

ENFRENTANDO OBSTÁCULOS NA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA PARA A SALA DE AULA

CAPÍTULO 5

Thaís Cyrino de Mello Forato

Roberto de Andrade Martins

Maurício Pietrocola

Tem-se escrito e dito muito sobre os diversos benefícios formativos decorrentes dos usos da História da Ciência na formação dos estudantes. Mais do que favorecer o aprendizado de conteúdos científicos e ampliar a cultura geral do estudante, dentre outros propósitos pedagógicos, o estudo de episódios da História da Ciência tem sido recomendado como um recurso adequado e eficaz para a compreensão da Natureza da Ciência (NDC).¹

Argumentos poderosos são exibidos pela literatura especializada, considerando o aprendizado da epistemologia da ciência como fundamental ao letramento científico, ao desenvolvimento da capacidade crítica dos estudantes e à compreensão dos processos sócio-históricos da construção do conhecimento científico, entretanto, pesquisas têm apontado desafios e dificuldades – em diferentes esferas –, para se efetivar propostas concretas na sala de aula, tanto na formação de professores das ciências quanto na escola básica.² Dentre tais dificuldades estão os problemas e riscos trazidos pelas abordagens anacrônicas sobre os processos de construção das ciências, tais como a pseudo-história, ainda presentes no ambiente escolar e social dos estudantes.³

Tais dificuldades não são elementares, ao contrário, uma vez que estamos diante de uma competência posta pelo nosso próprio contexto sócio-histórico: transitar em, e amalgamar, diferentes campos do saber. A necessidade de formar cidadãos para compreender e interagir com as profundas transformações socioculturais que vivenciamos requer habilidades esquecidas na era das crescentes especializações, que se intensifica desde o século XIX. Lembrando, evidentemente, que cada época confere características próprias à produção e divulgação do conhecimento, transpor as grades das *gaiolas* epistemológicas, após mais de um século de

¹ AAAS (1990; 1993); Abd El Khalick; Lederman (2000); Arduriz-Bravo; Izquierdo-Aymerich (2009); Brasil (2002); El-Hani (2006); Holton (2003); Lederman (2007); Martins (2006); Matthews (1992); McComas *et al.* (1998); Medeiros; Bezzera-Filho (2000); Peduzzi (2001); Pietrocola (2003); Pumfrey, (1991); Rudge; Howe (2009); Santos (1999); Silva (2006).

² Clough; Olson (2008); Forato (2009); Höttecke; Silva (2010); Martins (2007); Martins (1990).

³ Allchin (2004); Brush (1979); Forato (2008); Gil-Perez *et al.* (2001); Martins (2006); Pagliarini (2007); Whitaker (1979).

contínuas especializações, é um desafio a qualquer pensador no início do século XXI.⁴ De acordo com Santos,

Nesta encruzilhada de mudança, virada para o diálogo entre saberes, para o conhecimento instrumental, para a discussão argumentada e para a vivência e enraizamento dos valores, o 'valor da educação' ganha uma importância acrescida. [...] Conjugando a complexidade e a circularidade intrincadas de perspectivas de tipo internalista com perspectivas de tipo externalista – sabedorias e contextos tecnológicos, sociais, culturais e civilizacionais, que imprimem marcas à história da ciência e ao seu ensino. Na realidade, pensar a educação, nos dias de hoje, exige uma compreensão rigorosa de todo o circunstancialismo que, não sendo determinante, a condiciona e motiva. (SANTOS, 1999, p. 2).

Em meio a tais demandas, conhecimentos imbricados envolvendo a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência (HFC ou HFSC) surgem na literatura especializada como recursos interessantes para favorecer a transdisciplinaridade envolvendo conhecimentos científicos, metacientíficos e artísticos, conjugando, harmoniosamente, a dimensão conceitual da aprendizagem disciplinar com a dimensão formativa e cultural.

Quando se pretende implementar tais saberes nas aulas de ciências, algumas questões imediatamente se colocam: como o professor das ciências formado em uma disciplina científica, que já enfrenta desafios na implementação de metodologias atuais visando ao ensino-aprendizagem de conceitos científicos, conseguirá lidar com conhecimentos de outros campos do saber? Que dificuldades enfrentará o elaborador de materiais didáticos e educacionais para inserir conteúdos de HFC, em metodologia adequada, sem negligenciar os conteúdos científicos? O que seria uma metodologia pedagógica *adequada* para conhecimentos especializados que já são transdisciplinares em sua própria produção?⁵

Muitas questões ainda poderiam ser levantadas. Dedicamos este capítulo para discutir um dos aspectos dessa complexa problemática, qual seja, apresentar o enfrentamento de dificuldades e obstáculos para a inserção de conteúdos selecionados de HFC na escola básica.⁶ Tais obstáculos foram identificados durante a elaboração de um minicurso, incluindo o desenvolvimento de textos para os estudantes e para o professor, uma sequência de atividades didáticas, inscritos em uma proposta metodológica. Apresentamos neste capítulo, os resultados de uma análise sobre o enfrentamento de obstáculos para a transposição didática de episódios da história da óptica para Ensino Médio.⁷

⁴ D'Ambrósio (2011); Santos (1999).

⁵ A História da Ciência como disciplina especializada desenvolve-se ao longo do século XX e localiza-se na interface de saberes científicos, históricos, antropológicos, sociais, filosóficos etc. Sobre historiografia veja em Alfonso-Goldfarb (1994); Canguilhem (1977); Clagett (1969); Debus (1991); Forato (2008); Jardine (2003); Kuhn (1977); Martins (2005), por exemplo.

⁶ Uma versão preliminar e menor desta análise dos obstáculos empíricos foi apresentada no XII EPEF em Águas de Lindóia (FORATO *et al.*, 2010a).

⁷ Esta etapa pertence a uma pesquisa mais ampla, realizada para um doutoramento (FORATO, 2009).

A Natureza da Ciência no ambiente escolar

O uso da HFC na educação tem sido recomendado por documentos oficiais e diversos autores visando a promover a aprendizagem, em geral, dos seguintes aspectos da NDC:⁸

- 】 entender a ciência como uma atividade humana socialmente construída - em um contexto cultural de relações humanas, dilemas profissionais e necessidades econômicas – pode favorecer uma compreensão mais ampla de seu papel na sociedade contemporânea;
- 】 problematizar uma visão exclusivamente empírico-indutivista da construção da ciência;
- 】 possibilitar certo conhecimento metodológico, permitindo refletir sobre as relações e diferenças entre observação e hipóteses, leis e explicações e, principalmente, resultados experimentais e explicação teórica;
- 】 compreender os termos que envolvem o debate científico e a ciência como parte de sua cultura envolvendo julgamentos de valor;
- 】 conhecer não apenas os conteúdos científicos, mas também seus pressupostos e limites de validade postos pelo seu contexto histórico;
- 】 problematizar os mitos sobre a construção do conhecimento científico revelando crenças, valores, disputas e controvérsias que permeiam a construção da ciência;
- 】 compreender a ciência como construção humana e sua relação com outros campos do conhecimento, incluindo as diversas manifestações artísticas.

Quando se pretende essa compreensão contextualizada do conhecimento científico no tempo, no espaço e em sua relação com outros saberes, é necessário lembrar que a concepção que se tem sobre a ciência estará sempre refletida, explícita ou implicitamente, em todas as iniciativas educacionais que digam respeito a ela, desde a seleção e abordagem de conteúdos, até as metodologias educacionais utilizadas nos processos de ensino e aprendizagem. Não basta inserir conteúdos de HFC na sala de aula, sem admitir que qualquer prática educativa reflete as concepções que os professores têm sobre o trabalho científico, transmitindo, implícita ou explicitamente, uma visão sobre a NDC.⁹

Gil Perez e colaboradores (2001) analisaram as visões sobre a NDC em um grande grupo de professores e encontraram concepções dissonantes com essas recomendadas pela literatura educacional mencionadas. Eles relatam concepções empírico-indutivistas e ateóricas, a-históricas, dogmáticas, elitistas, exclusivamente analíticas, acumulativas e lineares dos processos de construção do conhecimento científico, em geral pro-

⁸ Objetivos apontados, por exemplo, por AAAS (1990; 1993); Brasil (2002); Arduriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009); Gil-Perez et al. (2001); Martins (2007); Martins (2006); Matthews (1992); McComas et al. (1998); Medeiros e Bezerra-Filho (2000); Lederman (2007); Pietrocola (2003); Reis et al. (2006); Vannucchi (1996); etc.

