

02) Como podemos ver os objetos?

Essa questão objetivava verificar se os alunos identificam a necessidade da luz chegar até o observador. A maioria dos alunos, seis dos treze, *identificou* que a luz precisa chegar aos olhos do observador. Quatro desses alunos assinalaram que ocorre reflexão da luz que incide sobre o objeto e que a luz refletida deve chegar ao observador, como na resposta que se segue:

- *Identificou o observador:* Dois alunos responderam simplesmente que se podem ver os objetos por meio da luz que chega aos olhos. Os outros deram respostas como as que seguem:

N1: “Nossa visão é capaz de detectar certos comprimentos de onda, chamamos de espectro visível.”

N3: “Quando ondas eletromagnéticas são refletidas, e ou emitidas pelo corpo que observamos.”

D11: “Vemos os objetos porque eles refletem a luz que incide sobre eles, fazendo-a chegar aos nossos olhos.

- *Não identificou:* Outros alunos, cinco dos treze que responderam este questionário, associaram a visão de objetos a reflexão e refração, não identificando que a luz deve chegar aos olhos do observador. Como nas respostas transcritas a seguir:

D5: “A imagem é formada devido a reflexão da luz nos objetos.”

D7: “Apartir do fenômeno da reflexão”

A maioria dos alunos não assinala a necessidade de a luz chegar a um observador para que um objeto seja observado. Em alguns casos a luz é atribuída a fenômenos como reflexão e refração em frases curtas com pouco significado, o que limita nossa análise na medida em que não se tem real noção das ideias dos alunos sobre a visão.

03) Imaginando uma lanterna apontada para um espelho, descreva o que ocorre com a luz.

O objetivo dessa questão era verificar se os alunos utilizariam algum esquema como a representação da luz mediante raios para responder a questão. No entanto, o que se observou é que a questão foi ineficaz nesse sentido já que nenhum aluno fez qualquer esquema. O que se pode observar foi que as respostas dividiram-se em *reflexão* e *reflexão e refração*.

Reflexão (D1, D4, D6, D7, D9, D10, D11e N3): oito alunos responderam que a luz iria ser refletida, alguns fazendo suposições como se verifica nas respostas transcritas a seguir:

D1: “Considerando que a lanterna esteja ligada. Os raios incidentes são refletidos.”

D7: “Supondo que a superfície do espelho seja perfeitamente lisa e refletora, quando a luz incidir sobre o espelho ela será refletida.”

N3: “A luz é refletida, no espelho e o que vemos são as prolongações geradas pela interação das ondas eletromagnéticas com o material (vidro e camada de prata).”

A suposição realizada pelo aluno D7 parece um tanto quanto preciosista, na medida em que espelhos em geral apresentam superfícies razoavelmente lisas e refletoras. Já a suposição da lanterna parece denotar que o aluno identifica a existência de luz apenas com a lanterna ligada, sem se dar conta que com a lanterna desligada também pode haver reflexão dos raios que incidem sobre ela.

Refletida e refratada: Três alunos responderam que parte da luz seria refletida e parte refratada.

Enquanto outros escreveram respostas particulares e confusas:

D2: “O feixe de luz percorre um caminho retilíneo até o espelho, no mesmo podemos ver um ponto”

N2: “Aumenta sua intensidade, se espalha em todas as direções aleatórias.”

Nessas respostas aparece claramente a dificuldade dos alunos com a descrição de uma situação real. Nas passagens “no espelho, e o que vemos” e “no mesmo podemos ver um ponto”, N3 e D2 parecem acreditar que a formação da imagem acontece sobre o espelho, caracterizando uma concepção bastante comum (Harres, 1993).

04) [Adaptada de Harres (1993)] O desenho ao lado mostra um observador parado em frente a um espelho plano. Entre o espelho e o observador encontra-se um objeto. Se o observador mover-se para a esquerda, o que acontecerá com a imagem do objeto?

- Permanecerá no mesmo lugar onde estava.
- Se deslocará para a esquerda do observador.
- Se deslocará para a direita do observador.

Justificativa: _____



O objetivo dessa questão foi avaliar se os alunos identificam onde se forma a imagem em um espelho plano e que esta depende apenas da posição do objeto em relação ao espelho.

As respostas contemplaram as três alternativas, nove marcaram c, dois marcaram a e dois marcaram b. As respostas e suas justificativas encontram-se dispostas no quadro 2, a seguir:

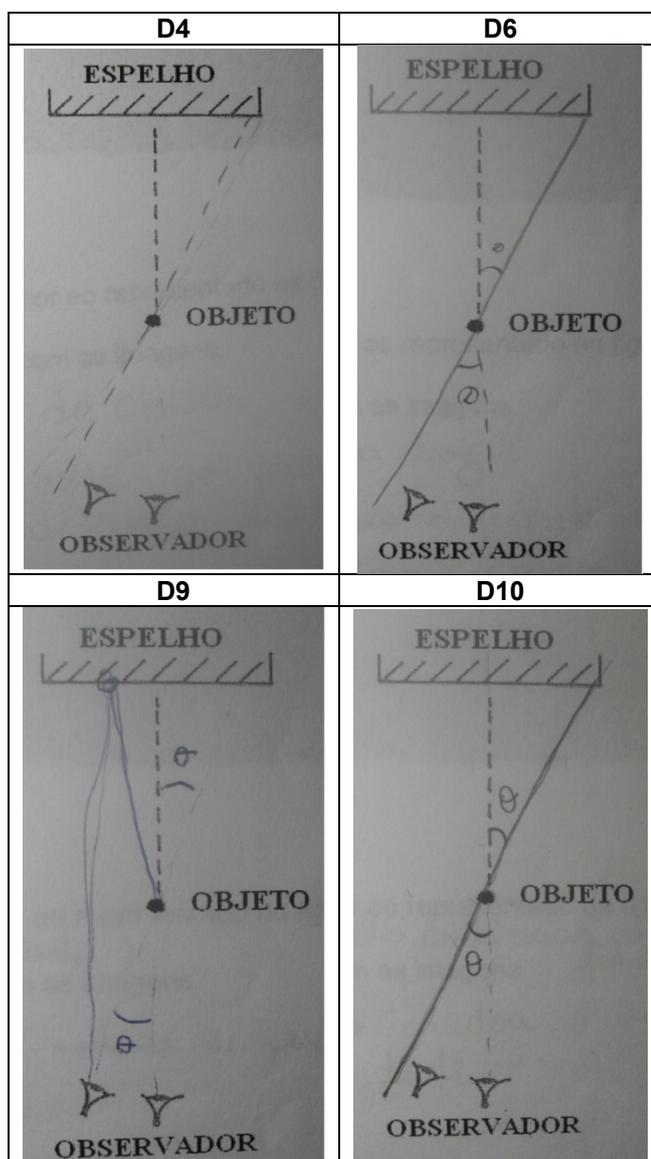
Aluno	Opção	Justificativa
D1	c	“Porque no espelho a imagem é invertida.”
D2	c	Não justificou.
D3	c	“A imagem do objeto formada no espelho depende de onde está o observador. Se traçarmos uma linha reta do olho, passando pelo objeto, ela toca o espelho onde se forma a imagem.”
D4*	c	“Pois mudará o ângulo com que o objeto é observado”
D5	c	Não justificou.
D6*	c	“Pois é mudado o ângulo do observador, mudando assim a imagem do espelho.”
D7	b	“Por que a imagem se desloca com a mesma velocidade que o objeto.”
D8	-	-
D9*	c	“Do ponto de vista do observador a imagem estará deslocada para sua direita, pois ao olhar para o espelho o observador verá um ponto entre ele e a fonte.”
D10*	c	“Devido a variação do ângulo.”
D11	a	“O objeto permanece no mesmo lugar.”
D12	-	-
N1	a	“Quem se desloca é a imagem do observador.”
N2	c	“Se adotarmos como referencial o observador, ele irá adotar a imagem à direita.”
N3	c	“Pois o objeto no espelho é um objeto virtual, vindo da reflexão do espelho assim, ‘seguindo’ o movimento do objeto real. Com o observador se movendo para a esquerda verá o objeto no lado direito então (c).”
N4	-	-

*Alunos que apresentaram esquemas na figura da questão 04. Essas imagens são apresentadas no quadro 3.

Quadro 2 – Alternativa assinalada e justificativas da questão 04 do Q2.

Dos alunos que marcaram a alternativa correta (D11 e N1), letra a, a justificativa de D11 parece mais clara e consciente, na medida em que N1 pode ter se referido à imagem apresentada na questão. Quando N1 cita imagem do observador parece estranho se referindo à ilustração, ou seja, ao deslocamento do desenho.

O índice de acertos é muito baixo e alguns alunos apresentam concepções espontâneas como o aluno N3 que parece acreditar existe algo se movendo a partir do espelho quando se refere a objeto virtual ou o aluno D3 afirma que uma linha toca o espelho e onde ocorre esse toque se forma a imagem. Claramente para este aluno a imagem se forma na superfície do espelho. Essa concepção também é compartilhada por D9 como se percebe na imagem do quadro 3.

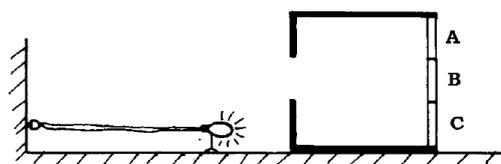


Quadro 3 – Representações dos alunos na questão 04 do Q2.

No geral essa questão evidencia a dificuldade dos alunos no tratamento da ótica geométrica e na utilização da representação por raios. Nenhum aluno sequer esboçou nas questões uma análise dos raios consistente como se pode perceber nas imagens dos esquemas apresentados.

05) [Adaptada de Harres (1993)] A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada em frente a uma caixa que possui uma abertura no seu lado esquerdo. Que região(ões) da parte inferior direita da caixa é(são) iluminada(s) pela lâmpada?

- a) Somente A.
- b) Somente B.
- c) Somente A e B.
- d) A, B e C.
- e) Nenhuma delas.



Justificativa _____

Esta questão tinha por objetivo avaliar se os alunos utilizam a propagação retilínea da luz. Dos 13 alunos que responderam a questão, 11 assinalaram letra d, um assinalou a e um deixou a questão em branco.

Aluno	Opção	Justificativa
D1	d	"Porque a luz se dispersa em todas as direções."
D2	d	"Se considerarmos a luz como uma onda, teremos o fenômeno da difração. Logo, todas as regiões serão iluminadas. Algumas com maior intensidade que a outra."
D3	d	"Princípio de Huygens/descartes. Propriedades ondulatórias."
D4		Não respondeu.
D5	a	"Devido ao comprimento de onda a luz não contorna obstáculos."
D6	d	"Pois a luz será refletida para todos os lados da caixa."
D7	d	"Supondo que (D) a distancia entre a e b [abertura da caixa] seja da ordem do comprimento de onda ocorre o fenômenos da difração e com isso os três pontos são iluminados."
D8	-	-
D9	d	"A luz é difratada pela fenda."
D10	d	"A luz é refletida dentro da caixa."
D11	d	"A luz ultrapassará a abertura e chegará então as 3 regiões."
D12	-	-
N1	d	"Difração da luz, porém com intensidades diferentes."
N2	d	"Com intensidades diferentes. Em A com maior intensidade."
N3	d	"Pois sendo uma onda nessa fenda diflata e ilumina todo o fundo da caixa."
N4	-	-

Quadro 4 – Alternativas assinaladas e justificativas da questão 05 do Q2.

Entre estes 11 que assinalaram a alternativa d, cinco justificaram mediante o fenômeno da difração, mas apenas um deles observou a comparação entre a

dimensão da abertura e o comprimento de onda da luz, que são observações essenciais para que ocorra a difração. Se formos analisar a questão essa caixa teria de ser minúscula e a lâmpada emitir feixes coerentes de luz de modo que a justificativa relacionada ao fenômeno da difração não caberia nesse caso.

O aluno D5, que assinalou a letra 'a' e justificou afirmando que devido ao comprimento de onda a luz não contorna obstáculos, demonstrando assim compreender a propagação retilínea da luz, o que para a maioria não é o que acontece.

06) [Adaptada de Harres (1993)] A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada frente a uma janela de uma sala que contém três quadros (1, 2 e 3) na parede oposta à janela. Qual (ais) quadro(s) é(são) iluminado(s) pela lâmpada?

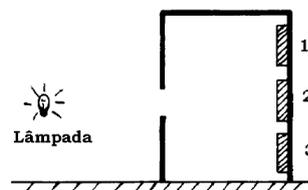
a) 1, 2 e 3

b) 1 e 2

c) 2 e 3

d) Apenas o 2.

Justificativa: _____



Esta questão tinha por objetivo avaliar se os alunos utilizam a propagação retilínea da luz. As respostas dos alunos estão dispostas no quadro 5.

Aluno	Opção	Justificativa
D1	a	"Idem a anterior."
D2	d	"É no 2 que teremos um máximo de iluminação."
D3	a	"A luz se comporta também como onda."
D4	a	"Pois a luz ao passar pelo orifício central será refletida p/ os 3 quadros."
D5	d	Não justificou.
D6	a	"Pois a luz irá passar pela fenda iluminando os 3 quadros, pois há o espalhamento da luz."
D7	a	"Pelo mesmo fenômenos descrito na questão anterior."
D8	-	-
D9	a	"Por efeito da difração da luz."
D10	a	"As frentes de onda atingem os três quadros."
D11	a	"Os três são iluminados, porém, 2 terá uma intensidade maior."
D12	-	-
N1	a	"Difração da luz."
N2	a	"Considero a luz como uma onda eletromagnética, os três quadros serão iluminados com diferentes intensidades."
N3	a	"Pois sendo uma lâmpada o raio de propagação diverge fazendo com que ilumine os 3 quadros."
N4	-	-

Dos treze alunos, onze assinalaram letra a e apenas dois assinalaram letra d que seria a correta.

As justificativas dos que assinalaram letra 'a' variam entre o fenômeno da difração, 'espalhamento' ou reflexão no interior da caixa.

A maioria dos alunos que parece não assimilar o enunciado da questão que afirma se tratar de uma janela de uma sala que contém três quadros, nesse caso, com dimensões incompatíveis com a difração.

07) O que diz o princípio de Huygens? Qual a utilidade dele no estudo de ótica?

O objetivo dessa questão era verificar se os alunos conheciam e conseguiam enunciar o princípio de Huygens. Sete alunos não responderam a essa questão. Dos seis que responderam, quatro tentaram enunciar o princípio de Huygens:

D3: "Cada ponto de uma frente de onda se comporta como fonte puntiforme. Dando origem a nova frente de onda plana secundária. Por meio de ondas esféricas."

D7: "O princípio de Huygens diz que cada frente de onda produz outra onda. Ex: quando jogamos uma pedra num lago."

N1: "A luz se comporta como frente de ondas, para provar a natureza ondulatória da luz."

D2: "Uma frente de onda tem pontos que se comportam como uma fonte de ondas secundária."

Percebem-se algumas confusões entre ondas planas e esféricas, como na resposta de D3. Apesar disso, esses alunos conseguiram aproximar-se de uma definição para o princípio de Huygens.

Outros dois alunos confundiram o princípio de Huygens com a refração:

D5: "A velocidade da onda é modificada ao trocar de meio. Uma utilidade é a fabricação de lentes."

N3: "Que a razão entre o ângulo de incidência e de reflexão é igual a razão entre os coeficientes de refração na interface entre dois materiais. Tendo utilidade na abordagem de sistemas óticos (lente, olho) e fenômenos como o do arco-íris e transmissão de informações com o uso de ondas eletromagnética."

No geral percebe-se que poucos alunos conhecem o princípio de Huygens.

08) Considere as figuras abaixo.

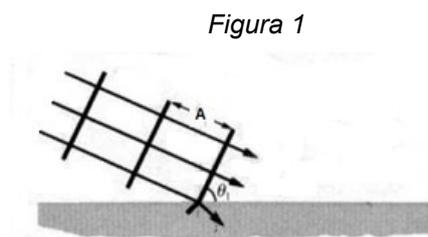


Figura 2 – Representação da refração de ondas (Adaptada de Halliday et alli, 1995)

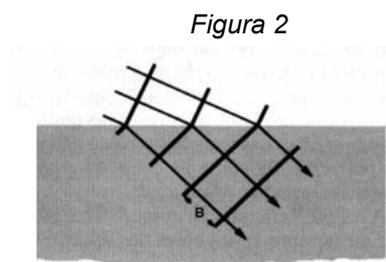


Figura 3 – Representação da refração de ondas (Adaptada de Halliday et alli, 1995)

Sabendo que a figura 2 representa um instante posterior ao representado na figura 1, responda:

a) O que significam A e B nas imagens?

O objetivo dessa questão era verificar se os alunos conseguem identificar o comprimento de onda em uma figura comum em livros didáticos de física.

Sete (D1, D2, D3, D5, D9, D10 e N1) dos 13 alunos identificaram que se tratava do comprimento de onda da luz. Um destes (D10), não utilizou o termo comprimento de onda, mas as “diferentes distancias percorridas pelas frentes de onda”, o que indica que este conhece o fenômeno. Outros alunos afirmaram tratar-se de frentes de onda como D4 e D6. N3 escreveu que tratava-se da velocidade de propagação das frentes de onda e N2 responde que era “a distancia entre duas retas paralelas antes e depois da refração”

b) Descreva o que está acontecendo de acordo com as imagens.

O objetivo dessa questão era verificar se os alunos conseguem descrever adequadamente uma imagem comum em livros didáticos de física. As respostas mostraram que 7 (D1, D2, D5, D9, D10, D11 e N2) se *aproximaram* da resposta

Sete alunos aproximaram suas respostas a uma mudança de meio de uma onda, alguns citando o índice de refração ou uma mudança na velocidade, caracterizando resposta mais gerais, como as respostas transcritas a seguir:

D5: “A velocidade de propagação da onda é modificada.”

D10: “A onda mudou de meio, logo mudou o índice de refração, e também sua velocidade.”

Outros quatro alunos fazem algumas observações e suposições mais específicas, em alguns casos limitando bastante o que as imagens representariam:

D2: “As figuras mostram uma onda trocando de um meio para outro, ou seja, refração. Porém, junto com a refração também ocorre reflexão, podemos observar isso na figura B.”

D1: “Quando a onda passa de um meio 1 para o meio 2 ela tem-se o efeito da refração, mas para isso $n_2 > n_1$ ”

N2: “O objeto na figura 1 está no que deve ser o ar, e na figura 2 está submerso em um líquido, supondo que seja água. Após ser submerso ele sofre uma refração devido ao índice de refração ser diferente para os dois fluidos.”

D11: “A luz está trocando de meio.”

Nessas respostas percebem-se algumas suposições que limitam a ilustração genérica apresentada dando indícios de posições em alguns casos ingênuas dos alunos como D1 que coloca como condição para refração que o índice de refração do meio 2 seja maior que o meio 1, sem que em qualquer momento exista a definição de qual seja o meio 1 ou 2. Para N2 os meios envolvidos são ar e água, que são os exemplos mais comuns apresentados em livros de física, mas limita as imagens à interface entre substâncias gasosas e líquidas. Além disso, D2 ainda se refere a uma reflexão que poderia ser observada na figura 2, o que não condiz com a imagem.

E dois alunos ainda apresentam respostas *distanciadas* do que se pode considerar adequado:

N1: “A imagem está sofrendo refração.”

D3: “A onda está diminuindo seu comprimento de onda, aumentando sua frequência e diminuindo a velocidade. Ao passar para um meio com índice de refração diferente.”

As descrições, mesmo as que mais se aproximam das respostas aceitas cientificamente, são bastante superficiais e sem uma maior preocupação com o que os detalhes das imagens representam. No entanto cabe salientar que dos 13 alunos que responderam a questão 11 conseguiram uma aproximação adequada da descrição da refração ainda que a descrição das imagens seja limitada.

09) (a) Como você explicaria a figura abaixo?

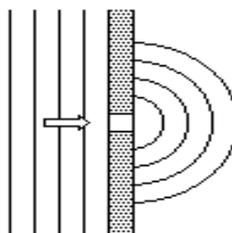


Figura 4 – Imagem de difração

O objetivo dessa questão era verificar se os alunos conseguem identificar uma figura de difração comum em livros de física e se o fazem utilizando o princípio de Huygens.

Seis alunos responderam que se tratava de *difração*, alguns com mais detalhes e outros simplesmente afirmando que se tratava desse fenômeno.

D11: Temos algumas frentes de onda chegando em um obstáculo e sofrendo o fenômeno de difração.”

D10: “Difração de onda plana ao passar por uma fenda.”

Dois alunos citam dispersão e espalhamento, o que parece indicar que não conhecem o princípio de Huygens. Isso fica evidente na medida em que estes dois alunos não responderam a questão 07 sobre este princípio. Abaixo se encontram as transcrições das respostas desses alunos:

D6: “A luz está passando por uma fenda, e em seguida está ocorrendo seu espalhamento, ou seja, a difração da luz.”

D9: “Uma onda com certo comprimento de onda passa por uma fenda, após passar pela fenda a onda tem uma dispersão, fazendo seu caminho.”

Outros dois alunos parecem tentar explicar a figura por meio do princípio de Huygens, embora apresentem algumas confusões:

D3: “Cada ponto de uma frente de onda plana se comporta como emissor de ondas esféricas.”

N3: “Que cada ponto de uma frente de onda do lado esquerdo mantém características de uma fonte pontual de onda, que ao passar por uma fenda essa característica se manifesta, sendo que no lado esquerdo não é percebido essa característica por interferências entre as frentes de onda.”

O aluno D3, que fez uma descrição razoável do princípio de Huygens na questão 07, tenta utilizar este para explicar a figura, embora o faça de maneira ainda bastante superficial. Já N3, na questão 07 aparentemente havia confundido o princípio de Huygens com as leis de refração e reflexão, no entanto na presente questão esboça indícios de conhecer o princípio.

Dois alunos não responderam à questão.

Ressalta-se mais uma vez que os alunos parecem constatar tratar-se de um fenômeno, não levando em conta que a questão se refere à figura.

(b) Suponha que esta figura lhe seja dada para que você prepare uma aula.

Como e para que você a utilizaria?

O objetivo nessa questão era especular a forma como os alunos utilizariam uma imagem de difração em uma aula sobre ótica.

Todos os alunos que responderam a esta questão mencionaram que utilizariam para explicar a difração ou as características ondulatórias da luz. Ou seja, mais uma vez responderam para o que a utilizariam a não como a utilizariam. E mais uma vez a resposta foi o mais sucinta possível, não permitindo qualquer análise.

5.2.2. Análise das respostas sobre ótica: questionário 3

01) *No trecho lido do texto “Tratado sobre a ótica” o autor esclarece um enunciado para o “seu princípio”? Se sim, qual é?*

Essa questão tinha como objetivos, verificar se os alunos conseguiam identificar elementos relacionados ao princípio de Huygens enunciado nos livros de Física e introduzir em discussões o assunto da transformação que acontece entre os trabalhos dos cientistas e os conteúdos dos livros didáticos de física.

Ao responder as questões, foram identificados dois conjuntos de respostas, um que abrange quatro alunos (D1, D11, D12 e N3) que *não identificaram* nenhum princípio no texto e outro que respondeu *literalmente* de acordo com o primeiro parágrafo do texto (D2, D3, D4, D5, D6, D8, D9, D10 e N1), como na transcrição abaixo:

D4: “Os raios de luz se propagam em linha reta; que os ângulos de reflexão e de incidência são iguais; e que nas refrações o raios se desvia de acordo com a regra dos senos e que não é menos certa do que as precedentes.”

Comparando essas respostas com o primeiro parágrafo do livro de Huygens temos a ideia exata da inadequação dessas respostas:

“Como acontece em todas as ciências nas quais a geometria é aplicada a matéria, as demonstrações relativas à Ótica são fundamentadas sobre verdades tiradas da experiência – tais como a de que os raios de luz se propagam em linha reta; que os ângulos de reflexão e de incidência são iguais; e que nas refrações os raios se desviam de acordo com a regra dos senos (agora tão conhecida) e que não é menos certa do que as precedentes.” (HUYGENS, 1986, p.11).

Para estes alunos o princípio de Huygens seriam as verdades tiradas da experiência. Tivemos ainda dois alunos que responderam de maneira diferente dos demais:

D7: “Cada frente de onda gera outra onda secundaria.”

N4: “Eu as chamo de “ondas” por semelhança àquelas que vemos formarem-se na água quando aí se joga uma pedra e que representam como propagação sucessiva circular – embora proveniente de uma outra causa e somente em uma superfície plana.”

O que chama atenção nessas respostas é que a resposta de D7 não diz respeito ao texto já que Huygens não fala em frentes de onda, de forma que o aluno parece ter respondido tentando enunciar o princípio de Huygens, o que este aluno já havia feito adequadamente na questão 07 do Q2. Já o aluno N4, retira literalmente um trecho da página 12 do livro que corresponde à segunda página do texto quando Huygens inicia uma analogia da luz com o som.