⁹ Brasil (2002); Gil Perez et al. (2001).

tagonizadas por *insights* individuais de grandes pensadores. Os autores discutem como o Ensino de Ciências vem reforçando e propagando tais concepções indesejadas sobre a construção da ciência.

Um dos problemas que contribuem para a perpetuação dessas concepções epistemológicas indesejáveis é a presença da pseudo-história no Ensino de Ciências. Além de serem inconsistentes com a visão de ciência que tem sido recomendada para a educação científica, tais versões históricas constituem-se um desestímulo ao pensamento crítico.¹⁰ Ademais, é importante lembrar que o trabalho de quem constrói os relatos sobre a História da Ciência é sempre permeado por valores pessoais.¹¹ Daí decorre que qualquer narrativa histórica reverbera uma concepção sobre o funcionamento e construção da ciência, seja ela escrita por um especialista, ou não.

Um olhar atento pode identificar discrepâncias entre uma concepção de ciência como uma construção humana, social, influenciada por fatores culturais, e um relato histórico que traz, implicitamente, uma ciência puramente empírica e neutra, produtora de verdades absolutas que desconsidera debates, controvérsias e rupturas em sua história. Desse modo, *é importante confrontar os objetivos formativos e epistemológicos que se buscam, com as visões transmitidas pelas narrativas históricas utilizadas.*

Os usos da HFC na educação, ou a pesquisa sobre eles, requerem, assim, que se estabeleça a visão de ciência e dos processos de sua construção que os fundamentam. Explicitamos a seguir os aspectos da NDC que guiam essa análise e buscam estar de acordo com as recomendações atuais para o Ensino de Ciências:¹²

- › a natureza não fornece dados suficientemente simples que permitam interpretações sem ambiguidades;
- › uma observação significativa não é possível sem uma expectativa preexistente;
- › a ciência é uma atividade humana influenciada pelo contexto socio-cultural de cada época;
- › teorias científicas não podem ser provadas e não são elaboradas unicamente a partir da experiência;
- › o conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não inteiramente, na observação, evidência experimental, argumentos racionais e ceticismo.

A elaboração de narrativas históricas e os aspectos epistemológicos que elas transmitem podem ser avaliados e orientados pela historiografia atual da História da Ciência.¹³

¹⁰ Allchin (2004); Holton (2003); Martins (2006); Pagliarini (2007).

¹¹ Allchin (2004); Debus (1991); Canguilhem (1977); Forato (2008); Gravoglu *et al.* (2008); Martins (2005); Martins (2004).

¹² Aspectos retirados principalmente de Pumfrey (1991); McComas *et al.* (1998); Gil Perez *et al.* (2001); Allchin (2004).

¹³ Por exemplo, Kragh, 1987; Martins (2005); Forato (2008); Gravoglu *et al.* (2008); Kuhn (1977).

Além de fornecer subsídios para a metodologia de trabalho do historiador, os pressupostos historiográficos esclarecem de que modo as concepções de ciência guiam a seleção das fontes históricas, sua interpretação e sua contextualização,¹⁴ entretanto, não são apenas tais requisitos que devem ser considerados na implementação da HFC no Ensino de Ciências. O olhar para o ambiente escolar, para os processos de ensino e aprendizagem, e para as metodologias educacionais são também fundamentais para a construção dos saberes escolares.

Transformar conteúdos da HFC em conteúdos adequados à escola básica requer admitir uma mudança de nicho epistemológico, reconhecer as diferentes funções sociais. Nesse sentido, a contribuição da didática das ciências – particularmente, o enfoque trazido por certos aspectos da transposição didática (CHEVALLARD, 1991), pode auxiliar para se pensar a construção dos conhecimentos de HFC para a escola básica.

Nessa perspectiva de adaptação, a transposição didática passa a ser vista sob a óptica de outro campo do saber, o das narrativas históricas, e não mais dos conceitos da matemática, seu berço de origem. O saber sábio passa a ser aquele construído pelo historiador das ciências, mas não apenas. Para tornar o processo mais complexo, têm-se os documentos originais, produzidos pelos cientistas, filósofos naturais e demais pensadores de diferentes épocas, os sujeitos que constroem as ciências.

Tais obras devem ser interpretadas à luz de seu tempo, segundo historiografia contemporânea,¹⁵ buscando transpor a dicotomia entre internalismo e externalismo, mediante um olhar contextualizado para os conteúdos científicos. Desse modo, é importante entender tais conceitos a partir de sua formulação discursiva original (fontes primárias), confrontando-as com narrativas especializadas (fontes secundárias), e considerando perspectivas sociais e culturais na construção da ciência.

É necessário, portanto, transitar em diferentes campos do saber. Mais do que isso, é necessário construir conhecimentos que inscrevem em si próprios aspectos de diversas especialidades.

Tendo em vista todos os pressupostos ora discutidos e à luz das concepções epistemológicas objetivadas, uma análise teórica apontou oito obstáculos previstos na confluência dessas distintas áreas do conhecimento e levantou alguns dilemas inevitáveis e riscos a assumir.¹⁶ Tais obstáculos foram aprofundados e ampliados pelo estudo empírico aqui relatado, durante a elaboração de um minicurso para a escola básica, cuja metodologia e resultados são descritos nas seções a seguir.

¹⁴ Veja em Forato *et al.* (2011) uma análise de problemas historiográficos mais comuns que fomentam a disparidade entre as concepções de NDC recomendadas pelas pesquisas em Ensino de Ciência e as presentes no ambiente escolar.

¹⁵ Kragh (1987).

¹⁶ A análise dos obstáculos previstos teoricamente, incluindo dilemas, escolhas e os riscos a assumir pode ser encontrada em Forato e colaboradores (2011) e/ou Forato (2009, v. 1, cap. 1 e 2).

Metodologia estruturadora da pesquisa

A proposta desenvolvida para a utilização da HFC no ensino assume a coerência e consistência entre marcos teóricos e metodológicos, e busca ressonância entre os objetivos e as hipóteses que alicerçam os problemas da pesquisa.¹⁷ Adotamos a metodologia qualitativa para seu planejamento geral, estruturando a coleta e a análise de dados, que apresenta coerência com a concepção de construção da ciência adotada, e está retratada nos objetivos epistemológicos estabelecidos, bem como nos métodos de ensino e aprendizagem propostos. Ao se considerar a ciência uma atividade humana, desenvolvida em um dado contexto sociocultural, a construção do saber escolar e do conhecimento sobre a ciência também foram concebidos como um processo coletivo de construção do conhecimento. Tal concepção implica a *valorização do processo educacional, tanto quanto seu produto final*.¹⁸ Desse modo, objetivando a construção de saberes da HFC para a escola básica, buscamos identificar desafios e dificuldades na transposição desses conteúdos para o Ensino Médio. Assim, focalizando processo e produto, adotou-se como estratégia metodológica o confronto entre prerrequisitos e recomendações de diferentes campos do saber, em dois níveis distintos:

- 1) análise teórica que confrontou as exigências didáticas, historiográficas e epistemológicas, em que se obteve oito obstáculos e quatro tensões ou dilemas a serem enfrentados.¹⁹
- 2) desenvolvimento de uma parte empírica que compreendeu a elaboração de um curso piloto para o Ensino Médio, envolvendo as seguintes etapas: selecionar o conteúdo da HC adequado a tratar os aspectos pretendidos sobre a NDC; desenvolver o material para os alunos; desenvolver o material de apoio ao professor; desenvolver as atividades da sequência aplicada em sala de aula. Tal etapa gerou como resultado os dezessete obstáculos apresentados neste trabalho.²⁰

Uma terceira etapa da pesquisa mais ampla, não abordada aqui, consistiu em apresentar a proposta do minicurso ao professor de Física do Ensino Médio, dando suporte para a sua aplicação; visitar a escola para planejar a tomada de dados e cuidar dos aspectos éticos da pesquisa; acompanhar a aplicação e a gravação em vídeo do minicurso, tomando notas de campo; analisar os dados obtidos. A metodologia qualitativa das

¹⁷ Carvalho (2006); Santos e Greca (2006).