Com isso, temos 10 alunos que retiraram suas respostas diretamente do texto, utilizando trechos inadequados à resposta.

Sendo assim, podemos dizer que dos 15 alunos que responderam a esta questão, 11 responderam inadequadamente e quatro responderam que não conseguiram identificar o princípio no texto. Esse resultado pode ser atribuído à dificuldade com a leitura dos TOC relatadas pelos alunos tanto durante as discussões, quanto nas questões relativas aos textos.

02) *Para Huygens do que se trata a luz? Ele está correto?*

O que se pretendia com essa questão era ter uma ideia do nível de descrição que os alunos conseguiriam extrair a partir da leitura do texto e sua opinião sobre as concepções de Huygens.

As respostas a esta questão foram agrupadas em dois conjuntos, um que respondeu que para Huygens a luz representava o *movimento de matéria* e outro que respondeu que Huygens tratava a luz como *onda*.

- *Movimento de matéria* (D1, D5, D7, D9, D11, D12, N3 E N4): para oito alunos Huygens tratava a luz como movimento de matéria. Associar a luz a um movimento de matéria evidencia a tendência dos alunos em retirar literalmente as palavras do texto sempre que possível, na medida em que Huygens afirma logo na segunda página do texto que “Não se pode duvidar de que a luz consista no movimento de certa matéria.” (Huygens, 1986, p.12).

Desses oito alunos, seis (D1, D7, D11, D12, N3 E N4) afirmaram que Huygens estava errado, um que estava parcialmente certo, considerando a dualidade do comportamento da luz (D5) e um não afirmou se Huygens estava certo ou errado.

- *Onda* (D2, D3, D4, D6, D8, D10 e N1): para sete alunos Huygens tratava a luz como uma *onda*.

Dos sete alunos que responderam que Huygens tratava a luz como uma *onda* três não afirmaram se Huygens estava certo ou errado (D2, D4 e D6), três afirmaram que Huygens estava correto justificando que a luz comporta-se mesmo como uma onda e um aluno (N1), afirmou que Huygens estava errado, pois tratava a luz como onda mecânica e estas necessitam de um meio de propagação.

Dessa forma, no total para sete alunos Huygens estava errado, para quatro estava correto e quatro não responderam nada a esse respeito.

03) *A partir da leitura do trecho do texto “Ótica”, identifique como Newton concebe a luz?*

Dos 15 alunos 10 (D4, D5, D6, D7, D9, D10, D11, D12, N1 E N3) fizeram uma transcrição, total ou parcial do trecho em que Newton afirma:

“Pois é evidente que a luz consiste em partes, tanto sucessivas como contemporâneas, por que no mesmo lugar podemos deter a que chega em dado momento; e ao mesmo tempo detê-la em qualquer outro lugar e deixá-la passar em qualquer outro. Pois a parte da luz que foi detida não pode ser a mesma que deixamos passar. Denomino raio de luz a menor luz ou a menos parte da luz que pode ser detida isoladamente, sem o restante da luz, ou a propaganda sozinha, ou fazer ou sofrer qualquer coisa sozinha, que o restante da luz não faz ou não sofre.”(NEWTON, 1996, p.39)

Esse conjunto de respostas foi denominado *partes sucessivas e contemporâneas*. Outros três alunos (D1, D3 e N4) responderam que Newton tratava a luz como *raios* e dois alunos (D2 e D8) responderam apenas que se tratavam de *partículas*.

Mais uma vez percebe-se que os alunos prendem-se muito ao texto, utilizando preferencialmente transcrições diretas do mesmo.

5.2.3. Análise das respostas sobre ótica: questionário 4

3) *É necessário definir o que é a luz para a descrição da refração?*

O objetivo dessa questão era saber se os alunos percebem que não é necessária uma descrição da natureza da luz para uma descrição da refração

mediante a representação por raios e quais os limites que eles impõem a isso. Com essa questão também se procurou inserir tanto nas respostas, quanto nas discussões o trecho do texto onde os autores descrevem a refração mediante a teoria ondulatória.

Quatro alunos (D2, D4, D6, D8) responderam que *sim*, no entanto as justificativas são bastante limitadas como em D4:

D4: “Sim, pois para tratar da refração é necessário definir o que é a luz, raios de luz...”

Outros 10 alunos (D1, D5, D7, D9, D11, D12, N1, N2, N3 E N4) responderam que *não* era necessário, as justificativas foram bastante diversas como se percebe nas transcrições abaixo:

D5: “Como a refração pode ser observada não é necessário definir o que é luz para descrever a refração.”

D9: “Não. Pois podemos tratar a luz como raios, assim nos livramos do problema da natureza da luz, ou como ela se comporta.”

N1: “Não, pode ser explicado pela teoria ondulatória e corpuscular.”

N4: “Não é necessário definir o que é luz para descrever um fenômeno como a refração, uma vez que fenômenos como estes foram estudados muito tempo antes de se formar teorias corretas a respeito da natureza da luz.”

Na resposta de N4 percebe-se que ele utiliza um argumento temporal, diferentemente dos outros alunos, no entanto esse tipo de resposta merece atenção, pois precisaria ser um pouco relativizada, pois o fato de estudar o fenômeno não quer dizer que ele pudesse ser corretamente descrito.

A grande maioria dos alunos acredita não ser necessária uma definição sobre a natureza da luz para a descrição da refração, embora nenhum tenha feito menção às leis da refração. Fica claro que a descrição das consequências do fenômeno parece mais importante do que a explicação do próprio fenômeno que para ser descrito necessita sim de uma definição sobre a natureza da luz.

4) Mediante qual teoria (ondulatória ou corpuscular) é mais fácil descrever a refração? Por quê?

Essa questão tinha como objetivo verificar a influência do texto sobre a opinião dos alunos sobre a explicação da refração. Todos os alunos responderam ser mais fácil descrever mediante a teoria ondulatória. A maioria justificando que se pode atribuir o fenômeno à mudança de velocidade, o que concorda com o texto lido. Abaixo algumas dessas justificativas:

N4: “Por uma ou por outra teoria é possível descrever o fenômeno da refração, contudo é mais simples descrever pela teoria ondulatória, pois

uma vez que se conhece a velocidade da luz no vácuo, pode se imaginar uma mudança de velocidade quando a luz atravessa um meio diferente.”

D12: “Creio que usando a teoria ondulatória fica mais fácil descrever a refração, pois podemos argumentar que o fenômeno “refração” é observado em movimentos ondulatório e também pode ser usado o argumento de que a onda ao passar de um meio para o outro “perderá” velocidade devido ao índice de refração de cada meio.”

N1: “Ondulatória, pois as velocidades de propagação da onda muda com o meio, na corpuscular fica complicado colocar os vetores de força.”

Pode-se perceber, além da dificuldade com o português, que os alunos têm dificuldades conceituais e com a linguagem da Física como D12 ao afirmar que a onda perderá velocidade, como se a luz passasse sempre para um meio mais refringente. Ou N1 que afirma ser complicado colocar os vetores de força, como se o vetor força fosse um objeto e não uma representação.

Outros alunos ainda justificaram suas respostas afirmando que seria mais difícil descrever a refração usando a teoria corpuscular citando o exemplo da luz atravessando o vidro, que foi um exemplo utilizado no texto lido:

D2: “T. Ondulatória, pois é mais complicado explicar como a luz, sendo ela partícula, conseguiria atravessar um meio como o vidro.”

O texto parece ter influenciado na escolha dos alunos, que todos atribuíram à teoria ondulatória a melhor explicação. No entanto o que chama atenção é a dificuldade dos alunos ao tentar construir argumentos e principalmente ao tentar explicar um fenômeno. Na tentativa de explicação percebe-se que as frases não são desenvolvidas o que torna a explicação incompleta e desvinculada da questão, como na resposta de N1.

5.2.4. Análise das respostas sobre ótica: questionário 5

- 1) *Do que se utiliza Fresnel para descrever matematicamente a figura de difração? E quais suas principais conclusões?*

Todos os alunos responderam de acordo com a passagem do texto:

“Uma das razões para a forte objeção que Newton fazia a (primitiva) teoria ondulatória, decorre do fato, facilmente constatado, de que a luz se propaga em linha reta... Essa dificuldade só foi contornada no início do século XIX, a partir dos trabalhos de Augustin Fresnel, quando este, retomando as concepções ondulatórias de Huygens, e usando o denominado princípio da interferência, calculou matematicamente as figuras de difração para os mais

diversos obstáculos e aberturas, chegando a uma explicação satisfatória da propagação retilínea da luz.” (ROCHA, 2002, p.227 e 228).

De forma geral os alunos responderam corretamente a esta questão na medida em que exigia apenas a localização da resposta no texto, demonstrando que os alunos tem certa facilidade com questões mais objetivas, enquanto questões que não tão diretas, que exigem uma interpretação em geral geram dificuldades aos alunos.

4) *Faça um breve resumo sobre o desenvolvimento da ótica.*

O objetivo dessa questão era verificar se os alunos incorporam algum elemento relativo à contextualização ou se minimamente conseguem demarcar no tempo alguns aspectos importantes sobre a história da ótica.

Os resumos foram divididos em três conjuntos, um denominado *pontual*, dos alunos (D7, D9, D11, D12, N2 e N4) que se limitaram a narrar o desenvolvimento da ótica em termos de descobertas e fenômenos observados, marcando temporalmente o século XVII sem mencionar qualquer elemento de contextualização, como no resumo transcrito abaixo:

D11: “Os filósofos gregos tentaram explicar os fenômenos relacionados com a luz. O desenvolvimento da ótica até o séc. XVII, com a descoberta de outros fenômenos, surgiram hipóteses a respeito da natureza da luz. Assim, os defensores da teoria ondulatória e os defensores da teoria corpuscular seguiram medindo forças para determinar qual teoria era correta. Por fim, tem-se o comportamento dual da luz.”

Percebe-se que o aluno D11 divide o desenvolvimento da ótica a partir do século XVII, o que foi discutido em aula. O termo descoberta parece ser utilizado como sinônimo de observação, na medida em que o aluno escreve que surgem hipóteses após essas descobertas. Esse aluno consegue minimamente fazer uma demarcação relativa ao século XVII, embora não mencione quais seriam os fenômenos nem a importância destes.

O outro conjunto, denominado *contextualizado*, engloba os resumos (D1, D3, N1, e N3) que se utilizaram algum elemento que indicasse algum tipo de tentativa de contextualização. Veja por exemplo, a transcrição do resumo abaixo:

D1: “Na Grécia Antiga acreditavam que a luz era de natureza corpuscular, emanada pelos objetos, havia ainda quem acreditava que a luz é algo emitido pelos olhos e havia aqueles que acreditavam que a luz era resultados de algo emitido pelos olhos e pelos objetos. Porém, para Aristóteles a luz decorria de uma atividade em determinado meio (onda) esta discussão durou até o século XVII, nessa época houve um progresso científico devido alguns cientistas que mudaram o ramo da ótica, tal progresso envolvia fenômenos de refração, reflexão (concepção da luz

como feixe de partículas). Quando descobriram outros fenômenos para a luz (difração, interferência e polarização), o que gerou grande discussão, pois isto são fenômenos ondulatórios, esta discussão perdura até hoje, mas o que se conclui é que a luz hora pode ter comportamento ondulatório e hora pode ter comportamento de partícula, isto vai depender do fenômeno associado.”

Esse aluno apresenta um elemento importante que é localizar, ainda que muito superficialmente o que ele chama de progresso científico no século XVII, embora ele não explicita mais detalhes. Essa marcação foi trabalhada nas aulas, levando em conta elementos como o início do movimento iluminista e a importância dos trabalhos de Galileu e Descartes. Esse tipo de demarcação apareceu em várias outras respostas como no resumo de D1 e no trecho transcrito de D3 a seguir:

D3: “Durante o período denominado “idade das trevas”, nada de muito considerável se publicou sobre fenômenos luminosos. A partir do século XVII o tema voltou a ser discutidos e trabalhado com mais sucesso, por Galileu, Hooke, Descartes e outros mais.”

Observa-se também na resposta de D1 que o aluno escreve indicando em terceira pessoa quem descobre e quem acredita, sem denominar quem pratica essas ações, embora se tenha discutido a respeito de quem toma decisões na ciência e que é uma atividade humana, ainda parece que os alunos não se preocupam muito com essa questão. No trecho transcrito de D3, percebe-se que ele escreve que pouco se publicou na denominada idade das trevas, o que pode indicar que ele imagine que havia veículos de comunicação semelhantes aos que temos hoje. Embora um dos temas discutidos em aula tenha sido a circulação de informações em cada período.

Um elemento de contextualização importante que foi discutido durante as aulas foi a utilização da experimentação e da matemática, em grande parte com grande influência de Galileu e Newton, e aparece em algumas respostas, como N3, que inicia três parágrafos consecutivos com as frases: “Com experimentos e observações começaram a ser abordados...”, “Surgindo novas situações experimentais que levaram a questões...” e “Chegando a confirmações matemáticas...”

O terceiro conjunto (D6 e D2), denominado *dual*, limitou-se a afirmar que o desenvolvimento da ótica ocorreu a partir das teorias corpuscular e ondulatória, como se observa no resumo transcrito abaixo:

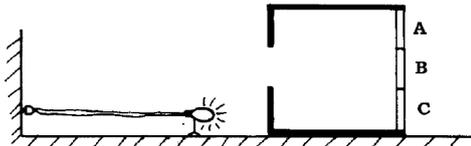
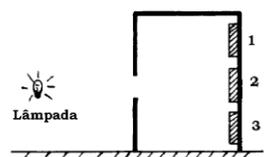
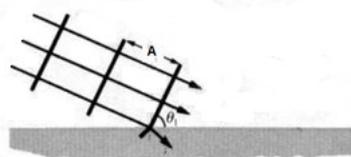
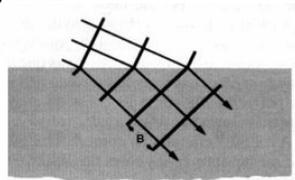
D6: “O desenvolvimento da ótica se deu a partir de princípios, como a natureza da luz ter comportamento ondulatório ou corpuscular. Sendo que não se obteve respostas exatas de qual a natureza da luz. Até hoje a luz é

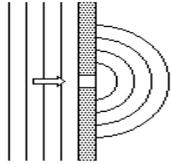
tratada como onda (comportamento ondulatório) ou como fótons (comportamento corpuscular).”

Esses dois últimos alunos, D2 e D6 concentraram-se no episódio da disputa entre as concepções corpuscular e ondulatória, que de certa forma permeou praticamente toda a história das investigações sobre a luz. No entanto, parece que se referem apenas à disputa ocorrida a partir do século XVII, que foi em grande parte a ênfase das discussões realizadas em aula, desconsiderando as concepções antigas que dão origem a cada uma das teorias como as dos atomistas e as de Aristóteles. O importante é que a grande maioria dos alunos ultrapassou esse limite, trazendo elementos constituídos desde a antiguidade grega, discutidos durante as aulas.

A seguir é apresentado um quadro com os resumos das respostas às questões de ótica dos questionários 2 a 5 (quadro 6).

Questionário 2	
<p>01) O que é a luz?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 campo (N2 e N3) • 6 dualidade da luz • 4 onda ou radiação eletromagnética • 1 fótons captados pelo olho (D1).
<p>02) Como podemos ver os objetos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 6 conseguem identificar que a luz precisa chegar aos olhos do observador • 5 associaram a visão de objetos a reflexão e refração
<p>03) Imaginando uma lanterna apontada para um espelho, descreva o que ocorre com a luz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 7 a luz seria refletida • 3 parte da luz seria refletida e parte refratada
<p>04) O desenho ao lado mostra um observador parado em frente a um espelho plano. Entre o espelho e o observador encontra-se um objeto. Se o observador mover-se para a esquerda, o que acontecerá com a imagem do objeto?</p> <div style="text-align: center;">  <p>ESPELHO</p> <p>OBJETO</p> <p>OBSERVADOR</p> </div> <p>b) Permanecerá no mesmo lugar onde estava. b) Se deslocará para a esquerda do observador. c) Se deslocará para a direita do observador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 marcaram 'a' (D11 e N1) • 2 marcaram 'b' (D7 e N3) • 9 marcaram c (D4, N2, D1, D3, D6, D10, D9, D2, D5)

<p>05) A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada em frente a uma caixa que possui uma abertura no seu lado esquerdo. Que região(ões) da parte inferior direita da caixa é(são) iluminada(s) pela lâmpada?</p> <p>a. Somente A. b. Somente B. c. Somente A e B. d. A, B e C. e. Nenhuma delas.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 11 assinalaram 'd' (N1, D11, D7, N3, D2, D9, D10, D6, D3, D1, N2) • 1 assinalou 'a' (D5) • 1 não assinalou (D4).
<p>06) A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada frente a uma janela de uma sala que contém três quadros (1, 2 e 3) na parede oposta à janela. Qual(ais) quadro(s) é(são) iluminado(s) pela lâmpada?</p> <p>a) 1, 2 e 3 b) 1 e 2 c) 2 e 3 d) Apenas o 2.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 11 assinalaram letra 'a' (D3, D10, D9, D11, N2, D7, N1, D4, D1, D6, N3) • 2 assinalaram letra 'd' (D2 e D5)
<p>07) O que diz o princípio de Huygens? Qual a utilidade dele no estudo de ótica?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 7 não responderam (D1, D4, D6, D9, D10, D11, N2) • 4 aproximaram-se de uma definição razoável, apesar de não definir uma utilidade para o princípio (D2, D3, D7 e N1). • 2 confundiram o princípio de Huygens com refração (D5 e N3).
<p>08) Considere as figuras abaixo.</p> <p>Figura 1</p>  <p>Figura 2</p>  <p>Sabendo que a figura 2 representa um instante posterior ao representado na figura 1, responda::</p> <p>a) O que significam A e B nas imagens? b) Descreva o que está acontecendo de</p>	<p>Letra a</p> <ul style="list-style-type: none"> • 7 alunos conseguiram identificar que trata-se do comprimento de onda. <p>Letra b</p> <ul style="list-style-type: none"> • 11 descrições razoáveis • 2 equívocos graves. • Nenhuma das descrições contemplou os detalhes das imagens.

acordo com as imagens.	
<p>09) (a) Como você explicaria a figura abaixo?</p>  <p>(b) Suponha que esta figura lhe seja dada para que você prepare uma aula. Como e para que você a utilizaria?</p>	<p>Letra a Os alunos em geral associaram a figura à difração, no entanto, suas descrições são bastante limitadas.</p> <p>Letra b Explicar a difração ou as características ondulatórias da luz.</p>
Questionário 3	
1) No trecho lido do texto “Tratado sobre a ótica” o autor esclarece um enunciado para o “seu princípio”? Se sim, qual é?	<ul style="list-style-type: none"> • 11 responderam inadequadamente • 4 não identificaram
2) Para Huygens do que se trata a luz? Ele está correto?	<ul style="list-style-type: none"> • 8 movimento de matéria • 7 de onda • 7 estava correto. • 4 estava errado. • 4 não responderam se estava certo ou errado.
3) A partir da leitura do trecho do texto “Ótica”, identifique como Newton concebe a luz?	<ul style="list-style-type: none"> • 10 partes sucessivas e contemporâneas • 3 raios • 2 partículas
Questionário 5	
1) Do que se utiliza Fresnel para descrever matematicamente a figura de difração? E quais suas principais conclusões?	Todos responderam literalmente de acordo com o texto.
4) Faça um breve resumo sobre o desenvolvimento da ótica.	<ul style="list-style-type: none"> • 6 pontuais • 4 contextualizados • 2 dualistas

Quadro 6 – Síntese das respostas aos questionários 1 a 5.

5.2.5. Análise das respostas sobre ótica: questionário 6

3) Para você, o que é a Luz?

Esta questão é semelhante à primeira questão do questionário 2. Por isso serão utilizados os mesmo conjuntos para classificar as respostas: o conjunto das respostas relacionadas a campos, o conjunto de respostas relacionadas à onda ou radiação eletromagnética, dualidade partícula-onda e fótons. Sendo assim, sete alunos responderam relacionando a dualidade (D2, D3, D8, D9, D10, D11 e N1),

cinco (D5, D6, D12, N3 e N4) afirmaram tratar-se de uma onda ou radiação eletromagnética, dois (D7 e N2) responderam tratar-se da composição de campos elétricos e magnéticos e um (D1) tratar-se de um feixe de fótons.

Comparando essas respostas com a questão 01 do questionário 2, percebe-se que as respostas e muitos casos são idênticas de forma que não se tem como dizer que tenha havido alguma influência do trabalho realizado na maneira como os alunos definem a luz. Como por exemplo, o aluno N2:

N2 (Q1): “É a propagação de campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo.”

N2(Q6): “É a composição de campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo.”

Em outros casos a resposta apresenta poucas variações como a seguir:

N1(Q1): Pode ser considerada como uma partícula ou como uma onda, depende de como e do que estamos tratando.”

N1(Q6): “Luz pode ser considerada uma onda eletromagnética e como partícula (comporta-se como).”

D6(Q1): “A luz é a radiação eletromagnética emitida pelo Sol.”

D6(Q6): “A luz é a radiação eletromagnética.”

No total, 12 alunos responderam aos dois questionários (2 e 6), destes 10 tiveram respostas idênticas ou muito semelhantes nos dois questionários (D1, D2, D3, D6, D9, D10, D11, N1 e N2). Os alunos D8, D12 e N4 não responderam ao questionário 1 e o aluno D4 não respondeu ao questionário 6.

Os alunos D7 e N3 apresentaram variações nas respostas dos questionários, como se pode verificar a seguir.

D7 (Q1): “Uma onda eletromagnética.”

D7 (Q6): “Uma composição do campo elétrico e magnético.”

N3 (Q1): “É uma composição de campos elétricos e magnéticos que forma através da oscilação de elétrons nos níveis energéticos, que se propaga no vácuo através de fótons (pacotes de energia).”

N3 (Q6): “Uma energia em transito, gerado pelo movimento de partículas atômicas em saltos quânticos, que por ser energia não precisa de um meio para propagar e na interação com outras energias pode se comportar tanto como onda quanto partícula (que também são formada de energia).”

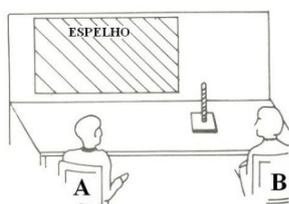
O quadro 7, a seguir, ilustra as respostas:

	Q1	Q6
D1	Fótons	Fótons
D2	Dual	Dual
D3	Dual	Dual
D4	Onda/radiação eletromagnética	-
D5	Onda/radiação eletromagnética	Onda/radiação eletromagnética
D6	Onda/radiação eletromagnética	Onda/radiação eletromagnética
D7	Onda/radiação eletromagnética	Campos
D8	-	Dual
D9	Dual	Dual
D10	Dual	Dual
D11	Dual	Dual
D12	-	Onda/radiação eletromagnética
N1	Dual	Dual
N2		Campos
N3	Campos	Onda/radiação eletromagnética
N4	-	Onda/radiação eletromagnética

Quadro 7 – Respostas à questão 03 do Q6 e da questão 01 do Q2.

A partir destes resultados percebe-se que a forma com que os alunos definem a luz parece não ter sido influenciada pelo trabalho realizado na medida em que mesmo nas respostas que apresentaram variações estas não são significativas a não ser nas respostas de D7, que passa de uma onda eletromagnética para uma composição de campos, embora ainda com limitações já que este não fala em oscilações ou variações.

- 4) [Harres, 1993] *A figura abaixo mostra um objeto que se encontra além da borda direita de um espelho plano. Os observadores A e B podem ver a imagem do objeto?*



- Sim, ambos podem ver a imagem.*
- A pode ver a imagem, mas B não.*
- A não pode ver a imagem, mas B pode.*
- Não, nenhum dos dois pode ver a imagem*

Essa questão tinha como objetivo uma comparação com a questão 04 do Q2, principalmente em termos de como os alunos tratam com raios. No quadro 8 é apresentada a distribuição das respostas

Alternativa	Número de alunos	Alunos
a	9	D1, D2, D8, D10, D11, N2, N3 e N4.
b	2	D9 e N1
c	1	D5
d	3	D3, D7 e D12

Quadro 8 – Distribuição das respostas dos alunos à questão 04 do Q6.

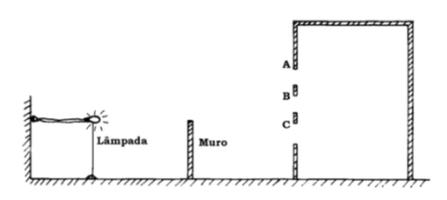
O que se percebe é que a grande maioria dos alunos não acertou a questão, assinalando a alternativa 'a'. Pode-se acreditar que essa alternativa prevalece, pois a análise dos alunos inicia pelo observador, na medida em que mesmo sem nenhum aluno ter traçado raios nessa questão, se pode perceber nas ilustrações do quadro XX, referentes à questão 04 do Q2. Essa manifestação parece ter semelhança à teoria de raios visuais, pois é ilustrado algo saindo do observador em direção ao espelho ou ao objeto.

Os três alunos que assinalaram a alternativa 'd' podem acreditar que o objeto necessita estar à frente do espelho para ser visto que é uma concepção muito comum segundo Harres (1993).

Dos alunos (D11 e N1) que acertaram a questão 04 do Q2, apenas N1 acertou novamente.

Como a questão não solicita justificativa e os alunos não traçaram raios, fica difícil conseguir uma análise mais profunda.

[Adaptadas de Harres, 1993] As questões 5 e 6 referem-se à figura abaixo. Ela mostra um muro colocado entre uma pequena lâmpada e uma sala com três janelas na parede da esquerda.



- 5) Qual (ais) da(s) janela(s) é (são) iluminada(s) pela lâmpada?
 a)A b)B c)A e B d)A, B e C

Justificativa: _____

O objetivo das questões 05 e 06 é verificar se os alunos utilizavam a propagação retilínea da luz para justificá-la, comparando as respostas com as

respostas das questões 05 e 06 no Q2. As respostas e as respectivas justificativas dos alunos encontram-se no quadro 9.

Aluno	Opção	Justificativa
D1	c	“Por que a luz se propaga em linha reta.”
D2	d	“Todos são iluminados devido a luz poder desviar obstáculos”
D3	d	“A luz é uma onda eletromagnética.”
D4	-	-
D5	d	“A luz emitida pela lâmpada deixa de ser uma onda plana ao passar pelo obstáculo.”
D6	d	“Por que a luz se espalha em todas as direções.”
D7	c	“Por que a luz se propaga de forma retilínea”
D8	d	“Por que a luz se espalha em todas as direções.”
D9	c	“Pois a luz, [...] macroscopicamente, apresenta comportamento retilíneo”
D10	d	“As frentes de onda se espalharão pelas três janelas”
D11	c	“O muro impede que a luz se propague até a janela c”
D12	c	“Pois a luz não consegue passar pelo muro...”
N1	d	“A iluminação em C é menor, fenômeno observado é a difração.”
N2	d	“Com intensidades diferentes”
N3	d	“Pois a luz ao passar pelo muro difrata e ilumina a janela.”
N4	d	“Devido ao fenômeno da difração.”

Quadro 9 – respostas e justificativas á questão 05 do Q6.

Cinco alunos assinalaram a alternativa correta e três deles (D1, D7 e D9) justificaram citando explicitamente a propagação retilínea que foi um fato bastante mencionado nos textos. Percebe-se que o índice de acertos melhorou após as aulas. Na questão 05 do Q2 havia um acerto (D5) enquanto na questão 06 havia dois (D2 e D5)⁵.

- 6) *Se você estiver dentro da sala, através de qual (ais) das janelas você poderá ver a lâmpada?*
 a) A, B e C b) A e B c) B d) A

Justificativa: _____

As respostas e as respectivas justificativas dos alunos encontram-se no quadro 10.

⁵ Em virtude do número reduzido de alunos não é apresentada uma análise estatística, mas a constatação de que mais de um aluno percebe a propagação retilínea da luz.

Aluno	Opção	Justificativa
D1	b	“Por que em C a visão da lâmpada é destruída pelo muro.”
D2	b	“A luz vemos de qualquer janela, mas a lâmpada só verei das A e B por causa do muro.”
D3	b	“O muro está no mesmo nível da lâmpada.”
D4	-	-
D5	b	“Na janela C só é possível ver a luz emitida pela lâmpada.”
D6	b	“Pois pelo ângulo A e B é possível ver melhor.”
D7	c	“Por que a luz se propaga de forma retilínea.”
D8	-	“Depende de onde estarei na sala.”
D9	b	“a luz que chega até mim só passa pelo muro, mas só através de A e B consigo enxergar a lâmpada.”
D10	a	“Mesmo motivo da anterior”
D11	b	“A janela C está atrás do muro não conseguindo visualizar a lâmpada.”
D12	b	“Pois como a luz não passa pela janela C, não iremos conseguir enxergar a mesma.”
N1	b	“Aos raios de luz que chegam a janela C estão ou foram difratados.”
N2	d	“A por interferência do muro as outras janelas não tem a mesma ‘observação’. Mas todas apresentam propagação luminosa.”
N3	a	“Se a luz chega até mim, a informação da luz também ou seja poderá ser visto a lâmpada se formos olhar para a luz.”
N4	a	“Se a luz da lâmpada chega até os meus olhos então poderei vê-la.”

Quadro 10 – respostas e justificativas á questão 06 do Q6

Nessa questão o índice de acerto é grande, nove alunos assinalaram a letra ‘b’ muitos justificando pela presença do muro, de forma que fica difícil chegar a conclusões sobre as respostas dos alunos sobre a propagação retilínea. O que de fato acontece é que nas respostas as questões 05 e 06 do Q2 muitos alunos podem ter considerado o fenômeno da refração, no entanto sem atentar as exigências para que este ocorra como a avaliação das dimensões em questão.

Sendo assim, o trabalho parece ter contribuído, minimamente por apresentar discussões sobre a ótica e a propagação da luz.

10) Como o Princípio de Huygens é utilizado na ótica? Justifique.

Com essa questão se pretendia verificar se os alunos, após as discussões, conseguiam identificar a utilização do princípio de Huygens. No entanto, nenhum aluno respondeu adequadamente a esta questão. A resposta mais aceitável foi de N1, embora este ainda não responda o como, mas sim o para quê, sem uma maior explicação sobre a utilização do mesmo:

N1: “Para explicar a difração, pois trata a luz como frentes de onda.”

Para sete alunos (D2, D6, D7, D8, D9, D12 E N3) o princípio de Huygens é utilizados para provar que a luz é onda. Três (D10, N2 e N4) não responderam a questão.

Nessa questão percebe-se claramente a dificuldade que os alunos têm com questões que iniciem com o termo como. Em geral acabam respondendo, por que, para que, mas o como parece ser excluído da questão.

11) *Explique o que representa a imagem abaixo.*

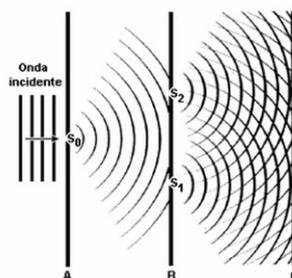


Figura 5 – Imagem representativa do experimento de Young.

Com essa questão se pretendia verificar como os alunos descrevem essa imagem, se há uma preocupação com a representação ou se simplesmente citam os fenômenos associados. Também se pretendia saber se estes utilizam adequadamente o princípio de Huygens nessa descrição. As explicações dos alunos foram divididas em dois conjuntos, um dos alunos que *apenas citaram* o(s) fenômeno(s) associado(s) à imagem e outro dos alunos que minimamente *tentaram descrever* a imagem.

O conjunto dos alunos que *apenas citaram o(s) fenômeno(s) associado(s)* (D1, D2, D6, D7, D8, D10, N1 e N3) a imagem, em geral citaram difração e interferência, alguns apenas citaram tratar-se do experimento de Young e outros não citaram explicitamente os nomes dados aos fenômenos, descrevendo apenas fendas e máximos e mínimos. A seguir algumas respostas:

D8: “Experimento de Young. Interferência.”

D1: “Difração e interferência”

A resposta de D6 apresenta apenas “Dispersão da luz” como explicação. Percebe-se que este aluno, apesar das discussões, descreve a difração como espalhamento da luz desde as questões do Q1:

D6 (questão 06 do Q1): “Pois a luz irá passar pela fenda iluminando os 3 quadros, pois há o espalhamento da luz.”

D6(questão 09 do Q1): “A luz está passando por uma fenda, e em seguida está ocorrendo seu espalhamento, ou seja, a difração da luz.”

O que mostra que este aluno não conseguiu uma evolução no sentido de descrever imagens relacionadas ao comportamento ondulatório da luz. Ao mesmo

tempo, percebe-se que o aluno D9, que no Q1 apresentava descrições semelhantes para a difração:

D9 (questão 09 do Q1): “Uma onda com certo comprimento de onda passa por uma fenda, após passar pela fenda a onda tem uma dispersão, fazendo seu caminho.”

No Q6, não utiliza mais o termo dispersão, e sim difração, como se segue:

D9: “difração de uma onda plana ao passar por S_0 . Ao passar por S_1 e S_2 teremos franja de onda onde algumas vão se cancelar e outras tornar-se mais intensas.”

Na resposta de D9 ainda há problemas com a linguagem científica, mas o contato com os fenômenos da ótica pode ter auxiliado a este aluno a superar a utilização de termos inadequados como dispersão e espalhamento.

A resposta de D9 junto às de D3, D5, D11, D12, N2 e N4, formam o segundo conjunto de respostas, onde os alunos não citam apenas os nomes dos fenômenos apresentados e em alguns casos tentam descrever o que representa a imagem, como as respostas a seguir:

N4: “Difração da luz e irá gera na parte ‘c’ pontos de máximos e mínimos de interferência.”

D11: “Representa uma frente de onda incidindo, primeiramente, em uma fenda (S_0) e depois em duas (S_1 e S_2) fendas.”

Percebe-se que as respostas são sucintas, mas minimamente trazem elementos da imagem para explicá-la como a menção às fendas e a o que seria um anteparo, embora os alunos continuem muito distantes tanto de descrever adequadamente a imagem, quanto de utilizar corretamente a linguagem científica. Nesse sentido podemos citar, por exemplo, que o aluno D11 cita uma frente de onda quando na realidade teríamos várias frentes de onda representadas na imagem ou que o aluno N4 diz que a difração irá gerar máximos e mínimos.

12) Para você, qual das figuras abaixo é mais adequada para explicar a refração? Justifique.

Figura A

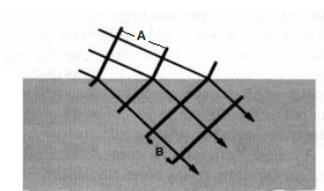
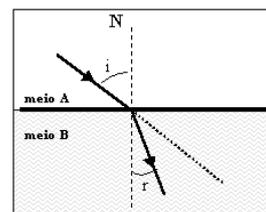


Figura B



O quadro 11 a seguir reúne as opções e as justificativas dos alunos.

Aluno	Figura escolhida	Justificativa
D1	As duas	“As duas mas a primeira é bem interessante, pois mostra que o comprimento de onda muda.”
D2	Qualquer uma	“Fig. A é mais completa. Fig. B é uma representação.”
D3	a	“Evidenciar a velocidade de luz o índice de refração pois apresenta o comprimento de onda dos feixes incidente e refratado. É mais fácil em função de que $\theta_r < \theta_i$ do que $\lambda_i > \lambda_r$.”
D4	-	-
D5	a	“Entendo a figura A como a mais adequada, mas para facilitar o entendimento do aluno usaria as duas figuras em uma aula.”
D6	b	“A figura B, pois é mais fácil entender, sendo que está destacado cada meio, e a onda incidente pela letra i e a refratada pela letra r.”
D7	a	“A figura A explica melhor pois é possível ver com mais clareza a dispersão dos raios.”
D8	b	“Mais definida.”
D9	b	“A visualização da luz por meio de raios é mais fácil de se compreender, pois não temos de entrar na questão do que é a luz. Então considero essa imagem mais ilustrativa do ponto de vista didático.”
D10	a	“A figura A, pois mostra mais que um raio de luz. Considerar um raio apenas é muita idealização...”
D11	a	“A figura A é mais adequada, é menos esquemática que a figura B.”
D12	a	“A figura A trata a luz como onda, já a figura B trata a luz como um raio. Creio que a figura A abordaria melhor o conceito de refração, pois estaria ligada com a diferença de velocidade.”
N1	b	“Figura B, pois é observado o ângulo incidente e refratado.”
N2	As duas	“As duas indicam alteração do incidência em diferente meios.”
N3	a	“A figura A pois mostra mais fases do processo e pode ser visto e relacionado com a deformação de objetos parcialmente submersos.”
N4	Nenhuma	“Nenhuma das duas, pois em nenhuma delas se leva em consideração o observador.”

Quadro 11 – respostas e justificativas á questão 12 do Q6.

Para seis alunos, a figura A é a mais adequada, no entanto algumas justificativas são absurdas, como as de D7 e N3. A maioria dos alunos parece não perceber que a explicação do fenômeno é diferente da descrição das consequências do mesmo.

5.3. Análise das questões relacionadas a aspectos de HFC

5.3.1. Análise das questões sobre HFC

A seguir são apresentadas as análises das respostas dos alunos sobre as questões relacionadas ao contato dos alunos com HFC e a seguir sobre a Natureza da Ciência.

5.3.1.1. Análise das questões sobre HFC: questionário 1

5) *Já cursou alguma disciplina (na universidade) ou fez algum curso envolvendo História e Filosofia da Ciência?*

Doze alunos afirmaram que sim (D1, D2, D3, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, N1 e N3), a maioria se referindo a Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física e alguns a Didáticas I e II da Física.

Outros quatro alunos (D4, D5, N2 e N4) afirmaram nunca ter cursado nenhuma disciplina nem ter feito nenhum curso.

6) *Você já ouviu o termo 'História e Filosofia da Ciência'? Se sim, onde? O que você entende por este termo?*

Apenas dois alunos (N4 e D7) disseram desconhecer o termo. Quanto aos que já ouviram falar a maioria afirma ter sido durante as disciplinas do curso de Física, alguns mencionam seus grupos de pesquisa e alguns citam livros e palestras.

As respostas das questões 06 e 07 mostram que o tema tem sido inserido no curso de Física, embora seja difícil responder em que medida isso ocorre e como ocorre dentro das disciplinas.

7) *Você se interessa por esse tema?*

Apenas dois alunos (D1 e D5) afirmaram não se interessar pelo tema, mas não mencionaram os motivos.

Dos alunos que afirmaram se interessar pelo tema, cinco não justificam. E os alunos que o fazem apresentam três ênfases nas respostas:

- *Entender ciência* (D4, D12, N1 e N3): esses alunos mencionam que o tema ajuda a compreender a ciência ou o seu desenvolvimento.

N3: “Sim, podemos entender melhor a ciência, através de como e quais as questões que geraram nosso conhecimento e cultura”.

- *Interesse pessoal* (D3 e N4): os alunos mencionam seu interesse pelo tema.

D3: “Uma das questões que mais desperta interesse no curso. Toda esta parte de didática, história e filosofia da física.”

- *Formação profissional* (D10 e D11): Os alunos mencionam a importância do tema para a formação de professores e pesquisadores na área de física.

D10: “Sim. Todo professor ou pesquisador de física precisa conhecer um pouco pelo menos, da História e da Filosofia da Ciência.”

As justificativas são variadas e demonstram que os alunos conseguem perceber a importância do tema tanto para a compreensão da ciência quanto para a formação de profissionais ligados a essa área.

5.3.1.2. Análise das questões sobre HFC: questionário 6

8) *Em sua opinião, quais seriam as principais dificuldades para se trabalhar em sala de aula com a História e Filosofia da Ciência?*

Essa questão tinha como objetivo verificar que tipos de dificuldades os alunos identificariam a partir do trabalho com o tema nas últimas aulas. As principais dificuldades apontadas foram:

- *Comunidade escolar:* seis alunos citaram dificuldades atribuídas a alunos, pais e escola como a falta de interesse dos alunos, a dificuldade dos alunos para leitura, a falta de costume em relação ao conteúdo que seria mais qualitativo e poderia provocar reação da comunidade escolar.

- *Tempo:* quatro alunos citaram a falta de tempo.
- *Recursos:* três alunos citaram a dificuldade de se tratar com textos
- *Conteúdo:* dois alunos citaram ainda se tratar de temas abstratos.

A maioria das respostas atribui a dificuldade a terceiros, como os alunos. Resultado semelhante foi encontrado por Martins (2007) em pesquisa com alunos do curso de Física e de pós-graduação e professores de educação básica.

Pelas respostas podemos ver que alguns alunos associam apenas o recurso texto ao tema, o que pode ter sido provocado pela ênfase dada aos textos durante a proposta implementada.

5.3.2. Análise das questões sobre Natureza da Ciência

5.3.2.1. Análise das questões sobre NdC: Questionário 1

1) Para você quais os objetivos da ciência?

As respostas forma agrupadas em três conjuntos denominados *explicativo*, *utilitário* e *utópico*.

O conjunto *explicativo* (D1, D2, D3, D4, D7, D8, D10, D11, N2 e N4) é composto pelas respostas dos alunos que associam os objetivos da Ciência a explicar fenômenos naturais, o mundo, o funcionamento do universo, etc. A seguir são transcritas algumas respostas:

D1: “Criar modelos para tentar explicar os fenômenos da natureza.”

D8: “Explicar tudo que acontece a sua volta.”

D10: “Explicar o que de fato ocorre na natureza, bem fundamentado em estudos.”

Nas respostas de D3, D4 e D11, encontramos também características do grupo *utilitário*, onde foram classificadas as respostas que afirmam que a Ciência tem por objetivos ajudar a humanidade, desenvolver tecnologias, melhorar a vida das pessoas, etc. as respostas de D3 e D11 são transcritas a seguir:

D11: “Explicar através de modelos, os fenômenos naturais, contribuindo para solucionar os questionamentos do ser humano e para os avanços tecnológicos.”

D3: “Encontrar explicações para o mundo em que vivemos, desenvolvendo novas tecnologias para melhorar esta vivência. Além de projeções futuras.”

No total, sete alunos (D3, D4, D5, D6, D9 e D11) explicitaram a característica *utilitarista* em suas respostas. A seguir são transcritas algumas:

D5: “Proporcionar o desenvolvimento do conhecimento, de tecnologias, melhorar a qualidade de vida.”

D9: “Tornar a vida de todos os cidadãos mais eficiente e resolver problemas do cotidiano do ser humano.”

O outro conjunto que foi denominado *utópico* engloba respostas (N1, N3 e N4) relacionadas a associar a Ciência a respostas de questões existenciais como, quem somos, de onde viemos e para onde vamos, como o aluno N4:

N4: “Estudar e entender os fenômenos naturais para que saibamos quem somos, de onde viemos e para onde iremos e principalmente qual o nosso papel no universo.”

2) *Você acha que existe diferença entre os conhecimentos, por exemplo, da astronomia e da astrologia?*

As respostas dos alunos foram classificadas conforme seus argumentos, assim foram divididas em três conjuntos, um conjunto que relaciona astronomia a Física ou a Ciência para justificar a diferença entre ambas, que denominamos de *autoridade científica*, e um conjunto, designado *objetivo*, que justifica a diferença de acordo com os objetivos da astronomia e da astrologia, e outro grupo que não justifica, apenas aponta que existem diferenças.

O conjunto denominado *autoridade científica* (D3, D4, D6, D10, D12, N1, N2 e N4), engloba as respostas que associa a astronomia à Ciência ou à Física, e em geral apresentam argumentos de autoridade da Ciência para diferenciar as duas áreas, como nas respostas transcritas a seguir:

D6: “Sim. Pois a astrologia não é uma ciência, enquanto que a astronomia é uma ciência.”

N4: “Com certeza existe uma diferença enorme e eu não consigo ver nenhum fundamento científico na astrologia.”

D4: “Sim, acho que possui diferença. A astronomia está relacionada com o conhecimento da física e astrologia não relaciona-se com a física e não é ciência.”

Percebe-se pelas respostas acima que os alunos não identificam a astrologia como uma atividade científica, no entanto, não apresentam argumentos que justifiquem as suas respostas. Outros alunos justificam suas respostas associando astrologia com religião, fé ou mitos:

D3: “Acredito que a astronomia possua uma base científica muito melhor estruturada que a astrologia. Creio que a astrologia seja uma espécie de religião não possuindo bases concretas para se estruturar.”

D12: “Creio que sim, pois uma tem como plano de fundo a ciência; já do outro lado existe um outro tipo de plano de fundo; - misticismo.”

O conjunto que justifica as diferenças mediante os *objetivos* das duas áreas (D1, D8 e N3), para a maioria dos alunos os objetivos da astronomia estariam relacionados ao universo enquanto da astrologia a astros ou planetas:

D1: “Astrologia estuda astros (planetas), astronomia estuda o universo.”

D8: “Sim. A astronomia busca explicar tudo que ocorre no universo e a astrologia explica acontecimentos baseada na posição dos astros.”

De certa forma a ideia seria de que a astronomia representa o estudo de algo maior, com mais poder explicativo. Nessas respostas também há apenas argumento de autoridade científica, onde a astronomia seria melhor por explicar mais.

O outro conjunto é dos alunos que *não justificaram* (D2, D5, D7 e D9), escrevendo apenas “sim” como D2, “obviamente” como D7 ou nada como D9 que deixou a questão em branco.

03) O desenvolvimento de uma área da física pode influenciar outra área da física? Cite exemplos.

Todos os alunos concordam que sim. Identificamos dois conjuntos, um que faz relações históricas como a relação entre mecânica clássica e mecânica quântica e um que faz relações entre áreas contemporâneas, não relacionando a relações históricas.

No conjunto de relações históricas (D1, D3, D4, D6, D8, D9, D10, N1, N3 e N4) percebe-se que mais da metade de todos que responderam ao Q1, sete alunos (D1, D4, D6, D8, D10, N1 e N3) citam como exemplo que a relação entre mecânica clássica e a mecânica quântica e dois (D1 e D12) sobre a relação entre mecânica clássica e relatividade, no entanto não há explicações sobre essas relações. Eles parecem remeter a um episódio histórico de ruptura, referindo-se a dois domínios distintos que em primeira instância não apresentam relações entre seus desenvolvimentos. Esses episódios são amplamente mencionados em aulas de física (e também em veículos de comunicação) que, no entanto em grande parte deixam de lado relações históricas como, por exemplo, a relação entre o desenvolvimento do eletromagnetismo e da ótica.

No conjunto de relações *não históricas* (D2, D5, D7 e N2), os alunos fazem referência a áreas contemporâneas como matéria condensada e eletrônica, ou biofísica e Física médica.

04) O desenvolvimento da ótica pode ser relacionado a outras áreas? Como?

Todos os alunos responderam que sim, no entanto as áreas e a forma dessa relação variaram bastante, como se pode ver no quadro 12:

Aluno	Área	Como
D1	Várias	Ótica surgiu para suprir necessidades
D2	-	-
D3	-	-
D4	Física Quântica	Raio X e Difração
D5	Astronomia	Aperfeiçoamento de lentes
D6	Física clássica Física Quântica	Raio X e Difração
D7	Astronomia Biologia	-
D8	Biologia	Estudo do olho
D9	Mecânica Clássica Mecânica Quântica	Influenciado pelo descobrimento
D10	Física Quântica	Difração de raio-X, reflexão de ondas
D11	Eletromagnetismo Astronomia	-
D12	Astronomia	Como base.
N1	Eletromagnetismo Mecânica	Desenvolvimento de tecnologias com transmissão de dados. Curvamento do espaço-tempo.
N2	-	-
N3	Mecânica Eletromagnetismo Matemática	Estudos

Quadro 12 – Respostas à questão

5.3.2.2. Análise das questões sobre NdC: Questionário 3

2) *Você concorda com a afirmação de que a formulação de um problema é mais essencial que sua solução (p.83)? Justifique.*

Dos treze alunos que responderam a esta questão, 12 concordam com a afirmação. Apenas um (D5) discorda, justificando que tanto o problema quanto a solução são importantes à ciência:

D5: “Não concordo que a formulação é mais essencial que a solução, ambas são essenciais para a evolução da ciência.”

Os outros 12 alunos justificaram sua concordância explicitando algumas características comuns. Agrupamos as respostas em dois conjuntos, um das justificativas que afirmam que as *respostas dependem dos problemas*, por isso os problemas seriam mais importantes e outro que problemas bem formulados levariam a *avanços na ciência*. É importante salientar que esses conjuntos não são excludentes e alguns alunos apresentaram características relacionadas aos dois conjuntos, como as respostas dos alunos N3 e N4.

Nove alunos (N1, N2, N3, N4, D1, D2, D4, D6 e D11) justificaram a resposta estabelecendo uma espécie de dependência da resposta ao problema, como nas respostas transcritas abaixo;

D1: “Sim. Porque é necessário que se tenha um bom problema para se ter uma boa solução.”

D4: “Sim, pois a formulação de um problema abre portas para várias soluções e para pensar além do que uma solução.”

Nas respostas de seis alunos (D7, D8, D9, D12, N2 e N4) a justificativa associou a formulação de problemas a avanços na ciência ou progressos para a humanidade, como se verifica nas transcrições a seguir:

N4: “Concordo, uma vez que como o próprio texto já diz a solução pode ser dada de uma maneira muito trivial, como já temos vários exemplos na história mas um problemas bem formulado, pode apresentar um grande salto para a ciência.”