¹⁸ Mediante os pressupostos teóricos que fundamentam a pesquisa, não seria adequado, por exemplo, propor uma metodologia para a análise de dados que enfocasse apenas o produto final, e tampouco comparações entre pré e pós-testes.

¹⁹ Veja síntese dessa análise em Forato *et al.* (2011); ou Forato (2009).

²⁰ Uma versão preliminar dessa etapa da pesquisa, da qual este artigo incorpora alguns aspectos, foi apresentada no XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF). Outrossim, faz-se pertinente esclarecer que o conteúdo deste artigo, bem como o trabalho apresentado no XII EPEF, é decorrente da pesquisa para a tese de doutorado de Forato (2009).

pesquisas educacionais fundamentou o planejamento da aplicação do curso piloto, a tomada e a análise de dados.²¹

Os dados da construção do curso piloto

A análise dos dados obtidos *durante a construção do curso* piloto forneceu um grupo de resultados da pesquisa (obstáculos), a ser relatado na seção seguinte. Experimentou-se a busca por soluções para os desafios enfrentados no processo de transposição didática da HFC para o ambiente escolar. Os dados oriundos dessa etapa da pesquisa descrevem as dificuldades encontradas na relação interpessoal do sujeito-pesquisador com os saberes de diferentes campos na construção do saber a ensinar. Buscou-se registrar da maneira mais fidedigna possível as dúvidas, as conjecturas feitas sobre os possíveis caminhos e dificuldades de se fazer escolhas. Desse modo, os dados dessa etapa são predominantemente descritivos e têm o pesquisador como seu agente de coleta.²²

O contexto de aplicação do curso

O contexto educacional para o qual o curso foi desenvolvido foi relatado pela professora que o aplicaria em suas aulas de Física, no Ensino Médio, o que influenciou no estabelecimento dos objetivos epistemológicos, na seleção dos conteúdos, bem como no nível de profundidade adotado. Haveria 20 horas-aula disponíveis, em uma turma do terceiro ano de Ensino Médio de uma escola pública da periferia da cidade de São Paulo. A escola funcionava no sistema modular de disciplinas, agrupando-as em blocos de 2 horas-aula diárias consecutivas, durante duas semanas. Os alunos haviam estudado apenas alguns rudimentos de óptica geométrica, contando com as ilustrações dos fenômenos que a professora representava na lousa, único recurso didático disponível. Eles nunca haviam estudado tópicos de História da Física ou abordado explicitamente qualquer tipo de reflexão epistemológica, ao menos na disciplina de Física. Havia 38 alunos frequentando a turma e alguns deles trabalhavam no período da tarde após a aula.

²¹ Carvalho (2006); Erickson (1998); Lüdke e André (1986).

²² Erickson (1998).

O saber escolar elaborado

O saber escolar voltado para três episódios da história da óptica, consistiu de textos para os alunos, texto para o professor e uma sequência de atividades didáticas. Os conteúdos da História da Ciência enfocam três períodos distintos.²³

Episódio I: Luz na Antiguidade Clássica: Leucipo, Empédocles, Aristóteles;

Episódio II: Natureza da luz para Newton e Huygens;

Episódio III: Natureza da luz e éter luminífero: corpuscularistas, Thomas Young e Fresnel.

Obstáculos na elaboração do minicurso

A construção das atividades didáticas e dos textos para o curso piloto possibilitou materializar os desafios previstos pelo quadro teórico de modo mais detalhado e fundamentá-los por meio de exemplos concretos. Tais desafios foram organizados em termos de dezessete obstáculos, envolvendo a negociação entre os domínios histórico-epistemológicos, as exigências do projeto educacional e as possibilidades do campo de aplicação didática (a sala de aula).

As escolhas foram feitas, pontualmente, em função dos objetivos visados no curso piloto, do contexto educacional e mediante a avaliação dos riscos de distorção envolvidos nas narrativas históricas. Tais obstáculos revelaram-se, nesse contexto específico, superáveis ou contornáveis (Quadro 1), em função das possibilidades e das escolhas feitas mediante seu enfrentamento na elaboração do Saber a Ensinar.²⁴ A ideia não é a de propor categorias rígidas, mas organizar as reflexões e soluções conjecturadas, de modo a se constituírem pontos de apoio para fundamentar novas questões de natureza teórica, ou auxiliar o desenvolvimento de cursos para outros contextos educacionais ou tratando de diferentes temas da história da ciência.

²³ O conteúdo e atividades do curso podem ser encontrados em Forato *et al.* (2010b); Forato (2009, v. 1, cap. 3; v. 2, Apêndices A, C, D).

²⁴ As propostas estão detalhadas no planejamento pedagógico do curso piloto, em: Forato (2009, v. 2, Apêndice C. 1); na descrição de sua construção, em: Forato (2009, v. 1, seção 3.2); e nos textos para os alunos, em: Forato (2009, v. 2, Apêndice C. 2); e para o professor, em: Forato (2009, v. 2, Apêndice A).

Quadro 1 – Obstáculos superáveis e contornáveis identificados na análise empírica

Obstáculos superáveis (OS)	Obstáculos contornáveis (OC)
<p>OS1. Concepção de ciência a ser apresentada: seleção dos aspectos da NDC.</p> <p>OS2. Seleção dos aspectos históricos a enfatizar em cada episódio.</p> <p>OS3. Nível de aprofundamento de alguns aspectos históricos.</p> <p>OS4. Nível de detalhamento do contexto não científico.</p> <p>OS5. Nível de aprofundamento de alguns aspectos epistemológicos.</p> <p>OS6. Se, quando, quanto e como utilizar trechos de fontes primárias.</p> <p>OS7. Formulação discursiva adequada ao nível de escolaridade visado.</p> <p>OS8. Tratar, diacronicamente, diferentes (a) concepções de ciência; e (b) pensadores de distintas épocas; e (c) conteúdos da História da Ciência de difícil compreensão na atualidade.</p> <p>OS9. Construção de atividades de ensino adequadas sob o ponto de vista pedagógico e epistemológico.</p>	<p>OC1. Concepções ingênuas sobre história e epistemologia da ciência.</p> <p>OC2. Falta de preparação do professor.</p> <p>OC3. Inadequação de textos especializados de História da Ciência ao Ensino Médio.</p> <p>OC4. Falta de pré-requisitos dos alunos em relação ao conhecimento matemático, físico, histórico, epistemológico e filosófico.</p> <p>OC5. Possível concepção prévia dos estudantes e professores, sobrevalorizando a capacidade da ciência atual de resolver todos os problemas.</p> <p>OC6. Enfatizar aspectos científicos ou enfatizar fatores externos à ciência.</p> <p>OC7. Quantidade da informação na forma de textos.</p> <p>OC8. Extensão x profundidade.</p>

Fonte: elaborado pelos autores deste trabalho.

Obstáculos superáveis

Foram considerados obstáculos superáveis (OS) aqueles desafios que envolviam um conjunto de dificuldades para as quais se julgou possível propor uma solução no contexto do curso piloto, durante a elaboração dos textos e das atividades didáticas.

A proposta metodológica incorpora ações ou estratégias na própria construção dos saberes, que contribuem para a superação dos desafios enfrentados, no contexto do curso piloto e seus objetivos pedagógicos. Embora esses obstáculos apresentem íntima relação, eles foram organizados em nove itens diferentes, objetivando esclarecer detalhes das dificuldades enfrentadas.