D12: “Sim, pois com a formulação de novas questões, a sociedade científica irá buscar novas formas para sanar esses novos questionamentos e como resultado teremos um novo avanço tecnológicos (modelo linear do progresso).”

D9: Sim. Pois quando tentou-se resolver responder a perguntas propostas é que caminhamos para o avanço da ciência.”

De forma geral as respostas parecem bastante satisfatórias, na medida em que os alunos conseguem identificar a importância da formulação de problemas sem esquecer-se da importância das respostas.

Percebe-se nessas respostas que os alunos não parecem se prender tanto ao texto o pode ser atribuído ao trabalho e propostas de leitura e discussão das aulas anteriores ou a formulação da questão que dá liberdade para eles colocarem sua opinião.

5) Na página 101 do texto lido, último parágrafo, há a seguinte frase “O veredicto do século XIX não foi cabal e definitivo.”. Quem proferiu esse veredicto? E com base em que o proferiu?

As respostas e respectivas justificativas a esta questão encontram-se no quadro 13, apresentado a seguir.

	Quem proferiu	Com base em que proferiu
D1	Comunidade científica	“que a teoria corpuscular não permite que a luz faça curva e exige a existência de sombras distintas.”
D2	Albert Einstein	“A luz só revela a sua natureza qdo usados obstáculos muito pequenos.”
D3	-	-
D4	Albert Einstein	“...quando a teoria ondulatória não consegue explicar, a corpuscular explica e vice-versa. Uma teoria depende da outra.”
D5	A história	Trabalhos de Young e Fresnel
D6	Albert Einstein	“...diz que é aceitado a derrota da teoria corpuscular até reconhecermos a natureza problemática da vitória da teoria ondulatória.”
D7	Não identificou	“... o problema de decidir entre corpúsculos e ondas ainda existe para a física moderna.”
D8	Albert Einstein	“..que a luz só revela a sua natureza quando usados obstáculos e aberturas muito pequenas.”
D9	Os cientistas do próximo século	Não respondeu.
D10	-	-
D11	Newton	“.. dizendo que sua teoria era mais fácil de ser entendida.”
D12	Não identificou	“... ‘ainda existe a física moderna’, com isso ficou evidente que o estudo deste ‘tópico’ ainda não acabou.”
N1	Huygens	“Devido a física moderna com a ajuda do desenvolvimento tecnológico possuir um melhor aparato para novas descobertas.”
N2	Não identificou	Não identificou
N3	Não identificou	“com base nas equações de Maxwell que trouxeram confirmações matemáticas que a luz poderia ser uma onda eletromagnética. E com o experimento de fenda de difração.”
N4	Huygens	“com base no fenômenos da sombra distinta, isto é, o fenômenos da propagação retilínea da luz, só é observado porque todos os obstáculos e aberturas normalmente encontrados são extremamente grandes em relação com os comprimentos de onda da luz.”

Quadro 13 – Respostas e justificativas á questão 06 do Q4.

Os alunos mostraram muita dificuldade com uma questão que se refere diretamente ao texto. A seguir transcrevemos o parágrafo de onde o trecho foi retirado em Einstein e Infeld (2008):

“Mas a história da busca de uma teoria da luz não está de modo algum concluída. O veredicto do século XIX não foi cabal e definitivo. Todo o problema de decidir entre corpúsculos e ondas ainda existe para a física moderna, desta vez de forma muito mais profunda e intrincada. Aceitemos a derrota da teoria corpuscular da luz até reconhecermos a natureza problemática da vitória da teoria ondulatória. (EINSTEIN; INFELD, 2008, p101.)”

Mas as dificuldades dos alunos não se limitam apenas ao texto, dos três nomes citados nas respostas, apenas Einstein estava vivo no século XIX. No entanto há de se considerar que os episódios relativos ao século XIX ainda não haviam sido trabalhados com os alunos, que teoricamente nunca teriam tido contato com tais. Assim, essas dificuldades já foram levadas em consideração nas aulas seguintes onde foram descritos esses episódios e a mudança paradigmática ocorrida nesse século.

5.3.2.3. Análise das questões sobre NdC: Questionário 4

2) *Alguma vez existiu éter? Justifique.*

Os alunos foram unânimes em responder que não. A maioria das respostas (D1, D2, D3, D7, D9, D11, D12, N2, N3 e N4), 10 dos 12, que responderam ao questionário 5, justificou tratar-se de uma ideia necessária para explicar a teoria ondulatória que se utilizava de uma analogia com o som, como pode ser verificado nas transcrições abaixo:

D11: “Verdadeiramente, não. Porém, para que teorias permanecessem de pé, foi necessário introduzir esse conceito, ainda que sem prova-lo.”

D3: “Não. O éter ‘surgiu’ em uma analogia ao som. Este é uma onda mecânica que se propaga em meios materiais (ar, sólidos ou líquidos). Então pensou-se que a luz também não poderia se propagar no vácuo se não existe este fluido luminoso.”

N3: “Pela concepção dos antigos, tinha uma grande possibilidade de existir, pois era necessário para explicar muitos fenômenos da luz, não sendo claro a confirmação da existências, mas uma justificativa filosófica para solucionar a questão da luz como uma propagação.”

Os outros dois alunos justificaram de maneiras distintas dos demais, como se pode verificar abaixo:

N1: “Não, sempre era inserido no experimento para justificar os resultados.”

D6: “Não. Pois como podemos ver no texto que a luz passou a ser encarada como uma onda que se auto-sustentava e, as atenções dos cientistas se deslocaram se conceito de éter para o conceito de campo.”

De forma geral os alunos conseguiram perceber que a consideração do éter se justificava pela analogia das ondas com o som, o que foi tratado nos THIC lidos nas AD 03 e 04. Essa questão serviu também para realização de debates na sala de aula.

5.3.2.4. Análise das questões sobre NdC: Questionário 6

1) *Para você, o que é ciência?*

Essa questão foi proposta com objetivo de comparar as respostas a esta questão com a questão 08 do Q1 tentando avaliar possíveis influências do trabalho realizado, por isso não serão categorizadas as respostas, mas se utilizará a categorização da questão 08 do Q1 na comparação.

Verifica-se que nove alunos (D1, D2, D3, D8, D10, D11, N1, N2 e N4) poderiam ser classificados como *explicativos*. Desses nove alunos, oito apresentaram de fato as respostas associadas a essa categoria, de forma que podemos inferir que não houve mudança significativa sobre a definição de ciências desses alunos. Atenta-se ao fato de se tratarem de questões diferentes, no entanto as respostas são têm o mesmo teor, como se percebe nas respostas a seguir:

N2: “É o que estuda os fenômenos naturais.”

D1: “É o estudo dos fenômenos da natureza.”

Além dessas semelhanças, uma característica importante evidenciada em algumas respostas (D7 e D12) foi um deslocamento da ciência como explicação da natureza para a relação do homem com natureza, como se percebe na resposta de D7:

D7: “Estuda a relação entre as pessoas e a natureza.”

Sendo assim, o trabalho realizado parece ter contribuído para a inclusão das pessoas no processo científico, mostrando que não existe uma relação neutra entre a ciência e a natureza.

Outro aspecto importante a ser salientado foram algumas alterações significativas entre as respostas das duas questões, como N3:

N3 (Q1): “Para mim o objetivo principal é a aquisição de cultura, o saber ‘sem compromisso’, e segundo a ‘paz interior’ (em busca de entender o que somos e onde estamos).”

N3: “É o estudo de acontecimentos, com o objetivo de entender o mundo que vivemos e a nós mesmos, de modo analítico e por processos filosóficos, experimentais para encontrar padrões e criar modelos explicativos.”

Este aluno passa a perceber que há sim critérios na ciência, que não é uma busca sem compromisso.

Sendo assim, percebe-se que o trabalho parece ter contribuído tanto para expor aspectos importantes da ciência, quanto para caracterizá-la como atividade humana.

2) *O que torna a ciência (ou uma disciplina científica como a Física, a Biologia etc.) diferente de outras formas de investigação (por exemplo, religião, filosofia)?*

Essa questão tinha como objetivo a comparação com a questão 09 do Q1. Percebe-se nas respostas que os alunos procuram realmente diferenciar de alguma forma a ciência dessas outras áreas, não mais utilizando argumentos de autoridade como na questão do Q1. As justificativas podem ser classificadas em três conjuntos:

- *Fundamentos* (N4, D2 e D5): os alunos citam que a religião se baseia em fé e dogmas enquanto a ciência em fatos e paradigmas.

N4: “Na religião nós temos dogmas imutáveis e nas ciências nos temos paradigmas aceitos pela comunidade científica.”

- *Objetivos* (D1, D6, D8 e N2): os alunos citam que a diferença está nos objetivos. A ciência buscaria a explicação de fenômenos naturais enquanto a religião trataria de fenômenos mais vagos ou abstratos.

D6: “Nessas disciplinas são estudados assuntos relacionados a fenômenos que acontecem. Já como a religião. São assuntos mais abstratos, vagos.”

- *Experimentação* (D3, D7, D9, D10, D12, N1 e N3): os alunos fazem menção ao fato de a ciência ter como aliada a experimentação.

D11: “As investigações científicas dizem respeito aos fenômenos da natureza e sua credibilidade se dá pela comprovação empírica.”

Percebe-se que com o andar do trabalho os alunos abandonaram os argumentos de autoridade da ciência e buscaram nela argumentos para confrontar as diferentes áreas.

5.4. Análise das questões sobre os textos

5.4.1. Análise das respostas sobre os textos: questionário 3

4) *Você teve alguma dificuldade na leitura dos textos? Quais?*

As respostas foram divididas em dois conjuntos, um relacionado a dificuldades com a *linguagem* e o vocabulário utilizados nos textos e outro relativo a dificuldades *conceituais*, relacionadas com a dificuldade de interpretação manifestadas pelos alunos em suas respostas.

Nove alunos (D2, D3, D5, D7, D8, D11, D12, N3 E N4) responderam que a dificuldade seria com relação à linguagem dos textos, alguns como D7, D11, D5, N3 simplesmente citaram a linguagem como dificuldade sem explicitar detalhes, enquanto outros registraram outros elementos como:

D3: “Sim. A linguagem é rebuscada e tem coisas que não ficam bem claras pois tem bastante coisa que é descrita por relação entre segmentos”

D5: “Sim. O texto nem sempre é claro no que se quer transmitir.”

N4: “O texto ‘Ótica’ de Newton, tem um vocabulário muito difícil, minha dificuldade é em aceitar as concepções dos autores diante do conhecimento que já possuo. Os textos são bastante teóricos, o que para mim torna o texto cansativo.”

D6: “Sim. Principalmente no texto de Huygens ‘Tratado sobre a luz’, pois a forma como ele aborda o assunto, a leitura se torna complexa e confusa.”

Percebe-se que as discussões realizadas por meio da apresentação em PowerPoint realizada nas primeiras aulas não foi suficiente para que os alunos tivessem mais noção do contexto em que os textos foram escritos, o que pode ter feito a leitura tornar-se mais complicada na medida em que os alunos parecem ter lido os textos com uma perspectiva unicamente contemporânea como fica claro na resposta de N4.

Outros seis alunos (D1, D4, D6, D9, D10 e N1) manifestaram dificuldade que foram classificadas como dificuldades conceituais ou dificuldades em relação ao conteúdo, sem explicitar especificamente a que se referiam fazendo comentários diversos como os citados a seguir:

D4: “Sim, os textos discutem conceitos bem específicos da física e para eu poder compreender, precisaria estudar e buscar outras leituras.”

D10: “Tive dificuldades para interpretar algumas coisas, o que pode ser solucionado com a releitura.”

N1: “Sim, os textos rotineiramente trabalhados em sala de aula, já trazem o conhecimento pronto, com as teorias comprovadas, estes textos que lemos estão em desenvolvimento sua teoria, com muitas questões a serem testadas.”

D1: “Sim. Principalmente no de Huygens. As principais dificuldades foram entender a forma como ele entendia a luz. Que para mim é desconhecida e errada. Por isso é difícil de se interpretar.”

D9: “Não muitos, pois o conteúdo abordado já foi trabalhado muitas vezes, porém é comum o surgimento de dúvidas, como por exemplo, quando Huygens trata a luz se propagando no éter.”

Nas respostas de N1, D1 e D9 também se podem identificar algumas dificuldades com relação à perspectiva com que os alunos leram os textos como “teorias em desenvolvimento”, “questões a serem testadas” e “forma como ele entendia a luz... Que para mim é desconhecida e errada” que parecem refletir certo conflito com a forma com que comumente a Ciência é apresentada, mediante produtos de experiências bem sucedidas na qual o cientista é sempre brilhante. Isso reflete que os alunos percebem que estes cientistas precisam construir suas ideias e que muitas vezes erram ou são imprecisos, mostrando que estes textos são importantes para aproximar o trabalho dos cientistas de um trabalho humano e passível de erros.

Nas respostas de D4 e D10 nota-se que eles procuram soluções para uma melhor compreensão com releitura ou leituras complementares, e aparentemente não culpam a linguagem pelas dificuldades na leitura.

Além disso, nessas respostas se podem perceber alguns elementos interessantes como o aluno N1 que coloca como dificuldade uma diferença entre os textos habitualmente trabalhados em sala de aula e os textos lidos. Os textos trabalhados em sala de aula em geral são constituídos de manuais que trazem o produto da Ciência sem se preocupar com o processo de construção das ideias na Ciência.

Ainda podemos desprender das respostas de D1 e D9 onde estes apontam dificuldades em relação à forma como Huygens trata ou concebe a luz, que uma maior contextualização, anterior à leitura desse tipo de texto se faz necessária.

5) *Quais as principais diferenças que você consegue identificar entre o texto de Newton e o de Huygens?*

Foram diferenciados dois conjuntos nas respostas dessa questão, um relacionado a diferenças no *conteúdo* dos textos ou do que tratam os textos e outra relacionada a diferenças *estruturais* relacionada a como os autores definem a luz ou fenômenos naturais. Três alunos limitaram-se quase exclusivamente a diferenças entre o conteúdo dos textos enquanto 11 se referiram mais a diferença estrutural dos textos e um aluno simplesmente afirmou que o texto de Huygens era mais complicado que o de Newton.

Os três alunos que identificaram diferença nos conteúdos, apontando o que tratava cada texto, destacam alguns conceitos e ideias que os autores utilizaram em seus textos como se pode ver nas transcrições abaixo:

N3: “De Newton, é mais destacado nas explicações a composição da luz frente aos fenômenos de refração e reflexão, já Huygens destaca mais o meio de propagação do que a luz em si.”

N4: “Christiaan Huygens, fala no texto sobre o tempo e a velocidade a respeito da luz, apesar de ele ‘achar’ que o sol estava em repouso em relação a terra, ele também descreve éter na composição da matéria o que difere das descrições de Newton.”

D2: “No texto de Newton há mais explicações sobre os fenômenos ondulatórios. Já no 2º é um texto não tão direto”

O que se nota é certa falta de concentração do aluno D2 que afirma que Newton descreve fenômenos ondulatórios quando este defende uma teoria corpuscular.

Já as respostas classificadas como apontando diferenças *estruturais* indicam em grande parte a forma como ambos definem a luz ou os fenômenos naturais. Três alunos (D5, D8 e D11) simplesmente colocam como diferença o tratamento dado à luz por cada um dos autores, outros colocam alguma explicação sobre essa diferença como nas respostas a seguir:

D1: “No texto de Huygens ele tenta definir como a luz se propaga e o Newton tenta definir a luz por axiomas”

N1: “Huygens – trata a luz como onda, suponha hipóteses. Newton – Propagação retilínea da luz, as conclusões eram tiradas de experiências.”

Alguns alunos relacionaram o texto de Newton a explicações a partir de definições e/ou axiomas como D1, D4, D6, D7, D10 e D12 e destes, D4, D6, D7 e D10 associam o texto de Huygens a explicações ligadas a princípios da Filosofia. Essas diferenças se apresentam logo na primeira página de cada um dos textos onde Huygens afirma que se utilizará de princípios aceitos pela Filosofia na época e Newton que tomará como premissas as definições e axiomas que se seguem no texto. De certa forma esta estrutura em termos de definições e axiomas parece ser considerada mais simples e/ou direta como colocam D4, D6 e D10:

D4: “No texto de Newton, as definições são colocadas de forma direta e no texto de Huygens é utilizado vários princípios da filosofia para relacionar com aquilo que ele tratava sobre a luz.”

D6: “No texto de Newton, os conceitos, definições são bem diretas. Já no texto de Huygens, ele faz relações com princípios da Filosofia, para tratar sobre a luz. Sendo este texto mais complicado a leitura.”

D10: “O texto de Huygens é um texto mais complicado que abrange uma parte filosófica, ao contrário de Newton que trata mais de definições, conceitos...”

Além da afirmação de Huygens de que utilizaria princípios da filosofia para dar razão a suas teorias sobre a luz pode ter havido certa confusão dos alunos já

que nem nas observações na aula, nem nas suas respostas há indícios de quais sejam esses princípios utilizados ou a parte filosófica a que se referem nas respostas. Aparentemente a narrativa proposta por Huygens foi associada à Filosofia o que pode ter sido agravado pela comparação com a estrutura formal, composta por definições e axiomas, proposta por Newton. A associação da estrutura formal com a Ciência e de outra estrutura com outros assuntos parece ficar mais clara na resposta do aluno D9 que se desvencilha um pouco dos textos em sua resposta:

D9: “Newton utiliza o método científico de forma que seu texto é muito mais simples e direto. Ao mesmo tempo que Huygens parece estar escrevendo uma carta. Newton aborda o conceito da luz de modo que nenhuma de suas experiências provam o contrário.”

Nota-se que este aluno associa a Newton à atividade científica e esta a uma exposição simples e direta, conforme a maioria dos livros de física utilizados tanto no EM quanto no ES.

6) *Você utilizaria estes textos em aulas de física? Como?*

Ao responder essa questão a maioria dos alunos respondeu que utilizaria de alguma forma. Dos 15 que responderam a questão, apenas dois responderam que não utilizariam e dois que não sabiam se utilizariam ou não. Os motivos para a não utilização dos textos encontram-se transcritos nas respostas abaixo:

N4: “Não utilizaria. Os textos são difíceis, e complicado trabalhar a luz na mecânica clássica, tradicionalmente falando. E fica muito cansativo remeter a esses autores. Trataria de exemplos mais cotidianos, e se possível citaria os autores em um contexto histórico.”

D7: “Não, por que a linguagem usada pelos autores é de difícil entendimento.”

Como se pode perceber D7 refere-se exclusivamente à linguagem utilizada nos textos enquanto N4 coloca complicações em relação a trabalhar a ótica com a perspectiva da mecânica clássica, embora seja difícil saber a que este aluno se referia no momento de sua resposta.

Os outros 11 alunos que responderam a esta questão afirmaram que utilizariam os textos de algumas formas: somente alguns trechos como os alunos D9, D10, D11 e D12, ou resumindo e adequando a linguagem como os alunos D4 e D6. O que se percebe é que linguagem é insistentemente um empecilho colocado pelos alunos ao trabalho com TOC.

Uma manifestação de alguns alunos foi a utilização dos textos como subsídios para o professor que se pode notar nas respostas de três alunos:

D8: “Não, utilizaria ele para o planejamento apenas.”

D2: “...ótica I. Newton, como planejamento, porém não como material de leitura para alunos.”

N1: “Não, apenas o professor analisaria para compreender o comportamento da luz.”

O aluno N1 inicia negando o uso dos textos, mas depois afirma que o professor analisaria. Este aluno parece estar negando o uso em sala de aula, ainda assim, segundo ele, os textos poderiam ser subsídios ao professor.

Ainda foram classificadas mais duas respostas que faziam referência a concepções prévias e concepções ultrapassadas:

D1: “Sim. Como forma de os alunos identificarem no texto concepções prévias.”

N3: “Se observado muitas concepções que me levem a explicações do texto, acho que poderei usar, mostrando que essa concepção já foi ultrapassada, e existem outros modelos que explicam melhor esse fenômeno.”

No caso de D1 parece que há dificuldades em relação a sua compreensão sobre concepções prévias. O aluno propõe a identificação delas nos textos, o que mais uma vez remete a uma falta de contextualização e informações sobre aspectos relativos à HFC antes da leitura. A resposta de N3 também vai nessa direção, pois não haveria a necessidade de levar um texto que esse mesmo aluno considerou de linguagem complicada para mostrar que a concepção foi superada.

5.4.2. Análise das respostas sobre os textos: questionário 4

7) *Você percebeu alguma diferença entre o texto “A Evolução da Física” e os textos lidos anteriormente? Quais?*

De forma geral os alunos acharam o trecho do texto de Einstein e Infeld (2008, p.82 - 101) mais simples do que os textos de Newton e Huygens. Apenas um aluno afirmou que não sabia identificar quais eram as diferenças. As principais diferenças apontadas foram em relação à linguagem, a expressões mais simples e a uma maior compreensão do texto. Algumas dessas características podem ser observadas nas respostas transcritas abaixo:

N4: “Sim, a linguagem do último texto é mais acessível e fala diretamente com o intuito de convencer pessoas com o mínimo de conhecimento.”

D4: “Sim, esse texto apresenta uma leitura não tão rebuscada, portanto, mais fácil de ser compreendida. Os diálogos apresentados também são interessantes.”

N1: “Sim, na Evolução da Física, utiliza expressões de mais fácil compreensão.”

Percebe-se que N4 aparentemente indica uma diferença entre os públicos alvos dos textos, embora seja difícil saber o que o aluno queria dizer com “pessoas com o mínimo conhecimento”.

Este texto parece ter agradado muito aos alunos que sentiram dificuldades na leitura prévia dos originais, no entanto durante as aulas e após algumas discussões se pode perceber uma maior aceitação dos TOC, embora os textos sobre a história das ideias da ciência ainda fossem os preferenciais.

8) *Você utilizaria este texto “A Evolução da Física” em aulas de física? Em caso afirmativo, como? Em caso negativo, por quê?*

No total, 13 alunos responderam a esta questão. Apenas um aluno respondeu que não utilizaria o texto, sua resposta é transcrita abaixo:

N1: “Não, pois não há tempo para investigações mais profundas entre a ciência e sua história.”

A resposta de N1 reflete uma postura de tratar a História da Ciência como mais um conteúdo a ser trabalhado em sala de aula, sem considerar que a HC pode ser tratada também como estratégia para ensinar Ciências.

Nas respostas positivas em relação ao uso do texto, percebe-se que 5 alunos se aproximavam de como utilizariam. Essas respostas apresentam formas diversas de uso:

D4: “Sim, utilizaria. Utilizaria esse texto em sala de aula de uma forma mais resumida e relacionando com o cotidiano dos alunos.”

D6: “Sim, através de trechos de diálogos, discutindo com a turma, fazendo os estudantes exporem suas ideias.”

N2: “Sim. Em física moderna, contrapondo o que os alunos aprenderam sobre a luz como onda. E com isso levantando questionamentos sobre as duas teorias.”

N3: “Sim, pois o modo de abordagem é mais acessível, usando tanto como uma introdução a ótica, quanto um fechamento de curso, no primeiro como um estímulo por trazer questões e no último como comparativo de realmente a escolha feita pelo autor é a melhor e se conhecem outras explicações.”

D1: “Sim, primeiro pediria uma leitura individual e depois uma leitura conjunta. Por fim pediria para eles tentarem identificar sobre conceitos já tratados qual seria a melhor designação para luz.”

As respostas de outros cinco alunos se aproximaram mais de para que utilizar o texto do que propriamente como utilizar o texto.

D9: “Acredito que seria possível utilizar este texto no sentido de fazer um resgate histórico da evolução dos conceitos de luz (como onda e como partícula).”

D8: “Sim, para explicar o comportamento dual da luz.”

D2: “Sim, para explicar a dualidade da luz.”

Outros três alunos, além de para que escreveram uma espécie de justificativa, ou o porquê utilizariam o texto:

D12: “Sim, pois usando esse texto será possível abordar o crescimento/amadurecimento dos temas/questões da física.”

D7: “Usaria, pois a forma como os conteúdos foram abordados é de fácil entendimento. Utilizaria este texto como leitura de apoio.”

D11: “Sim, pois tem tópicos bem claros. Poderiam utilizar para introduzir o estudo da luz.”

A maioria dos alunos julga o texto adequado à utilização no ensino, no entanto, parece não haver relações entre as formas de utilização propostas o que pode indicar que o trabalho com este tipo de recurso não vem sendo contemplado no seu curso, pelo menos não a ponto de os alunos apresentarem pontos comuns para suas propostas.

5.4.3. Análise das respostas sobre os textos: questionário 5

3) *Em sua opinião, textos como “Origem e evolução das ideias da Física”, poderiam fazer parte de uma bibliografia para um curso de física? Justifique.*

Todos os 12 alunos que responderam a esse questionário responderam que esse texto poderia fazer parte de um curso de física. Destes, sete alunos justificaram suas respostas com a importância de uma *contextualização* do conhecimento e da importância de conhecer a evolução das ideias da ciência como se pode perceber nas transcrições abaixo:

D12: “Creio que sim, pois ele possui uma contextualização da evolução das ideias da física. Sendo assim, ara o aluno do curso de física seria de extrema importância ter acesso a esse tipo de material, para que possa completar ‘seu conhecimento’.”