OS1. Concepção de ciência a ser apresentada: seleção dos aspectos da Natureza da Ciência

É necessário esclarecer, quando se pretende o ensino e aprendizagem de NDC, qual concepção de ciência pretende-se adotar, e quais aspectos dessa concepção serão trabalhados. Isso requereu o estabelecimento do propósito pedagógico que pretendíamos com o curso (ensino e aprendizagem dos aspectos selecionados da NDC), avaliar o tempo didático disponível, além dos pré-requisitos que os alunos possuíam. Esse primeiro desafio

não é exatamente uma dificuldade, mas um primeiro passo necessário na elaboração de uma proposta de curso a ser implementado, e requer critérios e reflexões. Buscando chamar a atenção para a sua importância, foram incluídos nos obstáculos superáveis, pois acreditamos que é possível lidar com os fatores envolvidos e elaborar uma proposta adequada.

OS2. Seleção dos aspectos históricos a enfatizar em cada episódio

Uma dificuldade ficou evidente quando foi necessário estabelecer critérios para decidir quantas teorias seriam suficientes para se atingir o objetivo proposto, e quais dessas teorias poderiam trazer maiores contribuições para alcançá-lo. O primeiro critério foi considerar os propósitos do curso como um todo (aspectos NDC) e os propósitos de cada episódio histórico em questão. No primeiro episódio (natureza da Luz na Antiguidade), não se pretendia fazer uma abordagem matemática ou geométrica da luz, desse modo, a contribuição de Euclides foi a primeira a ser excluída. Em seguida, outro critério nos pareceu apropriado: abordar três teorias consideravelmente distintas, vinculadas às respectivas concepções de mundo de seus autores e, possivelmente, de fácil compreensão por parte dos alunos. A escola atomista, por exemplo, além de abordar conceitos não raros no ambiente escolar, inclusive nas aulas de Química, apresentou-se como uma opção interessante.

Entre os atomistas, Leucipo trazia uma abordagem que nos pareceu mais passível de adaptação. Sua explicação para a luz envolvia algo que emanava dos corpos e chegava aos olhos. A explicação de Empédocles era outra teoria que oferecia um ótimo contraponto à escola atomista, já que se baseava no fogo visual que saía dos olhos. Com as duas teorias, tínhamos duas explicações bem distintas, que acabaram apontando para a terceira possibilidade: a explicação de Aristóteles, que destacava a importância e o papel do meio material entre o observador e o objeto, para explicar a natureza da luz e a visão. Levando em conta o tempo disponível para o episódio e seus propósitos pedagógicos, achamos desnecessário incluir mais informações.

Refletindo sobre as escolhas e conteúdos selecionados e/ou excluídos dos outros episódios – por exemplo, a omissão da óptica de Alhazen dos instrumentos ópticos no século XVII e da matematização das teorias no XIX, percebemos alguns indicativos dos critérios que utilizamos na elaboração da proposta de superação desse obstáculo da seleção dos conteúdos: (1) os propósitos do curso como um todo e os propósitos de cada episódio; (2) um conteúdo que tenha algum vínculo com as necessidades dos próximos episódios, contudo sem reduzi-lo a fins meramente propedêuticos; (3) maior viabilidade de *simplificação* sem incorrer em pseudo-história; e (4) os pré-requisitos que os alunos necessitam possuir para compreender os conceitos envolvidos.

OS3. Nível de aprofundamento de alguns aspectos históricos

Depois de selecionados os conteúdos de cada episódio, foi necessário estabelecer o nível de aprofundamento a ser dado a cada um deles. No episódio II (Natureza da luz para Huygens e Newton), por exemplo, que enfocou o século XVII, avaliamos os riscos e os benefícios de se apresentar a teoria de Huygens como uma teoria de tipo ondulatória e não como uma teoria vibracional.²⁵ A versão, originalmente, proposta por Huygens em seu *Tratado da Luz*, de 1690, não possuía as ideias de periodicidade, de superposição e interferência de ondas, posteriormente, agregadas por Fresnel.

Tendo em vista o nível de escolaridade focado, os propósitos do curso e a finalidade dessa teoria no episódio, entendemos que tal simplificação não poderia ser considerada uma grande distorção histórica.

Desconsiderar as diferenças entre a concepção vibracional de Huygens e os elementos de periodicidade conferidos por Fresnel não seria adequado em um trabalho voltado à comunidade da História da Ciência, entretanto esse nível de detalhamento não se mostrou relevante para o enfoque escolhido, no contexto de elaboração e aplicação do curso piloto.

As mesmas conjecturas valeram para a abordagem da teoria de Newton sobre a natureza da luz. Enquanto um trabalho especializado em História da Ciência mereceria uma discussão das diferentes concepções de luz que aparecem na obra de Newton,²⁶ apresentada como corpúsculos em partes de sua obra e, em outras, como raios de luz, essa diferença não era significativa para o enfoque escolhido, pelo contrário, traria um nível de detalhamento inadequado ao Ensino Médio e aos propósitos do curso. A própria descrição do experimento com o prisma deveria ser mais detalhada, se o curso piloto fosse voltado à formação inicial de professores, mas no caso do nível de escolaridade focado pelo curso, optamos por uma simplificação. Um detalhe que pode ser simplificado ou omitido no curso piloto, pode fazer toda a diferença em outro contexto ou mediante outros objetivos pedagógicos.

OS4. Nível de detalhamento do contexto não científico

Defender que *a ciência é uma atividade humana influenciada pelo contexto sociocultural de cada época* requeria apresentar exemplos históricos de fatores extracientíficos que teriam influenciado os conteúdos da ciência tratados pelo curso.

Dois conteúdos do tema pareceram-nos adequados para chamar a atenção para isso: o prestígio de Newton contribuindo para a aceitação da teoria corpuscular e o apoio de Arago para que Fresnel desenvolvesse sua teoria, entretanto havia a preocupação de não sobrevalorizá-los, sugerindo posições extremas.

²⁵ Veja, por exemplo, Krapas et al. (2007); Staub (2010); Martins (1986).

²⁶ Veja, por exemplo, sobre a natureza da luz para Newton em Moura e Silva (2005; 2008a; 2008b).

Consideramos definir nível de detalhamento do contexto não científico um obstáculo superável, pois nos parece possível refletir e planejar a abordagem que permita mostrar a influência do contexto na construção da ciência, sem desvalorizar os outros aspectos. Com Newton, por exemplo, enfatizamos sua extrema dedicação na realização de inúmeros experimentos e na abordagem matemática.

No caso de Fresnel, buscamos ressaltar o apoio material de Arago para a realização de seus estudos, mas salientar a importância da matemática e dos resultados experimentais na elaboração e aceitação de sua teoria.

OS5. Nível de aprofundamento de alguns aspectos epistemológicos

A abordagem dos aspectos da NDC objetivados requeria a utilização de alguns conceitos epistemológicos. Nosso pressuposto de que os alunos nunca haviam estudado tais conteúdos foi confirmado durante as reuniões com a professora. Nesse momento deparamo-nos com a necessidade de optar por apresentar esses conceitos aos alunos ou assumir que sua compreensão poderia vir da sua própria utilização nas situações estudadas.

Decidimos enfrentar esse obstáculo e construir os textos e as atividades de modo a utilizar tais conceitos, sem defini-los formalmente, mas construindo uma narrativa que promovesse a sua compreensão.

OS6. Se, quando, quanto e como utilizar trechos de fontes primárias para o professor e para o aluno

A interpretação de fontes primárias não é um aspecto trivial da metodologia de trabalho do historiador da ciência. Tomemos como exemplo o episódio dos gregos.

Compreender Aristóteles falando sobre a luz, certamente, requereu muitos anos de dedicação dos especialistas. Tratar desse tema, sem possuir conhecimentos mínimos sobre a obra de Aristóteles em seu contexto, requer o apoio de fontes secundárias e conhecer minimamente aspectos metodológicos e historiográficos da História da Ciência.