D1: “Evidente que sim. Não basta construir o conhecimento a partir de teorias e constatações já ‘findadas’, precisamos sim saber como os antigos cientistas pensavam, suas teorias e constatações, para desta forma poder entender como a ciência se desenvolveu.”

N4: “Não só poderiam como também deveriam, porque entender o contexto histórico e filosófico ajuda a compreender as teorias da física e estimula o processo contínuo para a pesquisa e busca na solução de novos dilemas da humanidade.”

N3: “Poderia, pois traz a evolução dos conceitos e métodos, o que de certo modo falta em muitos cursos da área científica, a questão das incertezas e até equívocos, que mostra a ciência como dinâmica e inacabada, não pronta e já definida completamente.”

Em nenhum momento foi sinalizado nas questões sobre textos se elas se referiam a Ensino Médio ou Ensino Superior, embora em algumas das respostas, como na resposta de N3, se possa observar que o fato de a pergunta colocar o termo curso de física parece ter direcionado para um curso de ES.

Dois alunos justificam a sua resposta enfatizando *aspectos do texto*:

D7: “Sim, pois nele são mostrados novos conceitos e leis física, com linguagem de fácil compreensão.”

D6: “Sim. Pois o texto é interessante, de fácil entendimento e são diretos. O leitor é capaz de entender sobre o que é tratado.”

Outros alunos fazem observações diversas como D9 que afirma que o uso de textos e outras mídias constituem um modo *interessante e divertido* de se ensinar física, e N2 que afirma que o texto traz uma abordagem histórica maior que os livros tradicionais:

N2: “Acredito que sim. Tanto que a experiência de Michelson e Morley é trabalhado na disciplina de Mecânica Clássica I. Esse texto possui uma abordagem histórica maior do que encontramos nos livros tradicionais usados em disciplinas como essa que citei anteriormente.”

Cabe ressaltar que o aluno D2 respondeu apenas “Sim.”.

5.4.4. Análise das respostas sobre os textos: questionário 6

9) *Durante o trabalho com a história da ótica, nas últimas aulas, foram lidos textos de cientistas e textos sobre história das ideias da ciência. Qual a sua opinião sobre a leitura desses textos durante o curso de física?*

As respostas a esta questão foram agrupadas no quadro 14.

Aluno	Resposta
D1	“Indispensável”
D2	“Foram textos interessantes”
D3	“É interessante estimula a buscar novos conhecimentos, mas é necessária uma intervenção do professor pois a linguagem é rebuscada.”
D4	-
D5	“Foi uma boa leitura, pois possibilitou entender melhor a evolução dos conceitos físicos.”
D6	“Achei interessante. Porém durante o curso só foi visto aqui. E para por aqui, deveria ser mais abordado.”
D7	“Para mim teve uma grande colaboração pois em disciplinas anteriores não tinha sido trabalhado.”
D8	“São textos interessante, alguns mais que outros, Com certeza contribuíram.”
D9	“Acredito que ajuda o aluno a situar alguns conceitos da ótica bem como a construção desses conceitos.”
D10	“É importante, mas muitas coisas que estudamos não tínhamos visto em nenhuma disciplina antes”
D11	“São importantes e auxiliam a aprendizagem.”
D12	“Gostaria de telos mais presentes na minha graduação. Pois sinto falta destes na minha formação.”
N1	“Foi de muita valia, uma vez que, aprofundou o conhecimento de como o assunto foi tratado nos séculos passados.”
N2	“Acho interessante, desde que não sejam cansativos para a compreensão.”
N3	“Importante para, saber as dificuldades e fases passadas para a construção dos modelos físicos.”
N4	“Ajuda a corroborar o sentido da pesquisa dentro do aluno”

Quadro 14 – Respostas á questão 9 do Q6.

Todos os quinze alunos que responderam deram opiniões positivas sobre os textos afirmando serem importantes, interessantes e até mesmo indispensáveis essas leituras. Eles citam as contribuições dos textos para a compreensão da construção de conceitos, dos problemas passados ou para busca de novos conhecimentos. Apontam utilidades dos textos, em grande parte como N3 e D9, remetendo ao passado, no entanto, os alunos N4 e D3 citam pesquisa e busca de conhecimentos e D11 a contribuição para aprendizagem. Embora não se possa inferir muito a respeito sem uma investigação maior como uma entrevista, as respostas podem remeter à experiência pessoal de cada um com os textos, na medida em que se tratavam de leituras diferentes do habitual. Sendo assim, para alguns os textos despertaram um maior interesse a ponto de buscar conhecimentos novos relacionados aos textos e para outros simplesmente esses textos servem para descrever o passado.

Outros alunos D6, D7, D10 e D12 citaram ainda a falta desse tipo de texto em outras disciplinas e também manifestaram o desejo de que eles fossem utilizados.

Percebe-se que esses alunos acreditam que os textos lidos poderiam e deveriam fazer parte de sua graduação.

Dois alunos, no entanto fizeram ressalvas como N2 que afirma que os textos não podem ser cansativos para a compreensão, certamente referindo-se aos TOC na medida em que no questionário 3 este aluno já havia manifestado ter achado esse tipo de texto cansativo. D8 também fala que alguns eram mais interessantes, porém não é possível identificar quais seriam estes.

A unanimidade sobre a utilização dos textos é importante para referendar a inserção destes textos na formação inicial. Os próprios alunos percebem colaborações importantes como compreensão de problemas que levam à construção do conhecimento, auxílio na aprendizagem e estímulo à pesquisa.

A seguir, no quadro 15, é apresentada uma síntese das respostas das questões sobre os textos.

	Questão	Síntese das respostas
Q3	5) Você teve alguma dificuldade na leitura dos textos? Quais?	<ul style="list-style-type: none"> • Linguagem: 9 alunos • Conteúdo ou estrutura: 6 alunos
	6) Quais as principais diferenças que você consegue identificar entre o texto de Newton e o de Huygens?	<ul style="list-style-type: none"> • conteúdo (3 alunos) • estrutura (11 alunos)
	7) Você utilizaria estes textos em aulas de física? Como?	<ul style="list-style-type: none"> • 11 utilizariam, • 2 não utilizariam • 2 não sabiam. • A maioria utilizaria apenas trechos, resumos ou citações dos TOC.
Q4	7) Você percebeu alguma diferença entre o texto “A Evolução da Física” e os textos lidos anteriormente? Quais?	<ul style="list-style-type: none"> • 12 acharam a linguagem deste texto mais acessível e o texto mais simples que os TOC. • Um aluno não soube identificar diferenças.
	8) Você utilizaria este texto “A Evolução da Física” em aulas de física? Em caso afirmativo, como? Em caso negativo, por quê?	<ul style="list-style-type: none"> • 12 utilizariam de formas bastante diversas. • Um aluno não utilizaria alegando falta de tempo.
Q5	3) Na sua opinião, textos como este, “ Origem e evolução das ideias da Física”, poderiam fazer parte de uma bibliografia para um curso de física? Justifique.	Todos os 12 alunos que responderam a esta questão afirmaram que sim. Alguns enfatizando a importância de conhecer o desenvolvimento da ciência.
Q6	9) Durante o trabalho com a história da ótica, nas últimas aulas, foram lidos textos de cientistas e textos sobre história das ideias da ciência. Qual a sua opinião sobre a leitura desses textos durante o curso de física?	Todos avaliaram positivamente o uso destes textos, alguns mencionando a falta de textos desse tipo durante o curso.

Quadro 15 – Síntese das respostas às questões sobre os textos.

5.5. Registro das Atividades Didáticas

A atividade 01, que consistia em apresentar o trabalho aos alunos e solicitar que respondessem a um questionário inicial, ocorreu de forma tranquila e se realizou em uma aula. Os alunos explicitaram sentir dificuldade em responder a questões amplas como algumas das propostas no questionário, no entanto, com a colocação feita pelo pesquisador de que não seriam avaliadas como sendo certas ou erradas e também não fariam parte da avaliação da disciplina, eles ficaram mais tranquilos e as responderam sem problemas.

Na atividade 02, foi proposto um questionário contendo oito questões sobre ótica. Após os alunos responderem a este questionário, iniciou-se a apresentação em PowerPoint (apêndice D) sobre a história da ótica antes do século XVII. No entanto, como os alunos levaram praticamente toda aula para responder às questões, a apresentação apenas iniciou nesta aula, tomando mais duas aulas posteriores. Durante a apresentação os alunos tinham liberdade para interromper a qualquer momento, o que acabou constituindo um dos fatores para que a apresentação se estendesse mais que o previsto. Os alunos mostraram-se bastante interessados e também informados principalmente sobre os filósofos gregos como Platão e Aristóteles, na medida em que alguns já haviam cursado a disciplina de Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física anteriormente durante o curso.

Outro fator que influenciou para que esta atividade durasse aproximadamente três aulas foi a discussão, tanto da imagem de refração (apêndice E) proposta na apresentação para que os alunos a descrevessem, quanto da discussão da questão 04 do Q2. Durante essas discussões solicitou-se que os alunos descrevessem aos colegas o que responderam (as descrições encontram-se no apêndice F). Apontadas limitações nas respostas, os alunos foram convidados a ir ao quadro para expor suas representações o que gerou momentos muito interessantes onde se pode constatar a dificuldade que os alunos têm em utilizar raios para descrever a luz e os fenômenos de reflexão e refração, bem como expressar-se utilizando a linguagem científica. Um exemplo disso foi que muitos alunos falavam em ângulos, sem descrever a que se referem estes ângulos que em alguns casos chegaram a associar ao ângulo entre observador e imagem ou observador e espelho.

Durante as descrições realizadas no quadro os próprios alunos reconheceram a dificuldade em tratar com raios, na medida em que praticamente nenhum conseguiu descrever adequadamente tanto a imagem apresentada quanto a situação proposta na questão discutida. Os alunos também manifestaram bastante curiosidade na descrição de como se dá a visão e os processos que ocorrem no organismo humano.

Em geral pareceu que os alunos se interessaram mais por questões específicas de Física, na medida em que discussões mais amplas como as concepções de luz descritas na apresentação não suscitaram dúvidas e questionamentos. Esse fato pode ser associado ao pouco contato dos alunos com este tema ou mesmo com o início das atividades quando os alunos ainda pareciam não estar muito à vontade com o trabalho.

Ao final da aula foram apresentados os textos que deveriam ser lidos para o início da AD 03, nos quais abordam as datas de publicação e a disputa entre as teorias ondulatórias e corpusculares que seriam defendidas por cada um dos cientistas.

Para o início da atividade 03 era necessário que os alunos realizassem uma leitura prévia dos trechos dos textos⁶, onde se encontram questões elaboradas por Newton. No entanto, no dia marcado para essa atividade poucos alunos haviam lido os textos, de forma que foi necessário exigir dos alunos um maior comprometimento para que a atividade fosse realizada em uma aula posterior. O resultado foi satisfatório, no entanto nessa aula ainda havia alguns alunos que não tinham lido os textos. Os alunos responderam as questões e a partir delas foram discutidas as concepções de cada autor sobre a luz, as sistematizações das correntes apresentadas em cada um dos textos, as diferenças entre os eles e algumas questões mais específicas como a diferença entre o que Huygens escreve no texto e o princípio de Huygens enunciado nos Livros Didáticos de Física.

Os alunos mostraram-se preocupados com alguns detalhes dos textos como no início do texto de Huygens onde este afirma que tentará “por princípios aceitos na Filosofia atual, dar razões mais claras e verossímeis” das propriedades da luz. Os alunos acreditavam que o autor utilizaria apenas Filosofia, cuja definição não parecia clara a eles. Foi necessário então apresentar algumas ideias como a de que esses

⁶ Tratados sobre a luz de Christiaan Huygens, p. 11-24, relativas ao capítulo I e Ótica de Isaac Newton, p.39-45 relativas ao Livro I e p.249-258 relativas à parte I do Livro III.

autores não eram propriamente cientistas como se concebe hoje, mas algo mais próximo de Filósofos da Natureza (ver Forato, 2009) e que os princípios Filosóficos citados por Huygens tratavam em grande parte de desconsiderar explicações metafísicas que ainda eram utilizados, nessa época, na descrição da natureza.

Também foram discutidas as diferentes formas de apresentação dos textos, mencionando que ao submeter um de seus primeiros trabalhos sobre a luz Newton havia sido muito criticado por Hooke, e que coincidentemente o seu livro seria publicado apenas após a morte de Hooke em 1703. Além disso, percebe-se que Newton utiliza certa formalidade no *Ótica*, utilizando estrutura semelhante à de Euclides em *Os Elementos* diferentemente de seu primeiro trabalho em que Newton se expõe “aberta e francamente” (Newton, 1996, p.18).

A atividade 04 estava relacionada à leitura prévia do trecho do texto A evolução da Física de Albert Einstein e Leopold Infeld (Einstein, Infeld, 2008, p. 82-101), que considera a história da luz e expõe um diálogo entre um defensor da teoria corpuscular e um defensor da teoria ondulatória. As questões sobre o texto que demandavam interpretação, como as questões 05 e 06 geraram mais dificuldades para os alunos, evidenciadas por dúvidas identificadas sobre as questões, enquanto questões que exigiam respostas mais pessoais foram respondidas sem hesitação. Após responderem as questões as discussões voltaram-se à questão 06 na qual os alunos tiveram mais dificuldades. A discussão envolveu aspectos de tomadas de decisão na Ciência, já que a questão falava sobre o veredicto do século XIX, que os alunos não conseguiam responder por quem proferido. Destacamos alguns fatores que podem influenciar na Ciência tanto em termos internos a ela, como a discussão do texto, como argumentos externos relacionados ao contexto social, econômico e também cultural, como a grande empolgação da comunidade científica com as teorias de Newton para a mecânica.

Na discussão sobre o texto, os alunos explicitaram que se tratava de um texto mais interessante e de leitura mais acessível. Aparentemente o texto esclareceu algumas coisas sobre os TOC anteriores, de forma que os alunos passaram explicitar uma maior simpatia com os TOC lidos anteriormente, embora ainda enfatizando que o THIC fosse o preferido.

Ao final dessa atividade foi proposta uma tarefa que não estava prevista no planejamento inicial, de uma pesquisa sobre o que seria princípio da navalha de

Ockham e onde se poderia localizar no texto alguma aplicação desse princípio que foi utilizado por Newton e os defensores da teoria corpuscular. Consta implicitamente no texto, a ideia de que a teoria corpuscular fosse mais simples, pois a ondulatória introduzia uma nova substância, o éter. Aos alunos foi solicitado que trouxessem o significado e a indicação da localização no texto onde constataram alguma referência a esse princípio. No entanto, na aula seguinte, já referente ao início da atividade 04, apenas alguns alunos trouxeram o significado e nenhum localizou no texto algo relacionado ao princípio. Sendo assim, em uma breve exposição foram utilizadas as definições do princípio para uma descrição e foi apontado no texto o trecho relativo ao princípio.

Na atividade 05, os alunos deveriam ter lido previamente o trecho do texto *Origem e Evolução do Eletromagnetismo* (Rocha, 2002, p.212-243), que faz um apanhado da história da ótica desde os Gregos. A ideia era apresentar uma espécie de síntese de todos os aspectos históricos estudados até então e ilustrar uma mudança paradigmática, discutindo, ainda que superficialmente, o papel dos experimentos no desenvolvimento da Ciência. E por fim traçar algumas relações com o eletromagnetismo.

Essa atividade acabou durando duas aulas. A discussão iniciou com a questão número 02 que questionava os alunos se alguma vez existiu éter. Todos concordavam se tratar de uma hipótese necessária para a teoria ondulatória naquele momento. Os alunos manifestaram ter gostado do texto, embora alguns afirmassem que ele repetiu alguns pontos já estudados. Junto às questões se solicitou que os alunos fizessem um breve resumo sobre o desenvolvimento da ótica.

Nessa primeira aula foi tratada ainda a mudança paradigmática da teoria corpuscular, predominante no século XVIII para a ondulatória a partir dos trabalhos de Fresnel e Young, enfatizando os recursos utilizados para que esta teoria se consolidasse. Nesse momento foram discutidos aspectos necessários para que fosse questionado o paradigma corpuscular, enfatizando a importância que a experimentação associada à matemática havia tomado na Ciência a esta altura. Também foi mencionado que os experimentos tradicionalmente realizados em laboratórios de Física não são escolhidos aleatoriamente, mas em geral reproduzem algum grande feito científico, como o experimento da interferência em fenda dupla, representando o experimento de Young que de certa forma serve para reforçar as características ondulatórias da luz.

Na aula seguinte, foram discutidas as passagens finais do texto, a relação entre o desenvolvimento da ótica e do eletromagnetismo e alguns pressupostos semelhantes entre essas teorias como a existência de uma substância que permitisse a propagação de ondas. Esse fato que acabou referendando o novo paradigma da ótica, agora teria um aliado de peso, já que a teoria eletromagnética surgia de forma consistente com os trabalhos de Faraday e Maxwell. Concluímos a aula com uma conversa sobre a organização curricular e sequências didáticas que podem e devem sofrer variações distintas do que tradicionalmente se apresenta. Nesse sentido, enfatizou-se a possibilidade de associar esses conteúdos mediante a utilização da história.

A atividade 06 consistiu apenas em solicitar aos alunos que respondessem ao questionário final. Ainda foi perguntado sobre possíveis dúvidas, mas com o final do semestre letivo eles estavam mais preocupados com as provas de outras disciplinas do que em discutir alguma dúvida desse trabalho.

5.6. Discussão dos resultados

A avaliação das questões não pretendia fornecer uma resposta definitiva sobre o trabalho realizado, mas traçar linhas gerais sobre as possibilidades e limitações que este poderia apontar. Nesse sentido, a análise das questões se apresenta bastante significativa, pois permite que se discutam os aspectos fundamentais do trabalho como a proposta de trabalhar com textos de diferentes naturezas, bem como a consideração da dimensão histórica na formação inicial de professores.

As questões do Q2 relativas à ótica revelaram que os alunos apresentam muita dificuldade em relação à natureza da luz e em relação à ótica geométrica. Muitos estudantes manifestam concepções alternativas principalmente em relação à natureza da luz e formação de imagens em espelhos. Em pesquisa sobre concepções alternativas sobre ótica com estudantes de nível médio e superior, Harres (1993) detectou um índice de acertos médio pouco maior que 50%, mostrando que mesmo após o ensino formal de ótica, muitas concepções equivocadas persistem. Esses resultados estão em consonância com Vannucchi

(1996) e Silva (2010) quando estes afirmam que a ótica geométrica, enquanto conteúdo, é tratada mediante o formalismo de diagramas que, em geral, fazem pouco sentido para os alunos. Este tratamento deixa de lado as discussões sobre a natureza da luz que é de fato o que dá suporte à compreensão dos fenômenos como reflexão e refração. Como afirma Silva (2010) não se nega a utilização desse formalismo, mas se questiona o modo como vem sendo utilizado.

Nas questões que apresentavam refração, difração e interferência representadas em imagens e solicitavam uma explicação, aparentemente os alunos ao identificarem de que fenômeno se tratava se davam por satisfeitos, como se estivessem respondendo a uma questão de um concurso de vestibular. Aparentemente para eles, não existe uma necessidade de se esclarecer que imagens, que a um leigo nada mais representam do que rabiscos, realmente objetivam ilustrar, que são fenômenos nada triviais, que demandaram anos e anos de dedicação de pessoas em apresentar explicações razoáveis e consistentes do ponto de vista científico.

Nesse sentido, a consideração de elementos de HFC, como componente essencial das ciências pode contribuir, mostrando aos alunos a complexidade que se apresenta na linguagem científica, na medida em que essa linguagem é fruto de um longo e amplo processo de construção. Essa contribuição não implica em excluir o formalismo ou a matemática, mas uma complementação mútua entre essas duas dimensões, buscando dar significado a ambas. Robilotta (1985) escreve que:

“Ir além do formalismo, no ensino de física, é importante por que é isso que estabelece uma relação rica entre o mundo dos símbolos e o mundo das coisas. Este último, por suas características não abstratas, é imediatamente acessível a um número grande de estudantes, permitindo a participação no diálogo que deveria ser o processo educacional. Deste modo, a possibilidade de se encher o formalismo de significado, tornando-o mais ricos, pode levar a modificações importantes na relação com a física que professores e estudantes tem durante o processo educacional.” (ROBILOTTA, 1985, p.II-14)

Fazer essa relação proposta por Robilotta não é simples, e o caminho para se aproximar dessa perspectiva não é único, no entanto, a consideração da dimensão histórica da Ciência parece constituir um caminho interessante.

As respostas relativas à ótica do questionário 6 já mostram uma maior preocupação dos alunos na descrição dos fenômenos. A consideração da imagem na explicação começa a ser considerada, ainda que de forma tímida. As questões

sobre a propagação retilínea no questionário 6 mencionam esse fato, o que de certa maneira parece remeter ao trabalho realizado, na medida em que esse foi um dos problemas debatidos no episódio do século XVII. A definição de luz e a formação de imagens nos espelho praticamente não apresentou variações entre os questionários 2 e 6, mostrando a estabilidade de concepções ligadas a fenômenos mais cotidianos, como espelhos, nos quais os alunos não utilizam como ferramenta os raios tornando suas hipóteses ideias muito próximas do senso comum.

A associação de HFC com aspectos conceituais também não apresentou grandes modificações nas concepções dos alunos no trabalho de Gatti, et alli. (2010) envolvendo Gravitação universal. Sobre isso os autores comentam:

“Sobre os conceitos relativos ao tema atração gravitacional pesquisados, percebemos a persistência de algumas concepções alternativas, principalmente com relação à dificuldade de se estabelecer uma causa única para os movimentos terrestres e celestes. Embora haja uma evolução revelada por seis participantes, apenas dois puderam ser classificados na categoria 4, mais elaborada.” (GATTI, et alli., 2010, p 51)

Talvez a pretensão de alterar concepções que persistem mesmo depois do ensino formal seja ambiciosa demais para propostas pontuais de consideração de HFC no ensino superior, na medida em que nem a presente proposta nem a proposta de Gatti e colaboradores tinha como único objetivo a superação de concepções alternativas. Além disso, como já se sabe falar em superação de concepções alternativas não é a forma ideal de se tratar do tema, já que a história da pesquisa sobre concepções alternativas mostra que podem coexistir concepções alternativas e científicas nos sujeitos cognoscentes. E que elas são mobilizadas de acordo com as necessidades a que estes sujeitos são expostos.

A análise das questões sobre HFC mostrou que a maioria dos alunos já havia cursado alguma disciplina relacionada ao assunto o que mostra que este tema vem sendo inserido no curso de Física e que parece estar acompanhando a maioria dos cursos das áreas científicas no país que vem inserindo disciplinas sobre esses temas em seus currículos (Martins, 2006; Pereira; Martins, 2011). A grande maioria dos alunos também afirma se interessar pelo tema, no entanto alguns desconhecem o termo História e Filosofia da Ciência o que talvez remeta ao fato que a principal disciplina do curso que é “Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física” não seja especificamente voltada para a licenciatura, pois é ofertada concomitantemente ao

curso de bacharelado, dessa forma não tratando diretamente o assunto voltado ao Ensino.

No questionário 06, os alunos apontam as principais dificuldades que eles acreditariam ser encontradas para se trabalhar o tema em sala de aula, que seriam principalmente relacionadas aos alunos, à escola e ao tempo. Essas dificuldades também foram apontadas em pesquisa realizada por Martins (2007) com alunos de graduação, pós-graduação e professores de educação básica, que, no entanto, colocam como principal dificuldade a falta de material didático. Aqui os alunos mencionaram material didático apenas fazendo menção à dificuldade dos alunos em relação ao trabalho com esse recurso e ao fato de que se deveriam utilizar textos atrativos. Os alunos associaram o trabalho com HFC somente a estes recursos, provavelmente em função de que foi o principal recurso apresentado na proposta. E como eles provavelmente nunca se preocuparam em levar este tema para a sala de aula, essa dificuldade não se constitui significativa para eles. Sendo assim, umas das observações em relação ao trabalho, seria associar outros recursos como experimentos e vídeos às AD, o que poderiam ilustrar uma maior diversidade de recursos que podem ser associados ao tema no trabalho em sala de aula.