Na elaboração dos textos do episódio I, que tratava da Antiguidade, foi necessário utilizar o apoio de várias fontes secundárias, na tentativa de minimizar uma compreensão equivocada dos trechos primários consultados.²⁷ Claro que, no processo de descontextualização do Saber Sábio e na sua recontextualização para a criação do Saber a Ensinar, levamos em conta que o resultado voltava-se aos objetivos do curso para o Ensino Médio e não para a comunidade de historiadores. Se, por um lado, isso minimiza certas exigências pertinentes à academia, por outro, *os cuidados com a mensagem que cada informação pode sugerir deve ser dobrado*.

No episódio II, o século XVII, consideramos que seria mais fácil construir uma narrativa no texto que pudesse auxiliar na leitura dos trechos primários. Muito provavelmente, essa decisão deveu-se a uma situação

²⁷ Cohen e Drabkin (1958); Lindberg (1992); Park (1997); Martins (1986); etc.

peçoal de maior familiaridade com esse período.²⁸ Pareceu-nos ser possível superar esse obstáculo estrutural auxiliando o leitor na interpretação dos trechos primários.

Essas duas situações extremas, apresentadas para esse caso particular (a elaboração do curso piloto), sugerem que a opção pelas fontes primárias deve ser feita mediante alguns requisitos. As circunstâncias contextuais da produção de determinada fonte primária deve ser minimamente conhecida pelo professor que irá utilizá-la em aula ou pelo autor do material didático.

Pensamos que estar seguro com relação à interpretação dos aspectos a serem discutidos é um requisito indispensável para o uso das fontes primárias. Além disso, é necessário selecionar um trecho inteligível ao aluno, despertar nele algum interesse, e não ser demasiado longo do ponto de vista do nível de escolaridade enfocado.

OS7. Formulação discursiva adequada ao nível de escolaridade visado

Construir um texto interessante e adequado ao estudante da escola básica, e, ao mesmo tempo, que contemple minimamente a epistemologia pretendida, é um obstáculo desafiador, mas superável.

Nossa proposta envolveu aspectos formais do texto, de vocabulário e de conteúdo. Decidimos utilizar a norma culta na correção gramatical, mas adotar uma linguagem coloquial e despretensiosa. Havia, é claro, muitos termos e expressões novas para os alunos, mas buscamos, sempre que possível, *que o próprio texto permitisse a sua compreensão*. Espera-se que o aluno adquira novos vocabulários e amplie seus conhecimentos, quaisquer que sejam os conteúdos trabalhados, e um texto que permita autonomia na compreensão da maior parte das novas expressões parece-nos que tende a apresentar melhor aceitação.

Tentamos construir textos de modo que o significado dos novos termos fosse tornando-se mais claro, conforme o estudante compreendesse os exemplos históricos. Com relação ao conteúdo, cada aspecto requereu reflexão sobre o que omitir, o que destacar e como abordar. Essas escolhas foram guiadas pelo papel que cada detalhe desempenharia no propósito do curso piloto.

²⁸ O século XVII foi o período enfocado em minha dissertação de mestrado – Forato (2003) – que tratou de alguns aspectos teológicos da obra de Newton, o que requer um conhecimento mínimo do período.

OS8. Tratar diacronicamente diferentes concepções de ciência e pensadores de distintas épocas, e conteúdos da História da Ciência de difícil compreensão na atualidade

Levar em conta as diferenças entre a concepção de ciência em distintas épocas e nas diferentes ciências foi um obstáculo estrutural que motivou, significativamente, nossa reflexão. Como o aluno poderia interpretar as diferentes concepções de ciência, tanto entre os três episódios enfocados, quanto em relação à ciência atual?

A análise teórica já apontava algumas possíveis concepções prévias dos alunos que seriam obstáculo para superar visões anacrônicas da História da Ciência, por exemplo: *o fracasso das teorias do passado deve-se ao atraso científico de cada período, que não possuía recursos tecnológicos adequados.*

Havia pouco tempo didático disponível para um longo e profundo estudo da contextualização sociocultural de cada período. Era preciso, também, preparar o professor para lidar com as possíveis manifestações anacrônicas dos alunos. Não poderíamos contar com narrativas especializadas da História da Ciência, uma vez que consideramos tais trabalhos inadequados para a escola básica. Buscamos construir textos curtos, agradáveis, respeitando a historiografia atual e que motivasse a leitura dos alunos. Além disso, lidávamos com o risco do relativismo, pois ao apresentar diferentes explicações em uma mesma época, corria-se o risco de sugerir que as diferentes teorias eram mera questão de opinião pessoal.

Como nos demais desafios, a estratégia proposta para superar esse obstáculo envolveu metodologia e conteúdo. Apresentamos a relação entre as visões de funcionamento do mundo de cada escola de pensamento e as teorias elaboradas para explicar a natureza da luz, por exemplo, as explicações dos atomistas para a luz eram coerentes com a aceitação do vazio, enquanto a explicação de Aristóteles era compatível com sua teoria para o funcionamento do universo, que rejeitava a ideia da existência do vazio.

Discutimos os fenômenos observados destacando também os aspectos favoráveis e as críticas às diferentes teorias feitas pelos pensadores de cada período, mostrando que havia coerência entre os processos de produção do conhecimento com os pressupostos metodológicos aceitos em cada época. Com isso, problematizamos a observação atórica dos fenômenos naturais, nas distintas épocas, mesmo com distintos recursos tecnológicos disponíveis em cada cultura.

Dedicamos especial atenção aos conceitos de difícil compreensão na atualidade, como o éter, por exemplo, buscando mostrar sua utilidade no século XVII para explicar a interação entre os corpos sem recorrer à ação a distância, essa última inspirada nas forças ocultas da renascença, segundo alguns filósofos naturais do período.²⁹

Selecionamos apenas aspectos pontuais das teorias da luz que permitiam compreender a necessidade, naquela época, de um meio material

²⁹ Forato, 2003, 2008; Martins, 1993.

para propagar vibrações ou ondas. Argumentamos que os fluidos imponderáveis eram comuns na física dos séculos XVII, XVIII e parte do século XIX, utilizados para explicar outros fenômenos naturais, não apenas a luz. Enfatizamos, na preparação da professora, que o éter e a ideia de outras substâncias e fluidos imponderáveis eram comuns na Física dos séculos XVII, XVIII e parte do século XIX.

Visando a enfrentar o pouco tempo disponível para a contextualização histórica, desenvolvemos uma proposta de *linha do tempo*,³⁰ que utiliza filmes comerciais épicos, familiares aos estudantes, para relacionar certos aspectos culturais presentes nas diferentes épocas e sociedades às respectivas concepções sobre a construção da ciência.³¹ Os textos para os estudantes, em linguagem coloquial, enfatizavam explicitamente tais questões sobre a NDC.

Na tentativa de minimizar o risco de um relativismo ingênuo, o que não é compatível com os aspectos de NDC que adotamos, buscamos valorizar os processos e métodos da ciência como campo sistematizado em cada época, e a importância de experimentos e da matematização na proposição de teorias.

Os mesmos aspectos da NDC eram problematizados em diferentes atividades didáticas e nos três episódios históricos. Os textos os discutiam, gradualmente, tanto implícita quanto explicitamente, por meio de exemplos históricos, enfatizando e problematizando a visão anacrônica. Além de refletirem sobre os aspectos de NDC em apresentação do conteúdo com apoio de *slides*, textos, demonstrações de experimentos simples, outras atividades apresentavam a controvérsia entre as teorias.

Na atividade do debate, por exemplo, quando os alunos assumissem o papel de *cientistas*³² do passado, tendo que justificar suas respectivas teorias utilizando somente os argumentos aceitos naquele período, eles vivenciariam uma dinâmica da defesa de suas ideias e teriam que construir argumentos para defendê-las.

No teatro, eles retomaram as controvérsias entre teorias, as reviram na avaliação com consulta e retornaram a elas nas criações para o festival cultural. Os mesmos aspectos de NDC foram revisitados de vários modos e foram enfatizados na preparação da professora, quando discutimos exemplos da pseudo-história presentes na mídia, nos livros didáticos e no ambiente sociocultural.