Em relação às considerações sobre a natureza da ciência, o trabalho mostra-se importante, embora não suficiente para contemplar toda complexidade do tema. Para Teixeira et. Alli (2009) para tratar desse tema deve-se considerar objetivos moderados sempre levando em conta que:

“... a proposta é fornecer a estudantes e professores instrumentos que lhes permitam compreender como o conhecimento é construído, suas possibilidades e limitações, suas relações com questões colocadas em domínios relacionados da atividade humana, como a produção e uso da tecnologia.” (TEIXEIRA, et alli., 2009, p.532)

Sendo assim, a proposta de utilizar a perspectiva kuhniana associada aos conhecimentos de ótica pareceu adequada na medida em que esta trabalha a questão de rupturas na História da Ciência e com a aproximação da ciência a uma atividade humana, que se realiza inserida em contextos históricos. O que de certa forma foi constatado nas respostas dos alunos mediante uma maior associação da ciência a uma atividade humana como na questão 01 do Q6 e de considerações de aspectos contextuais no desenvolvimento da ótica na questão 04 do Q5.

Também foi possível apurar que os alunos na comparação de ciência com outras áreas deixaram de utilizar apenas argumentos de autoridade, onde simplesmente consideravam a ciência superior a outros campos, passando a buscar argumentos dentro da própria atividade científica que justifiquem as diferenças existentes entre a atividade científicas e outras atividades. O que pode conferir ao trabalho o mérito de auxiliar os alunos na busca desses argumentos, ainda que estes sejam bastante limitados. Resultado semelhante foi obtido por El-Hani et alli., (2004) que relata os resultados obtidos mediante uma proposta de trabalho relacionada à HFC na formação inicial de pesquisadores e professores no campo da biologia no qual enfatiza a eficácia da proposta em relação à demarcação da Ciência.

Diversos trabalhos (El-Hani et alli, 2004, Teixeira et alli, 2001 e 2009, Gatti et alli., 2010, Silva 2010) vêm mostrando que abordar assuntos relacionados à HFC é uma modo eficiente de se obter resultados interessantes em relação a aspectos da Natureza da Ciência. No entanto, na maioria dos casos as propostas didáticas ficam em segundo plano e a ênfase dos trabalhos se dá na avaliação dos resultados. Também não há preocupação em expor a avaliar os recursos didáticos utilizados como foi constatado no levantamento realizado em periódicos exposto no capítulo 1. Nesse sentido, o trabalho com textos aqui apresentado é importante e a análise das respostas dos alunos pode fornecer indícios sobre a adequação desses ao trabalho em sala de aula, pois se tratou de estudar uma situação real docente.

Cabe ressaltar que a consideração de aspectos históricos é um dos elementos que pode contribuir para uma visão mais adequada da ciência. No entanto, é preciso levar em consideração que estes se constituem como uma das dimensões da ciência, de forma que outros elementos como o contato com a atividade científica são fundamentais para o reconhecimento do sentido da prática científica.

Os alunos relataram nas respostas ter tido dificuldade na leitura dos TOC principalmente em relação à linguagem e ao conteúdo dos textos. Essa dificuldade pode ter ocorrido devido ao fato de que foram as primeiras leituras realizadas e o primeiro contato com as teorias ondulatória e corpuscular. Com isso parece necessário repensar a utilização desses textos, de forma a promover uma maior contextualização antes de propor a leitura dos mesmos.

No entanto, os alunos identificam que os textos tratam de teorias em construção, o que mostra que estes textos são úteis para mostrar o caráter humano do cientista, o que foi constatado também por Montenegro (2005) em trabalho com textos originais de Faraday com alunos de ensino fundamental e médio.

As respostas sobre as questões relativas ao uso dos textos em aulas de Física mostram que a opinião dos alunos é praticamente unânime em referendar seu uso. Os alunos mostraram-se bastante motivados principalmente com a leitura dos THIC, indicando que estes poderiam e deveriam fazer parte de sua formação. Essas respostas remetem a uma frase de um professor que participa de cursos propostos por Michel Matthews baseado numa seleção de escritos de Galileu, Boyle, Newton, Huygens e Darwin e outros, onde o professor afirma que “os professores estão sedentos por esse tipo de conhecimento” (MATTHEWS, 1995, p.191.). No presente caso os alunos parecem extremamente interessados nesse tipo de conhecimentos e em realizar esse tipo de leitura o que fica evidente quando reclamam a presença destes em seus cursos de graduação.

5.7. Uma leitura sobre o caminho percorrido

O trabalho intitulado “Textos Originais de Cientistas e Textos sobre História das Ideias da Ciência em uma proposta didática sobre ótica na Formação Inicial de professores de Física” foi motivado pela busca de uma abordagem sobre a utilização de TOC e THIC no Ensino de Física e procurou fundamentá-la em uma pesquisa no ambiente onde ocorrem, ou deveriam ocorrer as transformações na educação: a sala de aula.

Dessa forma, buscou-se a partir da implementação de um conjunto de atividades didáticas no Ensino Superior, estudar que tipo de contribuições esses textos podem oferecer quando incorporados ao ensino. Em outras palavras, por que estes textos deveriam ser incorporados ao ensino. No entanto, o trabalho em sala de aula exige mais do que um recurso didático, é preciso pensar em como utilizar esse recurso, e mais ainda para quem ele será apresentado e qual o seu objetivo. Assim, inicialmente foi preciso buscar em estudos relacionados à HFC subsídios para a elaboração de uma proposta de ensino. Para tanto, foi realizada uma pesquisa em

periódicos e eventos sobre trabalhos relacionados ao tema buscando uma ambientação com essa linha de trabalho e, além disso, buscando verificar o que se propõe e se implementa efetivamente em salas de aula de Ciências utilizando HFC.

Os resultados dessa busca, apresentados no capítulo 1, mostraram que há um número reduzido de pesquisas sobre a temática realizadas em situação de sala de aula. Além disso, mostraram que os textos são os recursos mais utilizados no trabalho com a temática, mas que, no entanto, a maioria dos trabalhos não se preocupa em avaliar as contribuições dos recursos utilizados, dando mais ênfase aos resultados obtidos com as propostas. O foco das avaliações dos trabalhos encontra-se na eficiência das propostas, na possível evolução dos alunos, na comparação entre quem teve contato com elementos de HFC e quem não teve este contato o que aponta para uma atenção ao produto da implementação em detrimento do processo e dos possíveis fatores que tenham contribuído para este sucesso. Nesse levantamento, também se verificou que os TOC têm sido utilizados em propostas para o ensino médio, porém são raras as propostas de uso no ES, e que os THIC praticamente não são avaliados em propostas para a sala de aula nesse nível de ensino.

Com isso, levar esses textos para a sala de aula no ES tornou-se ainda mais oportuno, na medida em que cresce o interesse pela incorporação de elementos de HFC na Educação em Ciências e também a preocupação com a falta de material didático adequado para que definitivamente ocorra essa incorporação.

Sendo assim, partiu-se para o segundo problema, para quem seriam propostas as AD? Buscando ter uma ideia de quem seriam os participantes da pesquisa procurou-se realizar uma pesquisa na grade curricular do Curso de Física Licenciatura Plena da UFSM, onde a proposta iria ser implementada. Os resultados foram apresentados também no capítulo 1 e mostraram que o curso, apesar de contemplar o assunto em três disciplinas, ainda mostra certa desarticulação em relação a subsidiar os futuros professores ao trabalho prático com a temática. Dessa forma foi possível estipular o que se poderia esperar dos alunos que participariam das atividades propostas.

Além disso, foi preciso realizar uma busca por um tema, que contemplasse os aspectos já mencionados na apresentação, como abordar episódios significativos da História da Ciência e obras de cientistas que pudessem ser utilizadas no trabalho em sala de aula. Dessa forma chegou-se à ótica, que preenchia os requisitos

procurados para a composição das AD. Procurou-se também discutir aspectos processuais da ciência no que tange à disputa entre dois modelos explicativos para o fenômeno da luz – o corpuscular e o ondulatório, representados respectivamente por Newton e Huygens.

A partir daí, foi preciso pensar em um embasamento teórico, em grande medida preenchido pelas teorias de Thomas Kuhn, que apresenta logo nas primeiras páginas do capítulo 1 da sua obra⁷:

“Se o historiador segue, desde a origem, a pista do conhecimento científico de qualquer grupo selecionado de fenômenos interligados, provavelmente encontrará alguma variante menor de um padrão ilustrado aqui a partir da História da Ótica Física.”(KUHN, 1987, p.31)

Além da aproximação da história da ótica com o modelo de Kuhn, as ideias desse autor trazem elementos importantes para o trabalho com aspectos da natureza da ciência, como a não linearidade na complexificação do conhecimento, a consideração da influência de aspectos externos na Ciência e o caráter humano atribuído aos cientistas.

Então foi realizado um estudo sobre a história da ótica. Cabe salientar que o trabalho não tinha o caráter de realizar uma pesquisa histórica da ótica, mas sim de descrever os episódios que seriam utilizados na proposta. E assim foi feito no capítulo 2, apresentando aspectos da história da ótica na perspectiva kuhniana, ilustrando o período pré-paradigmático, a constituição de dois candidatos a paradigma e a posterior disputa paradigmática ocorrida entre as teorias corpuscular e ondulatória. Esse trabalho foi de extrema importância na medida em que deu uma real noção das dificuldades em se realizar um recorte histórico e tomar decisões acerca do mesmo visando a sua utilização no ensino.

A partir desse apanhado histórico, buscou-se associar a ele algumas necessidades formativas para professores de Ciências de forma a contemplar os objetivos da pesquisa com os objetivos da disciplina em que a proposta foi implementada. Nesse sentido, procurou-se além de contemplar necessidades formativas levantadas na literatura, identificar no trabalho como estas poderiam ser contempladas. Esse exercício foi importante, pois trouxe à tona uma das maiores

⁷ *A Estrutura das Revoluções Científicas* (Kuhn, 1987).

dificuldades percebidas no ES, qual seja, o vínculo (que supostamente deveria ser indissociável) das atividades realizadas com a prática docente.

Dessa forma foi elaborada a proposta didática apresentada no capítulo 4, composta por seis atividades que previam a leitura de quatro trechos de livros, dois TOC e dois THIC. A avaliação da proposta foi realizada por meio da análise das respostas dos alunos aos questionários (apêndice C), apresentadas no capítulo 5. Essas questões tinham como finalidade fornecer indícios sobre o trabalho realizado já que em função do pequeno número de alunos não foi possível realizar uma análise estatística sobre as respostas.

No capítulo 5 também são descritas aulas, mediante o registro das atividades. Durante a realização das aulas se pode notar que a história é um assunto que desperta o interesse dos alunos, mesmo que a ótica não fosse um dos conteúdos preferidos da maioria. A descrição das teorias de Kuhn para o desenvolvimento da Ciência também foi um assunto que quando mencionado era ouvido com extrema atenção pelos alunos que pareciam muito atraídos pelas discussões sobre Ciência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou os resultados da implementação de uma sequência de atividades planejadas na busca de proporcionar aos alunos uma experiência com atividades onde se discutissem diversos aspectos relativos à sua formação. Embora se trate de um trabalho pontual, traz diversos aspectos que podem contribuir na busca de uma integração entre os diferentes conhecimentos de que trata a formação inicial de professores de ciências.

As respostas das questões evidenciaram que houve modificações nas visões de Ciências dos alunos. No entanto, é difícil precisar em que medida o trabalho tenha influenciado nesse sentido, uma vez que os alunos estão em meio a uma formação acadêmica onde provavelmente devem, ou pelo menos deveriam ouvir e falar sobre ciência frequentemente. As respostas dos próprios alunos às questões sobre os textos deixam claro o valor do trabalho realizado, pois muitos alunos reivindicaram uma maior presença dos textos trabalhados em outras disciplinas.

Essa reivindicação dos alunos mostra que eles percebem que estes textos poderiam complementar seus estudos em outras disciplinas. Alguns alunos chegaram a afirmar que os textos instigavam à atividade de investigação. Há de se ponderar que não são os alunos e seus interesses que decidem (e nem deve ser assim) que tipo de textos será utilizado nos cursos de formação inicial de professores. No entanto, o interesse por esse tipo de texto é um dado a ser considerado. Nesse sentido algumas considerações sobre a utilização dos textos na proposta didática parecem importantes e serão feitas a seguir.

Durante a elaboração da proposta, ao analisar os TOC selecionados, verificou-se que estes expõem com clareza as concepções de luz de cada um dos autores e que fazem referências às teorias rivais, enfatizando os aspectos negativos destas enquanto defendem sua concepção a respeito da natureza da luz. Dessa forma, neles são contempladas características interessantes para utilizá-los no estudo da disputa ocorrida na ótica no século XVII entre a teoria ondulatória e corpuscular.

Contudo, os alunos relataram dificuldades na leitura dos TOC. Essa dificuldade pode ser atribuída a uma falta de contextualização anterior à leitura dos mesmos. Mediante uma análise da proposta didática percebe-se que talvez a leitura dos TOC tenha sido realizada prematuramente, sem uma maior ambientação dos alunos tanto com o trabalho com HFC quanto com os episódios da ótica que deveriam ser ilustrados com a leitura dos mesmos. Nesse sentido, algumas proposições podem ser feitas, como proporcionar uma maior contextualização sobre os preceitos dos autores e a época em que foram escritos e alterar a ordem dos textos na proposta didática, tratando do texto *Evolução da Física* de Einstein e Infeld (2008) anteriormente à leitura dos TOC. Com isso teríamos iniciado o trabalho de leitura com um texto que pareceu mais claro aos alunos, que poderia inseri-los no contexto da disputa paradigmática e também ambientá-los às atividades de leitura e discussão propostas nas AD.

Além de uma linguagem aparentemente mais acessível aos alunos, os THIC foram importantes no sentido de proporcionar uma visão organizada das informações discutidas em aula. No entanto, é preciso destacar que se faz necessário um cuidado no trabalho com estes textos, na medida em que eles apresentam uma visão particular sobre os acontecimentos, que é a visão dos autores e que ela não é única, de forma que a utilização de mais de um texto parece ser importante para fins de comparação e avaliação das informações apresentadas.

Contudo, apesar de indicarem que os THIC teriam uma linguagem mais acessível, os alunos tiveram dificuldades com relação à interpretação destes textos também, muitas vezes buscando respostas literais em trechos inadequados. Ficou evidente na análise das respostas que questões mais específicas eram respondidas com bastante facilidade, porém, ao se exigir uma construção de ideias por parte dos alunos percebe-se que há uma grande dificuldade em expressar-se de forma clara e principalmente de utilizar uma linguagem adequada para se tratar os assuntos de Física. Sem dúvida a leitura dos THIC pode contribuir nesse sentido, pois tratam de assuntos de Física ou de Ciência nem tão formalmente quanto um livro didático e nem tão informalmente quanto um texto literário.

A proposta apresentou resultados importantes com relação a aspectos da natureza da ciência, como a conscientização dos alunos quanto à importância de se considerar assuntos sobre a história e o desenvolvimento das ideias da Ciência; a identificação da Ciência como uma atividade humana, feitas por pessoas não

diferentes das demais; e a busca por uma argumentação para diferenciar a ciência de outras atividades.

Em relação aos conhecimentos de ótica, foram observadas algumas alterações entre as respostas no decorrer do trabalho, onde os alunos começaram a utilizar conhecimentos que foram abordados durante as aulas, como, por exemplo, a propagação retilínea da luz, para responder às questões. Além disso, se percebe que a linguagem que os estudantes utilizam para responder as perguntas teve certa evolução, na medida em que termos como espalhamento e dispersão foram substituídos por difração nas questões finais. Para se obter melhores resultados em relação a conhecimentos conceituais talvez fosse importante considerar a inclusão de experimentos ao trabalho, que poderiam ilustrar as experiências realizadas pelos cientistas.

A ideia é que o trabalho contribua no sentido de se reconhecer os aspectos de HFC como constituintes básicos das ciências, onde estes sejam incorporados de maneira efetiva no ensino de ciências em todos os níveis de ensino. Para tanto, se faz necessário que experiências como esta se multipliquem e incorporem outros aspectos de forma a contemplarem no ensino toda a complexidade que envolve a atividade científica.

O presente trabalho desenvolvido junto a alunos da licenciatura em Física apresenta possíveis desdobramentos para futuras pesquisas, tanto a respeito dos textos utilizados, quanto a respeito de questões sobre a HFC e a Formação Inicial de professores de Ciências. Sobre os textos, a pesquisa apresenta alguns aspectos que podem ser considerados na criação de critérios para utilização de cada tipo de texto. Além disso, o trabalho pode contribuir para uma análise mais profunda sobre os materiais didáticos que são utilizados na formação de professores de Ciências que, em geral, são preparados para treinar os futuros cientistas e não futuros professores de Ciências.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. P. M. de. **Discursos da ciência e da escola: Ideologia e leituras possíveis**. Editora Mercado das letras. Campinas, 2004.

ALMEIDA, V. O.; CRUZ, C. A.; SOAVE, P.A. Concepções alternativas em ótica. **Textos de apoio ao professor de física**. v 18, n2. Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS. 2007.

ASTOLFI, J.P.; DEVALAY, M. **A didática das Ciências**. Papyrus editora. Campinas, 1990.

BARDIN, Laurence. *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edição 70, 1977.

BARROS, M. A.; CARVALHO, A. M. P.; A história da ciência iluminando o ensino de visão. **Ciência & Educação**. 5, p. 83–94, 1998.

BASSALO, José Maria Filardo. A crônica da Ótica Clássica (Parte I: 800 a.C. a 1665 d.C.). **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 3, n.3, p. 138-159. 1986.

_____. A crônica da Ótica Clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 4, n.3, p. 140-150. 1987.

_____. A crônica da Ótica Clássica (Parte III: 1801-1905). **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 6, n.1, p. 37-58. 1989.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações curriculares para o ensino médio**. v. 2. Brasília: MEC, 2006.

BUENO, Maria Christina Fernandes. **Os textos originais para ensinar conceitos de mecânica**. Tese de Doutorado. Instituto de Física, USP. São Paulo, 2009.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (org.) **A necessária renovação do Ensino das Ciências**. Cortez editora. 2 ed. São Paulo. 2011.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. A Evolução da Física. Giasone Rebuá (trad.). Zahar. Rio de Janeiro, 2008.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de Ensino sobre História e Filosofia das Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**. v9, n.3, p. 265-313, 2004.

FORATO, T C. M. **A natureza da ciência como saber escolar: Um estudo de Caso a partir da história da Luz**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2009.

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.

GARCÍA, O. et alli. Planificando la enseñanza problematizada: El ejemplo de la óptica geométrica em Educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**. v.25, n.2, 2007.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. História da ciência no ensino de Física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 15, n1. p. 7-59, 2010.

GIL PÉREZ, D. et alli. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIL PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. **Formação de professores de Ciências**. 2ed. Editora Cortez. São Paulo, 1993.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, v.4, 4ed.,1995.

HARRES, J. B. S., Um teste para detectar concepções alternativas sobre Tópicos introdutórios de óptica geométrica. . **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.10,n.3: p.220-234. Florianópolis, 1993

HUYGENS, C. Tratado da Luz. In.: **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. Roberto de Andrade Martins (trad.) Suplemento 4, p. 1-99. São Paulo, 1986.

KAPITANGO-A-SAMBA, K. **História e Filosofia das Ciências no ensino de Ciências Naturais: o consenso e as perspectivas a partir de documentos oficiais, pesquisas e visões dos formadores**. 2011. 384f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Educação. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. Editora Perspectiva. São Paulo, 1987.

LAKATOS, I. História da ciência e suas reconstruções racionais. In: LAKATOS, I. **História da ciência e suas reconstruções racionais**. Lisboa: Edições 70, 1998.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 112-131, abr. 2007.

MARTINS, R. A. **O Universo: Teorias Sobre Sua Origem e Evolução**. Editora Moderna: São Paulo, 1994. Disponível em < <http://www.ghc.usp.br/Universo/>>. Acesso em 15 de janeiro de 2012.

MARTINS, R. A. O que é a ciência do ponto de vista da epistemologia? **Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa**, v. 9, p. 5-20, 1999.

MARTINS, R. A. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. Introdução.

MASTERMAN, M. A natureza de um Paradigma. In.: **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (org.). Editora cultrix. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1979.

MATTHEWS, M. R.; “Um lugar para la historia y la filosofia em la ensenanza de las ciencias”, **Comunicación, Lenguage y Educación** , nº 11-12, p. 141-155, 1991.

MATTHEWS, M. R.; “História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação”, **Caderno Catarinense Ensino de Física**, vol. 12, nº 3, p. 164-214, Dez. 1995.

MONTENEGRO, A. G. P. M., **A leitura de textos originais de Faraday por alunos do ensino fundamental e médio**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 2005.

NEWTON, Isaac. **Ótica**. André Koch Torres Assis (trad.). Editora Edusp. São Paulo, 1996.

PEDDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. cap. 7, p. 151-170.

PEDDUZZI, S. S. Concepções Alternativas em Mecânica. In: PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. cap. 7, p. 53-76.

PEREIRA, G.J. S. A.; MARTINS, A. F. A inserção de disciplinas de conteúdo histórico-filosófico no currículo dos cursos de licenciatura em física e em química da UFRN: uma análise comparativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 28, n. 1, p.229-258, abril de 2011.

PIETROCOLA, M. Fresnel e o arrastamento parcial do éter: a influência do movimento da Terra sobre a propagação da luz. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.10, n2,p.157-172, 1993.

ROBILOTTA, M. R. **Construção & Realidade no Ensino de Física**. Instituto de Física. Universidade de São Paulo. Janeiro de 1985.

ROCHA, José Fernando Moura. Origem e evolução do Eletromagnetismo. In.: ROCHA, J. F. M. (Org.) **Origem e Evolução das ideias da Física**. Edufba, Salvador. 2002.

SCHIRMER, S. B.; ROSA, V. M.; SAUERWEIN, I. P. S. **História e Filosofia da Ciência no SNEF: Um quadro preliminar (2003 – 2009)**. In.: Programa do XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Manaus, 2011. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0596-1.pdf>> Acesso em 28 de dezembro de 2011.

SCHIRMER, S. B.; SAUERWEIN, I. P. S. **História e Filosofia da Ciência para sala de aula no EPEF (2002-2010)**. In.: Programa do XIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Foz do Iguaçu, 2011. Disponível em <

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/enf/2011/sys/resumos/T2284-1.pdf>> Acesso em 28 de dezembro de 2011. (2011b).

SCHIRMER, S. B.; SAUERWEIN, I. P. S. **História e Filosofia da Ciência: um panorama em eventos e periódicos de Ensino de Física**. In.: Anais do I Seminário Internacional de Educação em Ciências - SINTEC. FURG/ NUEPEC. Rio Grande, 13, 14 e 15 de julho de 2011. (2011c).

SCHIRMER, S. B.; SAUERWEIN, I. P. S. **História e Filosofia das Ciências em periódicos de Ensino de 2001 a 2010**. Trabalho apresentado no VIII Encontro de pesquisa em educação em Ciências – ENPEC. Campinas, 2011. (2011a).

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23 ed. Editora Cortez, São Paulo, 2007.

SILVA, B. V. C. A Natureza da Ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório. In.: **Latin-American Journal of Physics Education**. v. 4, n 3. México D.F. 2010. (2010a)

SILVA, B. V. C. **Controvérsias sobre a natureza da luz: uma aplicação didática**. Natal, RN:,UFRN 2010. 180 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Exatas, Centro de Ciências Naturais Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. (2010b)

SILVA, C. C. Em direção a uma efetiva inserção da História e Filosofia no Ensino de Ciências. In: GARCIA, N. M. et alli. **A Pesquisa em Ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias**. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, 2010, v. 1, p. 79-84.

SILVA, F. W.O. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v 29, n 1, p. 149-159, 2007.

SILVA, P. R. B.; DALMOLIN, A. M. T. ; SCHIRMER, S. B. . **Construindo um Contexto Histórico e Cultural mediante a utilização de Textos Originais de Cientistas e Textos sobre a Evolução das Ideias da Ciência**. In: Atas do Encontro Regional de Ensino de Física, 2008, Ijuí - RS. III Encontro Regional de Ensino de Física, 2008

SILVA, P. R. B.; DALMOLIN, A. M. T.; SCHIRMER, S. B. **Jogos Teatrais no Ensino de Física interpretados mediante a utilização de Textos Originais de Cientistas**

e textos sobre a evolução das Ideias da Ciência. In: Atas do I Encontro Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica, 2010, Santo Ângelo. Anais do I CIECITEC, 2010.

SOUZA, J. A. **Uma abordagem histórica para o ensino de princípio da inércia.** Natal, RN: UFRN 2008. 175 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Exatas, Centro de Ciências Naturais Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

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. **Investigações em Ensino de Ciências.** v1, n.3, p. 265-313, 2001.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR, O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da Natureza da Ciência de estudantes de Física. **Ciência & Educação.** v15, n3. p. 529-556, 2009.

VANNUCCHI, A. I. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula.** 1996. 131f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências modalidade Física, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

APÊNDICES

Apêndice A – Referências dos artigos dos periódicos analisados

Referências dos Artigos de Ensino de Física

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a Natureza da Ciência no Ensino Médio: um exemplo com a Teoria da Relatividade Restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v 22, n 1: p. 36-70, abril de 2005.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o Eletromagnetismo no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v 21, n 2: p. 224-248, agosto de 2004.