³⁰ Apoio para as atividades do curso "O Éter, a Luz e a Natureza da Ciência", disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/o-eter-a-luz-e-a-natureza-da-ciencia>>

³¹ Forato, 2009, vol1, p. 77-79 e vol. 2, p. 26-28. Relatar os fatos históricos na seqüência temporal em que ocorreram não significa defender uma visão linear e acrítica da construção da ciência. A pseudo-história configura-se de abordagens problemáticas e tendenciosas dos documentos históricos e não da mera informação das datas seqüenciais em que ocorreram.

³² No período retratado pelo debate, as concepções de ciência, de seus métodos e de seus protagonistas eram diferentes das atuais. Sob o ponto de vista historiográfico, os homens da ciência do século XVII eram filósofos naturais. A partir do século XIX os homens que pesquisavam o mundo natural passaram a ser chamados de cientistas. As diferentes denominações pretendem contextualizar suas práticas a seus respectivos períodos, chamando a atenção para as mudanças na concepção de ciência que ocorreram ao longo da História da Ciência.

OS9. Construção de atividades de ensino adequadas sob o ponto de vista pedagógico

Um desafio que enfrentamos na elaboração do curso foi *agregar situações fictícias aos episódios históricos* sem criar uma pseudo-história. Esse desafio manifestou-se na elaboração do roteiro para o teatro. Tínhamos a intenção de desenvolver uma atividade instigadora, envolvente do ponto de vista do aluno.

Era necessário tratar aspectos do conteúdo, mas também tornar o curso dinâmico, interessante e desafiador. Encenar uma peça teatral poderia atender a esses objetivos, entretanto reproduzir um episódio histórico *fidedignamente* em um roteiro de teatro exigiria muito mais tempo, estudo e experiência do que dispúnhamos no momento. Além do mais, nada garantiria que tal versão resultante seria atraente para os estudantes. Decidimos, assim, criar situações fictícias que pudessem focar os conteúdos históricos e epistemológicos, mas enfatizando que eram apenas uma invenção.

Consideramos, naquele momento, que o importante seria produzir situações que não distorcessem os aspectos da NDC, ainda que nunca tivessem ocorrido na História da Ciência. Todas as ressalvas aparecem no texto, advertindo ser uma obra de ficção.

Obstáculos a contornar: em busca de caminhos

Os obstáculos contornáveis são os desafios cujo enfrentamento exigiu ações e recursos para compensar situações pré-existentes ao curso, como a falta de preparação do professor, por exemplo. Tais dificuldades necessitaram de estratégias para sua compensação, pois não era possível superá-las no nosso contexto de trabalho. Consideramos esses obstáculos contornáveis, pois sua solução extrapolava os limites do curso piloto. Propusemos estratégias buscando compensá-las pontualmente, pois não foi possível propor uma solução ampla, conforme discutiremos a seguir.

OC1. Concepções ingênuas sobre história e epistemologia da ciência

É necessário, quando se propõe utilizar a História da Ciência na educação científica, mediante as prescrições da historiografia atual, ter claro que se está apresentando um enfoque diferente da visão que os alunos e demais pessoas da sua convivência possuem.

Havíamos adotado como pressuposto que os alunos, provavelmente, iniciariam o curso piloto com uma visão excessivamente empirista e com a crença de que os cientistas provam suas teorias. Essas características haviam sido apontadas pela dimensão teórica, pois, ao recomendar o ensino da NDC, os especialistas buscavam, exatamente, modificar tais concepções. Além disso, a visão que se buscava apresentar aos alunos é diferente daquela trazida pelos materiais didáticos.

O curso deveria lidar não apenas com concepções presentes fora do ambiente escolar, mas a visão apresentada pelo professor iria conflitar com aquela trazida por uma *autoridade escolar*: os autores do material didático, que gozam de prestígio no ambiente escolar.

Por que o aluno deveria considerar o ponto de vista do seu professor correto e o livro didático errado?

Pareceu-nos necessário que o curso antecipasse tais diferenças e preparasse os estudantes para lidar com essa mudança e com o confronto entre o novo enfoque e a visão ainda predominante na educação científica.

Desse modo, essa nova concepção de NDC que buscávamos ensinar não poderia ser simplesmente dita, proclamada. Julgamos indispensável que os alunos tivessem um contato significativo com esses conteúdos da ciência, no sentido de vivenciar algum tipo de conflito entre teorias ou problematização que os envolvesse.

Buscamos contornar esse obstáculo de duas formas. Primeiramente, fomos levantando dúvidas sobre a concepção a ser criticada ao longo da apresentação dos *slides*, na atividade do debate, no teatro e nos textos para os estudantes, e, ao mesmo tempo, fazendo provocações que instigassem os alunos a questioná-las. Introduzimos aos poucos os elementos que permitiriam propor uma visão alternativa, exemplificando o ponto de vista defendido:

Já que a teoria atomista deixava tantas perguntas sem resposta, será que outra teoria não explicaria melhor o fenômeno visual? [...] Entretanto, a teoria de Empédocles também não conseguia explicar algumas coisas [...]. Quais as limitações desta teoria para a época? [...] Tanto a teoria atomista, como a de Empédocles, não explicavam por que não podíamos enxergar no escuro [...] A teoria de Aristóteles também recebeu críticas [...]. Todos estavam pensando sobre os mesmos fenômenos ópticos, buscavam entendê-los utilizando raciocínios lógicos e matemáticos, porém, cada filósofo fornecia sua própria explicação para a luz e a visão. *Será que há algo de estranho nisso? Por que não havia um consenso?* [...] A observação da natureza era um ato fundamental para tentar explicar os fenômenos naturais. *Mas será que era suficiente?* [...] A natureza possui um tipo de funcionamento que pode ser entendido de maneira diferente por diversos filósofos e cientistas? Em sua opinião, por que os filósofos citados chegavam a diferentes conclusões? [...] Como a luz poderia ser uma onda no éter se ela não contorna os obstáculos como o som e como as ondas na água? [...] A teoria corpuscular [...] não conseguia explicar como os raios de luz que se cruzavam, não interagiam uns com os outros. Se eles fossem feitos de corpúsculos, como um raio não desviava o outro? Como a luz passava “dentro” da luz? [...] *Será que foram os argumentos puramente experimentais que fizeram a balança pender para um dos dois lados?* [...] Esse argumento poderia ter sido utilizado contra qual teoria? [...] Como dois feixes de partículas poderiam produzir uma imagem com regiões claras e escuras? [...] Porém essa mudança trazia consigo uma importante consequência: uma pedra provoca ondas na água, o som é uma onda no ar, mas e a luz? A luz é uma onda em que meio? Obviamente, naquela época, ninguém falava em campos, em ondas eletromagnéticas, isso só foi *inventado* no final do século XIX. [...].³³ (FORATO, 2009, p. 38-61, grifos da autora).

³³ Frases extraídas dos textos para os alunos, em Forato (2009, v. 2, p. 38-61). Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/o-eter-a-luz-e-a-natureza-da-ciencia>>.

O segundo recurso para contornar esse obstáculo foi enfatizá-lo na preparação da professora. Chamamos a atenção para o fato de que, além dos livros didáticos, a mídia, direta ou indiretamente, veicula uma concepção da NDC ultrapassada, justamente aquela que pretendíamos modificar. Orientamos a professora para discutir isso com os alunos, sempre que possível, alertando-os para as situações que comumente encontramos, como por exemplo, declarações de que *mais uma teoria científica havia sido comprovada*.

Acreditamos que é possível ao professor identificar situações para discutir as diferentes visões da construção do conhecimento científico, quando tem consciência desse desafio.

OC2. *Falta de preparação do professor*

Preparar o professor das ciências para tratar aspectos filosóficos e históricos em sala de aula requer tempo, estratégias e material adequado. Na elaboração do curso, sabíamos que a professora a aplicá-lo não havia estudado tais conteúdos em sua formação.