MEDINA, M.; BRAGA, M. O Teatro como ferramenta de aprendizagem da Física e de problematização da Natureza da Ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v 27, n 2: p. 313-333, agosto de 2010.

DIAS, P. M. C., SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. M. A Gravitação Universal (Um texto para o Ensino Médio). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 257 - 271, (2004).

GUERRA, A.; BRAGA, M; REIS, J. C. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 575-583, (2007).

MAGALHÃES, M. F., SANTOS, W. M. S., DIAS, P. M. C. Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 24, no. 4, p.489-496. Dezembro, 2002.

Referências dos Artigos de Ensino de Ciências

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

SORPRESO, T. P.; ALMEIDA, M. J. P. M. Discursos de licenciandos em física sobre a questão nuclear no ensino médio: foco na abordagem histórica. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 37-60, 2010.

LONGUINI, M. D.; NARDI R. Uma pesquisa sobre a prática reflexiva na formação inicial de professores de física. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**. v.4 ,n 2, 2002.

HÜLSENDEGER, M. J. V. C. A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**. v.9 ,n 2, 2007.

SILVA, O. H. M.; NARDI, R.; LABURÚ, C. E. Um estudo da preparação dos estudantes para debates racionais entre teorias e/ou concepções rivais numa estratégia de ensino de física inspirada em Lakatos. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**. v.10 ,n 2, 2008.

DUMRAUF, A. G. “Esas otras cosas que se enseñan que no son física”: imágenes de ciencia y prácticas docentes en una experiencia universitaria de enseñanza de física. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.6, n1, pp. 57-78, 2001.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. O cotidiano da sala de aula de uma disciplina de história e epistemologia da física para futuros professores de física. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.12, n1, pp.7-54, 2007.

TEIXEIRA, E. S.; SILVA NETO, C. P.; FREIRE JUNIOR, O.; GRECA, I. M. A construção de uma argumentação sobre a síntese newtoniana a partir de atividades em grupos. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.15, n1, pp. 61-95, 2010.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. . História da ciência no ensino de Física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 15, n1. p. 7-59, 2010.

PEDUZZI, L. O. Q.. Física e filosofia: uma aproximação através de um texto na disciplina Estrutura da Matéria. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 3, n. 2, p. 5-20, 2003.

SOARES, A. G.; COUTINHO, F. Â. . Leitura, discussão e produção de textos como recurso didático para o ensino de biologia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n2, 2009.

Apêndice B – Planejamento didático

PLANEJAMENTO

ATIVIDADE 01

Objetivos: Introduzir o trabalho a ser realizado; recolher informações dos alunos sobre os assuntos que seriam tratados.

Recursos utilizados: Questionário 1 (Q1)

ATIVIDADE 02

Objetivos:

- ✓ Apresentar diferentes concepções de luz na antiguidade.
- ✓ Traçar um panorama inicial sobre o desenvolvimento da ótica antes do século XVII.
- ✓ Discutir a representação da luz mediante raios e seu uso na educação básica.

Recursos utilizados:

- Questionário 2 (Q2)
- Apresentação em PowerPoint sobre a luz na antiguidade.

Visões inadequadas Ciência a serem trabalhadas:

- Visão estática da Ciência: Mutabilidade do conhecimento ao longo do tempo.
- Visão socialmente neutra: Lembrar que os experimentos realizados por Galileu só foram possíveis graças a avanços tecnológicos, como o desenvolvimento de técnicas de polimento de vidros.

Conteúdos de Física associados:

- Representação da luz por meio de raios.
- Reflexão.
- Refração.

Bibliografia:

BASSALO, José Maria Filardo. A crônica da Ótica Clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 3, n.3, p. 138-159. 1986.

_____. A crônica da Ótica Clássica (Parte III:1801-1905). **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 6, n.1, p. 37-58. 1989.

_____. A crônica da Ótica Clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 4, n.3, p. 140-150. 1987.

FORATO, Thaís C. de Mello. **A natureza da ciência como saber escolar: Um estudo de Caso a partir da história da Luz**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2009.

HARRES, J. B. S., Um teste para detectar concepções alternativas sobre Tópicos introdutórios de ótica geométrica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.10,n.3: p.220-234. Florianópolis, 1993.

ATIVIDADE 03

Objetivos:

- ✓ Estudar a diferença entre a obra original e o enunciado dos livros de física básica atuais sobre o princípio de Huygens.
- ✓ Discutir a disputa de teorias em um período pré-paradigmático da ótica.
- ✓ Apresentar algumas diferenças entre os textos de Newton e de Huygens.
Discutir aspectos sobre a leitura e utilização destes textos na futura prática profissional dos alunos.

Recursos utilizados: Questionário 3 (Q3); Trecho de texto de Newton (1996, p.39-45 relativas ao Livro I e p.249-258 relativas à parte I do Livro III) e trecho de texto de Huygens (1986, p. 11-24, relativas ao capítulo I).

Visões inadequadas Ciência a serem trabalhadas:

- Visão empírico-indutivista e atórica: mostrar algumas hipóteses dos autores, destacando seu papel fundamental na Ciência.
- Visão individualista: Mostrar que os mesmos os maiores expoentes utilizam ideias de outros autores em suas formulações e que as teorias são fruto de trabalho coletivo.
- Visão aproblemática e ahistórica: destacar que cientistas renomados como Newton trabalham em cima de problemas e que deixam lacunas abertas em suas teorias, como as questões do Livro III.

Conteúdos de Física associados:

- Princípio de Huygens.
- Conservação do momento.

Competências para o futuro professor:

- Comparar diferentes textos.
- Avaliar adequação de textos de diferentes naturezas quanto a seu uso em sala de aula.

Bibliografia:

HUYGENS, Christiaan. Tratado sobre a Luz. In.: **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. Roberto de Andrade Martins (trad.) Suplemento 4, p. 1-99. São Paulo, 1986.

NEWTON, Isaac. **Ótica**. André Koch Torres Assis (trad.). Editora Edusp. São Paulo, 1996.

ATIVIDADE 04

Objetivos:

- ✓ Apresentar ideias e argumentos utilizados na disputa entre as teorias ondulatória e corpuscular.
- ✓ Discutir alguns aspectos de como se dá a aceitação de teorias na ciência.
- ✓ Apresentar a constituição do primeiro paradigma da ótica com a prevalência da teoria corpuscular de Newton.

Recursos utilizados: Questionário 4 (Q4); trecho do texto de Albert e Infeld (2008, p. 82-101).

Visões inadequadas Ciência a serem trabalhadas:

- Visão aproblemática e ahistórica: trabalhar com alguns problemas que envolveram a disputa entre as teorias ondulatória e corpuscular.
- Visão individualista: destacar o papel da comunidade científica para refutar ou referendar teorias e não simplesmente um cientista.

Conteúdos de Física associados:

- Refração

Competências para o futuro professor:

- Comparar diferentes textos.
- Avaliar adequação de textos de diferentes naturezas quanto a seu uso em sala de aula.

Bibliografia:

EINSTEIN, A., INFELD, L., **A Evolução da Física**. Editora Zahar, Rio de Janeiro, 2008.

HUYGENS, C. Tratado da Luz. In.: **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. Roberto de Andrade Martins (trad.) Suplemento 4, p. 1-99. São Paulo, 1986.

NEWTON, Isaac. **Ótica**. André Koch Torres Assis (trad.). Editora Edusp. São Paulo, 1996.

ATIVIDADE 05

Objetivos:

- ✓ Apresentar aspectos de uma mudança paradigmática.
- ✓ Discutir o papel dos experimentos no desenvolvimento da ciência.
- ✓ Traçar relações entre o desenvolvimento da ótica e do eletromagnetismo.

Recursos utilizados: Questionário 5; trecho do texto de Rocha (2002, p.212-243)

Visões inadequadas Ciência a serem trabalhadas:

- Visão rígida: evidenciar que não existe apenas um método científico, apesar de haver consensos sobre o que é válido para a Ciência.
- Visão exclusivamente analítica: destacar a busca de unificação entre diferentes áreas da Ciência.

Conteúdos de Física associados:

- Difração.
- Interferência.

Competências para o futuro professor:

- Conhecer a importância de determinados experimentos para o desenvolvimento de uma área do saber.
- Conhecer associações não triviais entre diferentes conteúdos e áreas do conhecimento.

Bibliografia:

BASSALO, José Maria Filardo. A crônica da Ótica Clássica (Parte III:1801-1905). **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 6, n.1, p. 37-58. 1989.

ROCHA, J. F. M., Origem e Evolução do Eletromagnetismo. In.: ROCHA, J. F. M. (org.) **Origem e Evolução das Ideias da Física**. Salvador, EDUFBA, 2002.

ATIVIDADE 06

Objetivos:

- ✓ Discutir possíveis dúvidas a respeito das aulas anteriores.
- ✓ Levantar mediante questionário respostas sobre questões trabalhadas.

Recursos utilizados: Questionário 6 (Q6).

Apêndice C – Questionários

- Questionário 01

- 1) Para você quais os objetivos da ciência?
- 2) Você acha que existe diferença entre os conhecimentos, por exemplo, da astronomia e da astrologia?
- 3) O desenvolvimento de uma área da física pode influenciar outra área da física? Cite exemplos.
- 4) O desenvolvimento da ótica pode ser relacionado a outras áreas? Como?
- 5) Já cursou alguma disciplina (na universidade) ou fez algum curso envolvendo História e Filosofia da Ciência?
- 6) Você já ouviu o termo 'História e Filosofia da Ciência'? Se sim, onde? O que você entende por este termo?
- 7) Você se interessa por esse tema?

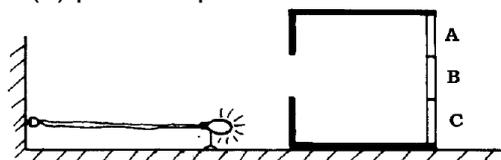
- Questionário 02

- 01) O que é a luz?
- 02) Como podemos ver os objetos?
- 03) Imaginando uma lanterna apontada para um espelho, descreva o que ocorre com a luz.
- 04) O desenho ao lado mostra um observador parado em frente a um espelho plano. Entre o espelho e o observador encontra-se um objeto. Se o observador mover-se para a esquerda, o que acontecerá com a imagem do objeto?
 - c) Permanecerá no mesmo lugar onde estava.
 - b) Se deslocará para a esquerda do observador.
 - c) Se deslocará para a direita do observador.

Justificativa: _____



- 05) A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada em frente a uma caixa que possui uma abertura no seu lado esquerdo. Que região(ões) da parte inferior direita da caixa é(são) iluminada(s) pela lâmpada?
 - f) Somente A.
 - g) Somente B.
 - h) Somente A e B.
 - i) A, B e C.
 - j) Nenhuma delas.



Justificativa: _____

06) A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada frente a uma janela de uma sala que contém três quadros (1, 2 e 3) na parede oposta à janela. Qual(ais) quadro(s) é(são) iluminado(s) pela lâmpada?

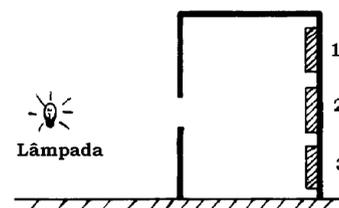
a) 1, 2 e 3

b) 1 e 2

2 e 3

Apenas o 2.

Justificativa: _____



07) O que diz o princípio de Huygens? Qual a utilidade dele no estudo de ótica?

08) Considere as figuras abaixo.

Figura 1

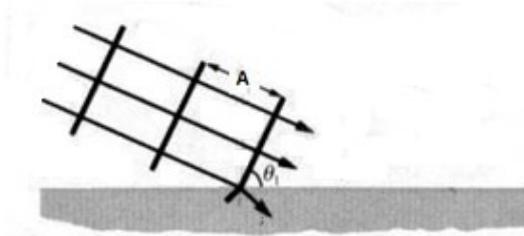
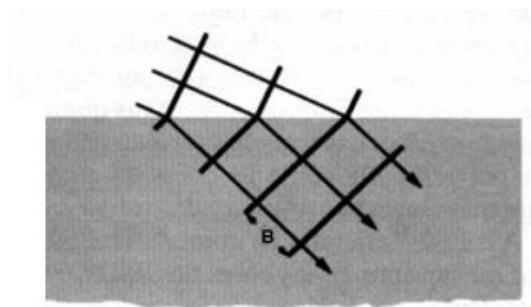


Figura 2

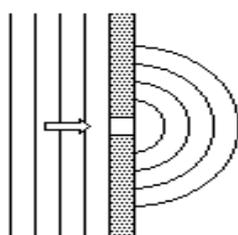


Sabendo que a figura 2 representa um instante posterior ao representado na figura 1, responda:

a) O que significam A e B nas imagens?

b) Descreva o que está acontecendo de acordo com as imagens.

09) (a) Como você explicaria a figura abaixo?



(b) Suponha que esta figura lhe seja dada para que você prepare uma aula. Como e para que você a utilizaria?

- Questionário 3

- 1) No trecho lido do texto “Tratado sobre a ótica” o autor esclarece um enunciado para o “seu princípio”? Se sim, qual é?
- 2) Para Huygens do que se trata a luz? Ele está correto?
- 3) A partir da leitura do trecho do texto “Ótica”, identifique como Newton concebe a luz?
- 4) Você teve alguma dificuldade na leitura dos textos? Quais?
- 5) Quais as principais diferenças que você consegue identificar entre o texto de Newton e o de Huygens?
- 6) Você utilizaria estes textos em aulas de física? Como?

- Questionário 4

- 1) Você conhecia a estrutura de texto apresentada na obra “Duas novas ciências” de Galileu? Esse tipo de estrutura é interessante para o ensino da física? Justifique.
- 2) Você concorda com a afirmação de que a formulação de um problema é mais essencial que sua solução (p.83)? Justifique.
- 3) É necessário definir o que é a luz para a descrição da refração?
- 4) Mediante qual teoria (ondulatória ou corpuscular) é mais fácil descrever a refração? Por quê?
- 5) Quais foram as principais dificuldades que as duas teorias, ondulatória e corpuscular, enfrentaram para sua aceitação?
- 6) Na página 101 do texto lido, último parágrafo, há a seguinte frase “O veredicto do século XIX não foi cabal e definitivo.”. Quem proferiu esse veredicto? E com base em que o proferiu?
- 7) Você percebeu alguma diferença entre o texto “A Evolução da Física” e os textos lidos anteriormente? Quais?
- 8) Você utilizaria este texto “A Evolução da Física” em aulas de física? Em caso afirmativo, como? Em caso negativo, por quê?

- Questionário 5

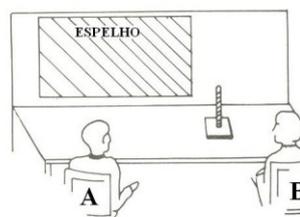
- 1) Do que se utiliza Fresnel para descrever matematicamente a figura de difração? E quais suas principais conclusões?
- 2) Alguma vez existiu éter? Justifique.

- 3) Na sua opinião, textos como este, “ Origem e evolução das ideias da Física”, poderiam fazer parte de uma bibliografia para um curso de física? Justifique.
- 4) Faça um breve resumo sobre o desenvolvimento da ótica.

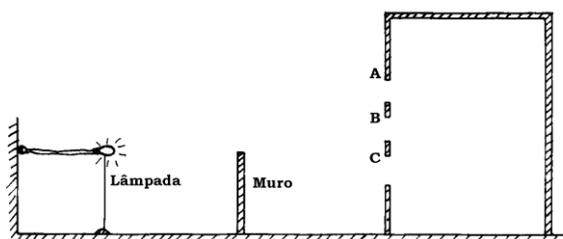
• Questionário 6

- 1) Para você, o que é ciência?
- 2) O que torna a ciência (ou uma disciplina científica como a Física, a Biologia etc.) diferente de outras formas de investigação (por exemplo, religião, filosofia)?
- 3) Para você, o que é a Luz?
- 4) figura abaixo mostra um objeto que se encontra além da borda direita de um espelho plano. Os observadores A e B podem ver a imagem do objeto?

- a) Sim, ambos podem ver a imagem.
- b) A pode ver a imagem, mas B não.
- c) A não pode ver a imagem, mas B pode.
- d) Não, nenhum dos dois pode ver a imagem.



As questões 5 e 6 referem-se à figura abaixo. Ela mostra um muro colocado entre uma pequena lâmpada e uma sala com três janelas na parede da esquerda.



- 5) Qual (ais) da(s) janela(s) é (são) iluminada(s) pela lâmpada?
 a) A b) B c) A e B d) A, B e C

Justificativa: _____

- 6) Se você estiver dentro da sala, através de qual (ais) das janelas você poderá ver a lâmpada?

a) A, B e C b) A e B c) B d) A

Justificativa: _____

7) Você acha importante que elementos da História e Filosofia da Ciência estejam presentes no ensino:

• Superior. Por quê? _____

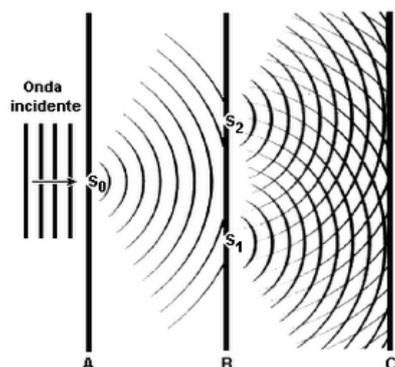
• Médio. Por quê? _____

8) Em sua opinião, quais seriam as principais dificuldades para se trabalhar em sala de aula com a História e Filosofia da Ciência?

9) Durante o trabalho com a história da ótica, nas últimas aulas, foram lidos textos de cientistas e textos sobre história das ideias da ciência. Qual a sua opinião sobre a leitura desses textos durante o curso de física?

10) Como o Princípio de Huygens é utilizado na ótica? Justifique.

11) Explique o que representa a imagem abaixo.



12) Para você, qual das figuras abaixo é mais adequada para explicar a refração? Justifique.

Figura A

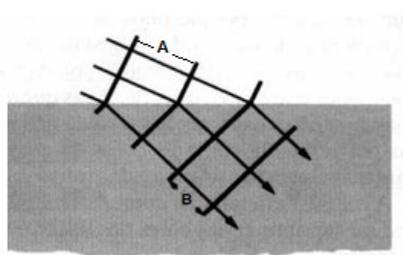
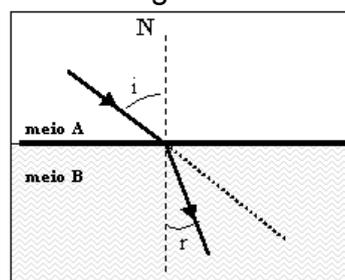


Figura B



Apêndice D – Slides da Apresentação em PowerPoint

A velha luz

Tópicos do desenvolvimento histórico da ótica antes do século XVII

O que é a luz????

- Onda eletromagnética?
- Pacotes discretos de energia – fótons?
- Duas teorias?
- Podem haver duas interpretações para um mesmo fenómeno?

Natureza

- A natureza pode ser interpretada de uma única maneira correta?
- Como se prova que a luz é uma onda eletromagnética?

Quando começa?

“É comum atribuímos ao século XVII o surgimento da ótica geométrica tal como a conhecemos nos dias de hoje. No entanto...”
(BARROS E CARVALHO, 2006, p85).

Mitos

“...logo que dominou o fogo, o Homem percebeu que havia uma relação entre a luz e o fogo, já que ambos aquecem e iluminam.” (BASSALO, 1986, p.138)

Exemplo: Egípcios, a luz é Maât, filha de Rá, o Deus Sol

A Grécia Antiga (Séc. XII – II a.C.)

- Séculos IX e VI antes da era cristã ocorre intercâmbio comercial e cultural intenso entre diferentes povos.
- Enfraquecimento de toda a tradição cultural e do respeito pelos mitos.
- Indivíduos se percebem mais poderosos.

Grécia

“Em meio a todo esse amplo processo cultural, que envolveu uma crítica racional dos mitos, houve também o aparecimento de algo novo: o despertar da filosofia como algo novo, independente, que procurava fundamentar-se apenas no pensamento, na razão.”
(MARTINS, 1994, p.34)

- Sócrates (entre séculos VI e V a.C.)

A luz na Grécia

- Como podemos ver?
- O que ocorre entre o objeto e o olho?

Atomistas

- Segundo Platão (Séc. V e IV a.C.), a visão de um objeto era devido a três jatos de partículas: um partindo dos olhos, um segundo proveniente do objeto percebido e um terceiro vindo das fontes iluminadoras (Sol, lâmpada, etc.)
- Leucipo (~500 - ? a.C.), Demócrito (460-370 a.C.), Epicuro (341-270 a.C.) e Lucrecio (98-55 a.C.). Luz como material (*Eidola* – uma espécie de capa) que saíria dos objetos e entraria no olhos permitindo a visão.

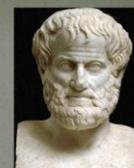
Problemas das ideias dos atomistas

- Como as eidola passam umas sobre as outras sem se chocarem?
- Como poderíamos ver a imagem de objetos grandes?



- Empédocles (Séc. V a.C.) - Relacionava a luz ao fogo, um fogo interno emitia raios que quando entravam em contato com os raios emitidos pelo objeto, que continham informações sobre a forma e a cor, permitiam a visão (Forato, 2010, p.43).
- Problemas: Por que não se enxerga no escuro?

Aristóteles



- Dá explicações para a maioria das inquietações sobre fenômenos observados.
- Havia 4 elementos básicos: terra, água, ar e fogo; cada um estavam associadas duas de quatro qualidades primárias fundamentais: quente ou frio, úmido ou seco.
- O Universo foi, correspondentemente, dividido em *sublunar* e *supralunar*: Aquele é corruptível, mutável e imperfeito; esse, incorruptível, imutável e perfeito.

A luz para Aristóteles

- Existe um meio transparente que necessita de luminosidade para revelar sua transparência e transmitir as informações para o olho. Os objetos provocam alterações no meio que transmite instantaneamente (luz tem velocidade infinita!) essas alterações ao olho do observador.
- Não existe vazio, por isso a luz não pode ser algo material, é algo que ocorre entre o objeto e o olho. Não pode ocupar o mesmo lugar que o ar.

Concepções Alternativas (CA)

CA x descrições históricas.

Exemplos:

- Calórico,
- ímpetos,
- e a própria ótica (questões 1 e 2)

Paralelamente

- A luz era interesse quase geral e diversos fenômenos foram sendo observados.

Euclides (323-285 a.C.)

Admitindo trajetória retilínea para o raio luminoso e usando seus Elementos de Geometria, apresenta corretamente a Lei da reflexão da Luz:

O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, lei essa, válida quer para espelhos planos, quer para espelhos esféricos.

Arquimedes (287- 212 a. C.)

- O matemático e inventor grego, de Siracusa, em seu livro *Catóptrica*, faz referência a espelhos, principalmente aos em forma de parabolóide de revolução.
- e, mais ainda, provavelmente ele os teria construído em cobre e usado para incendiar os navios romanos que sitiaram sua Siracusa, no ano 214 a.C.

Ptolomeu (85-165)

- Em seu livro *Ótica*, ele descreve a refração da luz solar e das estrelas ao atravessar a atmosfera terrestre.
- Pela primeira vez é feita uma tentativa de estudar analiticamente tal fenômeno através de uma tabela na qual são registrados os ângulos de incidência e de refração de raios luminosos que atravessam superfícies de separação entre ar- água, ar-vidro e água-vidro, ângulos esses medidos por um aparelho bem simples que o próprio Ptolomeu inventara.



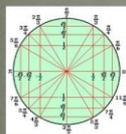
Ptolomeu

Ao examinar essa tabela, o formulador do modelo geocêntrico planetário observou que, quando esses ângulos são pequenos, a relação entre os mesmos permanece constante. No entanto, para ângulos maiores, ele formulou uma lei do tipo

$$r = ai + bi^2$$

(r = ângulo de refração; i = ângulo de incidência; a e b são constantes).

O que faltou a Ptolomeu?



- Apesar de a Trigonometria ter sido fundada pelo astrônomo grego Hiparco de Nicéia (190-120 a.C.), por volta do ano 140 a.C., ela foi empregada quase que exclusivamente na Astronomia e na Geometria.
- Somente a partir do século XVII é que ela foi aplicada na Ótica e em outros ramos da Física.

Mais adiante um pouco...

Diversos outros autores desenvolveram observações e criaram formas mais ou menos consistentes de explicá-las, como Al-Hazen (965-1038) em seu livro *Kitab Al-Manazer* (Tesouro da Ótica),:

- completou a lei da reflexão da luz ao afirmar que o raio incidente, o raio refletido e a normal estão no mesmo plano.
- não conseguiu formular corretamente sua lei de refração, porém, corrigiu as tabelas de Ptolomeu.
- Observou o aumento da Lua quando próxima do horizonte, e que o crepúsculo solar permanece até mesmo quando o Sol está cerca de 19° abaixo do horizonte.

A Ciência toma forma -Séculos XVI e XVII-



Descartes



Galileu

- Utilização da experimentação: Telescópio e microscópio

Galileu (1564-1642)

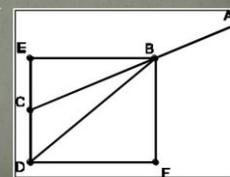
- Telescópio
- Astronomia: Júpiter, de estrelas mancha
- Microscópio: folhas.
- No entanto, de ótica.



A descoberta da refração

- Entre 1621 e 1625, Snell (1591-1626) descreve a lei correta da refração, utilizando equivalente geométrico aos senos dos ângulos de incidência e refração.
- Ele publica um manuscrito.

$$\frac{\overline{BD}}{\overline{BC}} = \eta$$



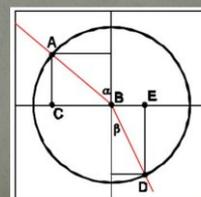
Descartes (1596 a 1651)

- 1637-8 publica o *Discurso do Método* e no apêndice *La dioptrique* publica a lei correta da refração.
- Provavelmente era conhecedor do trabalho de Snell, porém não fez nenhuma referência a ele naquele suplemento,).

Descrição Cartesiana

- Muito embora a palavra seno já fosse conhecida, já que ela foi introduzida por Robert de Chester no século XII, Descartes não a utilizou.

$$\frac{\overline{BC}}{\overline{BE}} = \eta$$



Heranças do atomismo

Ao estudar a refração da luz através de meios transparentes, Descartes utiliza a teoria corpuscular da luz e conclui que a velocidade da mesma é maior nos meios mais refringentes, isto é, mais densos. (BASSALO, 1986, p.151)

Difração

- O físico italiano Francesco Maria Grimaldi (1618-1663) em seu livro intitulado *Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride*, publicado em 1665, após sua morte, descreveu algumas experiências nas quais mostrou que a propagação da luz pode se realizar de uma quarta maneira, denominada por ele de **difração**.
- Grimaldi observou também a interferência.

Experimentos de Grimaldi

- Grimaldi demonstrou que se um feixe de luz branca passar através de dois estreitos orifícios, situados um atrás do outro, e em seguida atingir um anteparo branco, haverá neste uma região iluminada além da que deveria existir se a luz se propagasse em linha reta.
- É como se a luz se "encurvasse" ao passar pelos orifícios, afirmou Grimaldi.
- Observou ainda que nas bordas dessa região iluminada havia uma ligeira coloração avermelhada e azulada (interferência).

Interferência

O fenômeno da interferência foi observado também por Robert Hooke (1635-1703) em seu *Micrographia* (1665) e por Robert Boyle, independentemente. Esses trabalhos inspiraram mais tarde os trabalhos de outros como Newton.

Hooke

- de cores produzidas por uma lâmina transparente e fina, de faces paralelas, e iluminada com luz branca.
- nova hipótese sobre a natureza da luz ao propor a ideia de que esta consistia de rápidas vibrações que se propagavam instantaneamente, em alta velocidade e em qualquer distância,

Hooke

- No entanto, a grande descoberta que marcou para sempre seu nome na Biologia, ele a fez ao examinar a cortiça.
- observou que a estrutura da cortiça era constituída de unidades ocas, retangulares e regularmente alinhadas, as quais denominou células.

A Luz até o século XVII

- Até meados do século XVII, eram conhecidos os fenômenos da reflexão, refração, difração e interferência.
- Apenas a reflexão e a refração possuíam explicações consistentes.
- Por que?

Reflexão e refração

- A descrição desses fenômenos não exige uma teoria sobre a natureza da luz.
- A representação mediante raios e sua interpretação geométrica satisfaz com precisão a análise desses fenômenos.

Reflexão

Diagram illustrating reflection. A light ray (ri) strikes a surface at an angle of incidence. The normal (N) is perpendicular to the surface. The reflected ray (r) leaves at an angle of reflection. Labels include 'Ângulo de incidência' and 'Ângulo de reflexão'.

Questão 04

- Permanecerá no mesmo lugar onde estava.
- Se deslocará para a esquerda do observador.
- Se deslocará para a direita do observador.

É importante considerar o observador.

Diagram for Question 04: An object (OBJETO) is placed between a mirror (ESPELHO) and an observer (OBSERVADOR). The observer sees the virtual image of the object in the mirror.

Refração

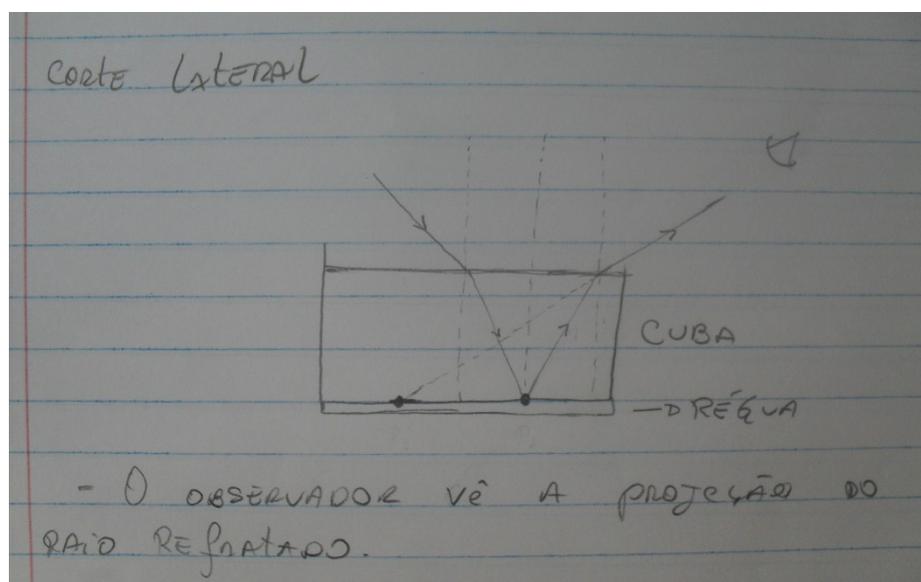
Diagram illustrating refraction. A light ray (feixe de luz) passes from water to air, bending away from the normal. Labels include 'feixe de luz' and 'feixe de luz passando da água para o ar'.

Século VI a.C.	LEUCIPPO	EMPEDÓCLES	SÓCRATES	PLATÃO	ARISTÓTELES	Grécia Antiga
Século V a.C.	DEMÓCRITO					
Século IV a.C.	EPICURO	EUCLIDES				
Século III a.C.				ARQUIMEDES		
Século II a.C.						
Século I a.C.	LUCRÉCIO					
Século I				PTOLOMEU		
Século II						
Século III						
Século IV						
Século V						
Século VI						
Século VII						
Século VIII						
Século IX						
Século X	AL-HAZEN					
Século XI						
Século XII						
Século XIII						
Século XIV						
Século XV						
Século XVI		GALILEU	SNELL	DESCARTES	HUYGENS	GRIMALDI
Século XVII	HOKE		NEWTON			
Século XVIII						
Século XIX						
Século XX						
Século XXI						

Apêndice E – Imagem da refração

Apêndice F – Representações de refração dos alunos

D1



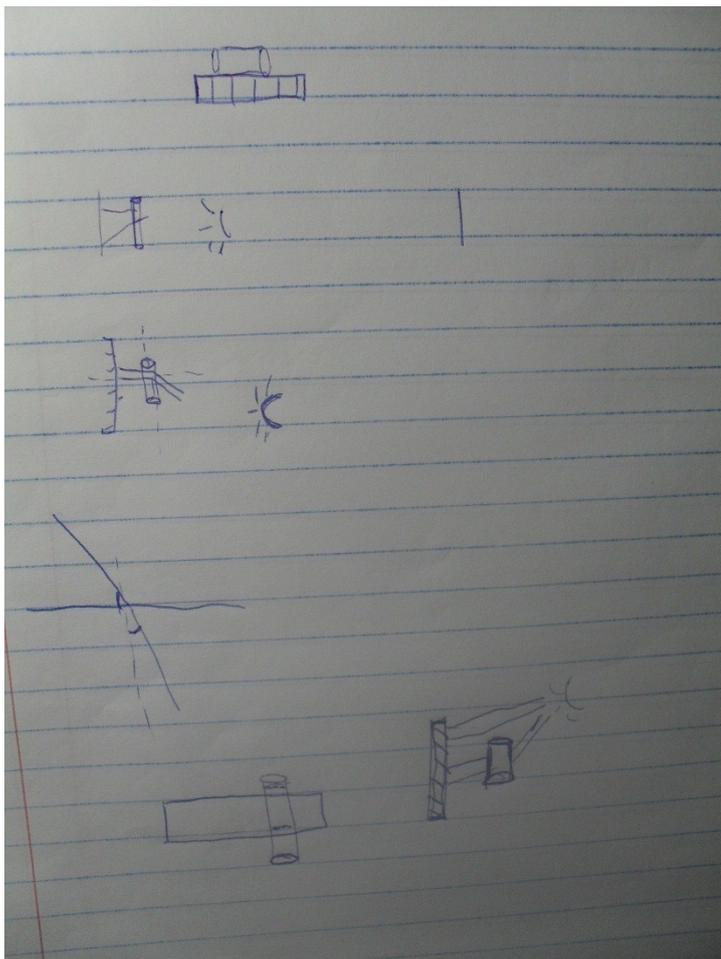
N3

Como o observador observa até a certa altura da água, os raios de luz chegam ao objeto passando pela água desse refração fazendo com que o ângulo de incidência fiquem mais próximos da normal, ao refletir no objeto voltando para o observador o raio refratado se distancia da normal o que faz com que o observador observe a água mais distante do que observaria sem a água.

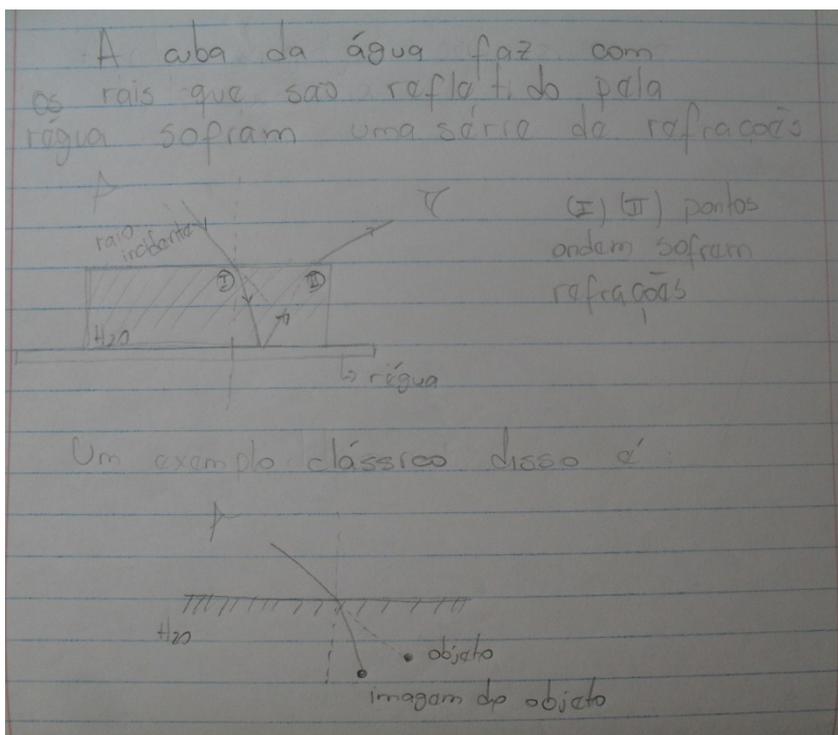
N2

Tomamos 2 meios diferentes. Meio A (ar), meio B (água). Na condição de observador, a luz incide no objeto e refrata no segundo meio, com um ângulo de refração diferente do ângulo de incidência (descrição teórica). (Descrição de observador) a régua se "desloca" para cima quando é observada através do meio B água, diferente da sua posição para o ar. meio A.

N1



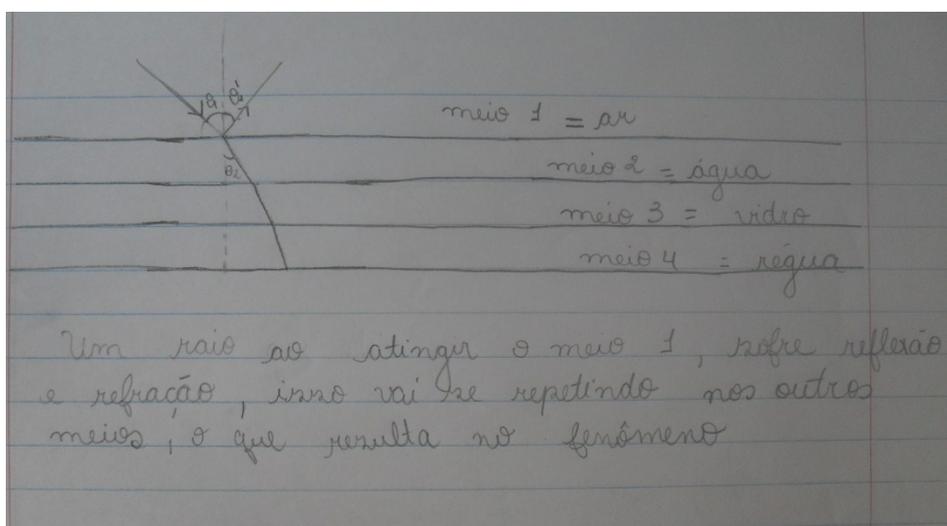
D12



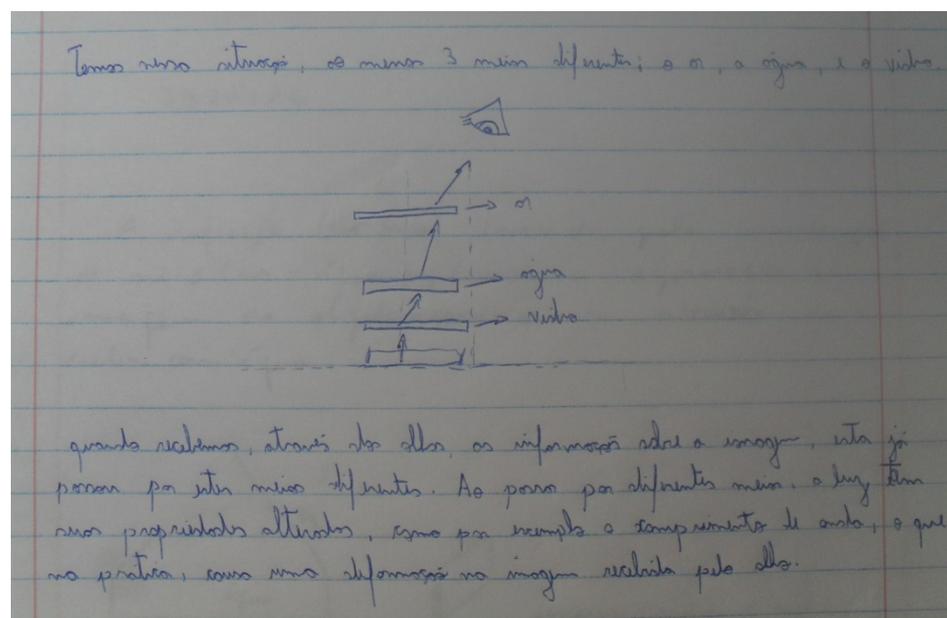
D11

Podemos ver a régua através da cuba de vidro. Os raios provenientes da régua, primeiro atravessam o vidro, sofrendo refração. Depois, passam do vidro para a água, sofrendo refração novamente e finalmente, da água para o ar, chegando ao olho do observador. Por isso, vemos a parte da régua que está atrás da cuba, acima das outras partes da régua.

D10



D9



D8

A imagem da régua reflete duas vezes até esta observação uma vez no vidro e outra na água. Essa refração causa um desvio, por isso emergimos a imagem deslocada. Pela lei de Snell - Descartes temos que

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

onde n_1 é o índice de refração do meio 1, θ_1 e θ_2 os ângulos dos raios incidente e refletido, em relação a reta normal.

D6

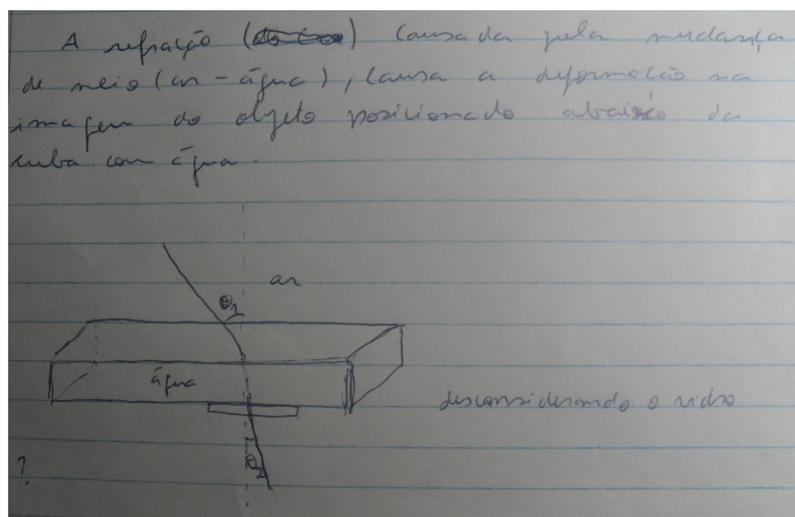
Na imagem que observamos, existe ³ refrações. A 1ª é a refração do raio incidente entre o ar e o vidro, a 2ª refração se dá do vidro na água dentro do cubo, a 3ª refração se dá de ^{outra} ~~do~~ ^{da} água para o ~~vidro~~ ^{ar}. ~~Por último a~~ 4ª refração se dá do vidro para o ar novamente.

1ª situação

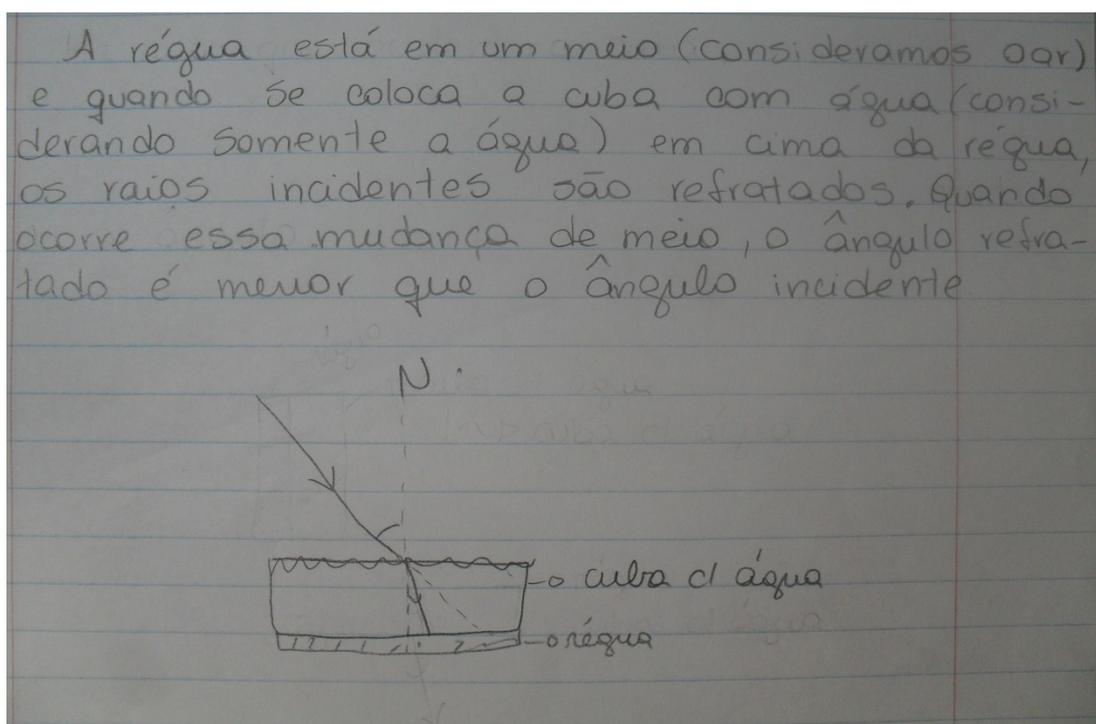
2ª situação

3ª situação

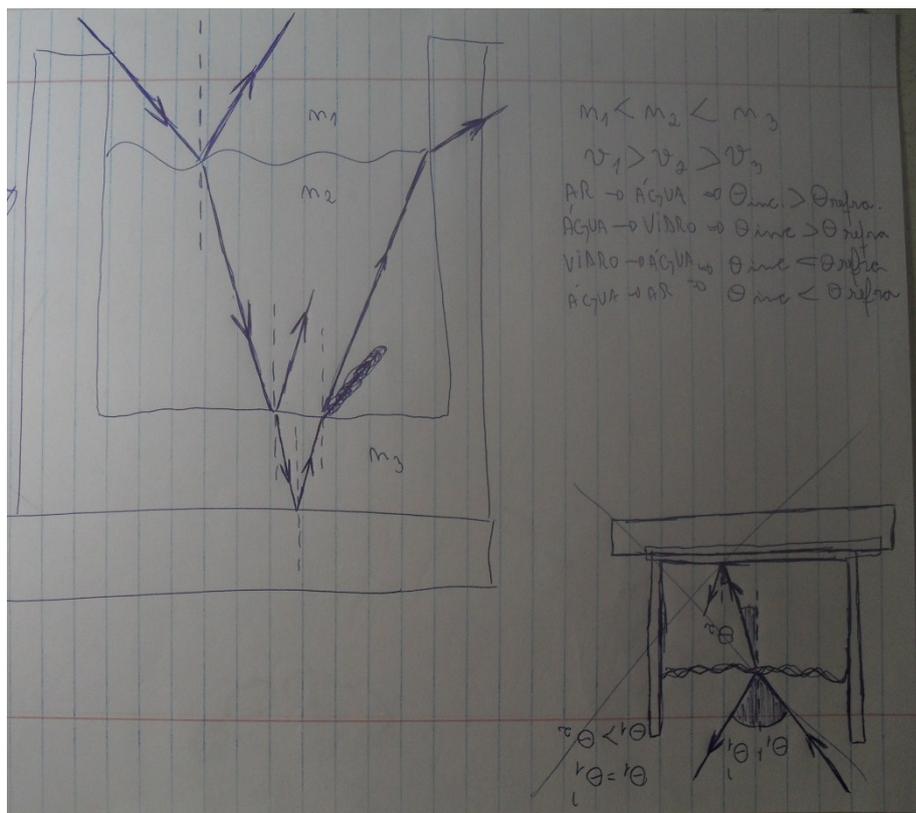
D5



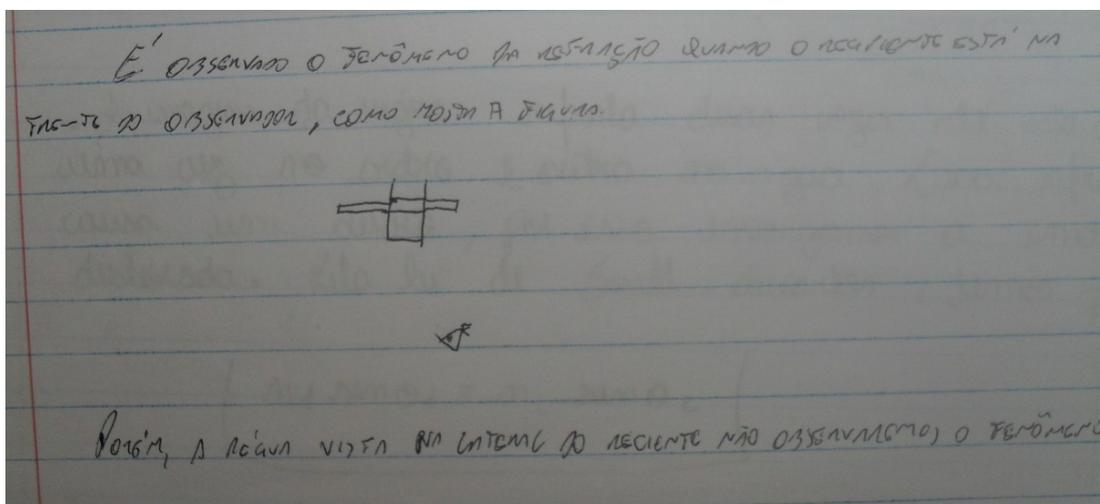
D4



D3



D2



N4

O índice de refração do objeto é diferente do índice de refração do ar, por isso o raio ~~de~~ ~~de~~ de luz que incide no objeto, nos dá a impressão de deslocamento do objeto.