Desenvolver recursos que pudessem compensar a falta desse conhecimento específico suscitou muitas dúvidas: quais recursos seriam adequados? Quanto de aprofundamento adicional seria necessário apresentar no texto do professor em relação ao do aluno? Como prever possíveis dúvidas dos alunos e fornecer subsídios para o professor lidar com elas? Alguns aspectos eram mais evidentes, como as interpretações anacrônicas sobre conceitos, pessoas, e a ciência do passado, conforme descrevemos em obstáculos anteriores. Poderia haver situações imprevistas, como dúvidas epistemológicas dos alunos não previstas no material.

Utilizamos três recursos para dar apoio à professora. O primeiro deles foi discutir nas reuniões todos os pontos previsíveis como mais críticos; outro recurso foi exemplificar no texto de apoio certos *detalhes* que pudessem esclarecer esses pontos críticos; e, finalmente, elaboramos apresentações em *slides* para auxiliá-la nas aulas. Esse último recurso foi o único para o qual consultamos a professora.

Os textos para os alunos e o próprio texto para o professor foram elaborados sem consultá-la, porque era parte da proposta da pesquisa vivenciar as dificuldades desse momento. Além disso, esse procedimento deveria ser autônomo e genérico, na medida do possível, para permitir que os resultados obtidos pudessem orientar outras situações. Os *slides*, consideramos necessários para apoiá-la nas aulas. Apresentávamos a aula para a professora, e quando havia algum detalhe mais crucial, ela pedia a inclusão de informações pontuais, para lembrá-la.

OC3. *Inadequação de textos especializados de História da Ciência ao Ensino Médio*

Não é possível esperar que o aluno do Ensino Médio compreenda o trabalho que o historiador da ciência escreve voltado para seus pares.

Na elaboração do curso piloto, utilizamos esses trabalhos como saber de referência, entretanto selecionar os aspectos fundamentais e descrevê-los de modo acessível aos alunos não foi elementar.

Conforme havíamos apontado na dimensão teórica, a transposição didática dos saberes de referência para o Saber a Ensinar prevê os complexos processos de descontextualização. Esses textos especializados são coerentes em si mesmos, possuindo uma estrutura argumentativa a explorar os detalhes históricos e científicos que permitam apresentar uma hipótese de trabalho e defendê-la, ou colocar uma questão e respondê-la. Tornar esse texto adequado ao estudante do Ensino Médio é bem mais do que meramente simplificar sua linguagem e omitir as informações *mais complicadas*.

A vivência desse desafio permitiu-nos perceber aspectos que não devem ser abordados, enquanto outros não podem ser omitidos. O objetivo visado com o uso daquele conteúdo seria definir *o quê* e *como* deveria ser abordado, e não meramente excluir aspectos mais *difíceis* para o aluno entender.

Um exemplo para esclarecer esse desafio é com relação ao experimento de Newton com o prisma. Os textos de referência³⁴ traziam vários detalhes dos experimentos realizados por Newton, até propor sua explicação para a dispersão da luz branca em um prisma. Um dos objetivos dos autores era mostrar que foi um processo bastante complexo, sendo necessário formular hipóteses e realizar inúmeros experimentos, lidando com diversas variáveis até chegar a uma conclusão. A visão em geral divulgada é a do *experimentum crucis*, que permitiu induzir sua teoria das cores.

Quando selecionamos esse conteúdo específico para o episódio II, pretendíamos criticar uma visão empírico-indutivista da ciência e reforçar a ideia da impossibilidade de observações neutras dos fenômenos. Esses textos traziam um conteúdo adequado para esse fim, contudo, o grande número de detalhes e os aspectos que fundamentavam a argumentação dos autores não eram adequados ao nível de escolaridade focado.

Por outro lado, não poderíamos simplesmente dizer: *Newton não realizou um único experimento, tampouco apenas experimentos, para concluir que a luz branca era uma mistura de sete cores. Ele utilizou hipóteses que guiaram seus procedimentos experimentais*. Seria necessário construir uma argumentação que pudesse mostrar aos alunos os caminhos mencionados pelos autores, mas em que nível de simplificação? O que poderíamos omitir? O que deveríamos destacar?

A proposta para enfrentar esse desafio percorreu o seguinte caminho: em primeiro lugar, a professora fez a demonstração experimental da dispersão da luz pelo prisma. Olhou para a mancha colorida projetada na parede e começou a perguntar aos alunos: quantas cores vocês veem? É possível distinguir onde termina uma cor e começa a outra? Por que será que a forma é alongada se o buraco por onde passa a luz é redondo?

³⁴ Martins e Silva (2001).

Dessa forma, antes de o aluno ter qualquer contato com o conteúdo a ser discutido, pretendíamos que ele se familiarizasse com o fenômeno, explorando possibilidades. Depois disso, a apresentação em *slides* explorava a interpretação corrente na época de Newton sobre o prisma modificar a luz. Fomos preparando o terreno para começar a relatar algumas das hipóteses aventadas por Newton e as sucessivas experiências que as derrubavam. Nesse momento, omitimos alguns detalhes, simplificamos outros, e *relatamos* proporções matemáticas sem fazer uma apresentação formal, tanto nos *slides* como no texto para os alunos.

Acreditamos que a combinação de estratégias: observar o fenômeno, acompanhar a apresentação em *slides*, e ler a sistematização no texto poderiam, conjuntamente, contornar o obstáculo enfrentado. Como a narrativa adequada desse episódio histórico, escrita por especialistas, não seria acessível aos alunos do Ensino Médio, foi necessário criar mecanismos para contornar esse problema.

OC4. Falta de pré-requisitos dos alunos em relação ao conhecimento matemático, físico, histórico, epistemológico e filosófico

Os conteúdos tratados no curso piloto eram todos novidades para os alunos, salvo alguns conhecimentos básicos de fenômenos ópticos como reflexão e refração da luz. Eles não conheciam os períodos históricos na dimensão necessária ao curso, nunca haviam estudado os conteúdos filosóficos ou epistemológicos a serem tratados, nem mesmo noções elementares que poderiam ser úteis para nossos propósitos. Além disso, não haviam estudado difração, superposição e interferência luminosas.

Era preciso desenvolver mecanismos para compensar tais deficiências. Para lidar com o conteúdo físico e com a omissão das fórmulas matemáticas, realizamos demonstrações experimentais, fizemos breve revisão dos fenômenos ópticos em *slides* e apresentamos os minutos iniciais (1min46s) da animação *Dr. Quantum*³⁵ (para auxiliar na compreensão da interferência luminosa).

Sobre os aspectos históricos, mencionamos apenas informações diretamente ligadas aos fenômenos discutidos, e decidimos por não investir na contextualização mais ampla do período. Infelizmente, muitos aspectos culturais do período foram omitidos. Para lidar com conteúdos filosóficos e epistemológicos, buscamos criar uma narrativa histórica que fosse apresentando, aos poucos, e na medida do possível, subsídios para os alunos entenderem os conceitos cruciais que seriam tratados.

Lidar com a falta de pré-requisitos não impõe apenas desenvolver estratégias para compensar essa ausência nas coisas que se quer ensinar, mas também escolher o que se deve omitir. Omitir a matemática foi ponto nevrálgico durante a elaboração do curso, uma vez que

³⁵ Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=lytd7B0WRM8>>.

admitimos a matemática como estruturante do pensamento físico.³⁶ O que realmente se conhece de uma explicação para um fenômeno físico sem a abordagem matemática?

Não foi possível evitar o pesar sobre temas interessantes que o aluno, provavelmente, não terá oportunidade de aprender. Foi o caso, principalmente, das contribuições árabes durante a Idade Média, do peculiar cenário cultural permeando influências místicas e teológicas na obra de Newton, e o interessante aspecto do arrastamento parcial do éter pelos corpos transparentes na teoria de Fresnel.

OC5. Possível concepção prévia dos estudantes e professores sobrevalorizando a capacidade da ciência atual de resolver todos os problemas

A concepção da capacidade da ciência atual de resolver todos os problemas é uma das facetas do anacronismo que vem sendo discutido em diferentes desafios e propostas. Posto aqui de forma mais genérica, foi contornado, basicamente, como os demais.

No material didático, buscamos mostrar a pertinência das ideias e dos recursos utilizados em cada época, procurando valorizá-los em seu contexto. Na preparação da professora, enfatizamos as possíveis facetas com que essa visão poderia se materializar, orientado-a para administrá-las.

OC6. Enfatizar aspectos científicos ou enfatizar fatores externos à ciência

Esse obstáculo é bastante complexo em função dos desdobramentos de suas possíveis soluções. Ele pode ser considerado um conflito, ou mesmo um dilema em algumas situações. Há dois objetivos estabelecidos para o curso piloto que justificariam a necessidade de enfatizar aspectos externos à ciência. Um deles é quando se pretende mostrar a influência de fatores extracientíficos na construção da ciência, visando a criticar a visão empírico-indutivista.

Para problematizar essa concepção de ciência, utilizamos dois pilares: (1) mostrar a impossibilidade de conclusões neutras e objetivas a partir da observação de fenômenos e experimentos; (2) mostrar a influência de fatores não científicos na aceitação de ideias, teorias e metodologias, entretanto tais estratégias envolvem riscos, como por exemplo, o relativismo, quando se desvaloriza demasiadamente a experimentação. Ou ainda, atribuir a grande aceitação das ideias de Newton no século XVIII, apenas ao seu prestígio.

Mais do que o dilema entre enfatizar um ou o outro, existe o desafio de contrabalançar ambas as informações. Quanto enfatizar de cada um? Como minimizar riscos de interpretações equivocadas? Até que ponto é possível atuar nessa mediação?

O outro objetivo de se utilizar conhecimentos de fatores não científicos no curso piloto seria promover uma compreensão do contexto. Na pers-

³⁶Pietrocola (2002); Uhden et al. (2011).

pectiva historiográfica, é necessário contextualizar qualquer conteúdo da ciência para abordá-lo. Tal contextualização pode ser feita mediante aspectos internos à ciência, por exemplo, analisando outras teorias do período, o procedimento de outros *cientistas*, outras metodologias para investigar o mesmo fenômeno, as ideias que influenciaram a elaboração de determinado conceito, etc.

Nesse caso, compreender uma ideia da ciência em seu contexto é compreendê-la na perspectiva conceitual. Ainda que, implicitamente, ao estudar como procediam o pesquisador e seus pares, está-se criando o quadro teórico da época enfocada. Outra forma de contextualizar um conteúdo científico é entendê-lo na perspectiva cultural. Que valores, ideias, crenças de uma determinada sociedade influenciaram na elaboração de uma determinada teoria? Que necessidades políticas ou econômicas motivaram o desenvolvimento de determinados conceitos, teorias ou mesmo ramos da ciência?

Não foi possível contextualizar adequadamente todos os aspectos do curso piloto sob o ponto de vista historiográfico. Conforme dissemos, os saberes produzidos para historiadores da ciência e os saberes voltados ao ambiente escolar possuem funções sociais distintas. Nosso modo de superar ou contornar esses obstáculos foi, primeiramente, estabelecendo que não havia tempo didático para discutir inúmeros aspectos sociais e científicos do período. Depois disso, separamos os objetivos centrais em obstáculos menores e buscamos solucionar /contornar cada um deles. Incluímos, por exemplo, um breve texto sobre o iluminismo, enfatizando o papel do legado newtoniano na era da racionalidade.³⁷ Recorremos aos filmes históricos da linha do tempo para, de algum modo, remeter o estudante a alguns aspectos culturais de cada época.

Tal tentativa de contextualização mínima também foi feita mediante a comparação de teorias e ideias defendidas por pensadores contemporâneos, buscando adequar essa discussão ao Ensino Médio, naturalmente. Esses pontos foram explorados também para se lidar com outros desafios, pois alguns deles apresentam aspectos sobrepostos. Para mostrar algumas influências de fatores não científicos, utilizamos basicamente o prestígio de Newton, o apoio de Arago a Fresnel,³⁸ mas, em ambos os casos, buscamos destacar outros méritos das ideias, como a rigorosa matematização, o poder explicativo das teorias, os inúmeros experimentos realizados.

OC7. Quantidade da informação na forma de textos

Acreditamos que a preparação de um material em História e Filosofia da Ciência para o Ensino Médio requer a sistematização do conteúdo em textos. Ainda que possamos lançar mão de diversas atividades diferentes (conforme propusemos no curso piloto), é necessário que uma organiza-

³⁷ Forato (2009, v. 2, p. 38-61).

³⁸ Buchwald (1989).

ção das ideias seja registrada e sistematizada de forma que o estudante possa compreendê-las. Ao invés de ilustrações, fórmulas, gráficos e exercícios habituais no Ensino de Física, lidávamos com conteúdos históricos e filosóficos. Durante a elaboração do curso, houve uma preocupação em não sobrecarregar os alunos com a quantidade de textos, pois a leitura não é uma prática comum entre os estudantes do Ensino Médio.

A professora confirmou a falta do hábito de leitura dos estudantes, entretanto, esse foi um risco que decidimos assumir. No contexto de aplicação do curso piloto, não havia outra maneira de garantir o contato do aluno com o conteúdo sistematizado. Decidimos arriscar, entregando nove textos para leitura, incluindo o roteiro para o teatro. Supúnhamos que os alunos do Ensino Médio estranhariam uma *grande* quantidade de textos (cerca de 40 páginas) para estudar em apenas dez dias consecutivos.

Adotamos a estratégia de realizar a leitura de cada texto junto com os alunos durante as aulas, mas somente depois de ter abordado seu conteúdo em atividades didáticas diferentes. Desse modo, a leitura era uma organização dos conceitos já discutidos em distintas estratégias pedagógicas.

OC8. *Extensão versus profundidade*

Adotar a abordagem recortada dos episódios históricos sem perder de vista a compreensão panorâmica da história foi um desafio a enfrentar. A nossa opção para tratar a História da Ciência é pelo recorte, estabelecido desde o quadro teórico. As grandes sínteses são as versões que, em geral, apresentam mais problemas na interpretação da História da Ciência, como a tentativa de elaborá-las normalmente em uma reconstrução linear, que tende a estereotipar atores e simplificar demasiadamente os fatos. O risco de adotar visões problemáticas, anacrônicas e permeada por juízos de valor é muito grande.³⁹

A opção pela extensão é própria da tentativa de utilizar a História da Ciência para se ensinar ciências e está vinculada à concepção historiográfica presente no ambiente escolar.⁴⁰ De um modo geral, seus elaboradores não são historiadores da ciência, então não é surpreendente que perpetuem esse tipo de narrativa histórica. Cabe aos especialistas a tarefa de investir na divulgação de versões históricas, orientadas segundo a historiografia contemporânea.

Havia a preocupação com a autonomia do aluno em localizar temporalmente os episódios a serem tratados. “O olhar aproximado nos permite captar algo que escapa da visão de conjunto, e vice-versa.” (Ginzburg, 2006, p. 267). É necessário, na medida do possível, a visão da parte e do todo. Desse modo, julgamos necessário desenvolver uma estratégia pedagógica que pudesse favorecer o entendimento da localização histórica de cada episódio. Optamos pela utilização do recurso *linha do tempo*, descrito an-

³⁹ Allchin (2004); Kragh (1987); Kuhn (1997); Martins, L. (2005); Martins, R. (2004).

⁴⁰ Allchin (2004); Whitaker (1979).

teriormente, com imagens de pensadores, algumas produções intelectuais e filmes históricos para permitir ao aluno localizar de modo relativamente rápido a época em que ocorreu cada episódio tratado pelo curso.

Nossa hipótese nessa proposta foi admitir que conciliar o recorte histórico dos episódios, prescrito pela metodologia e historiografia da História da Ciência, com uma visão panorâmica de todo o processo, permitiria atender aos requisitos do ambiente escolar. Em outras palavras, esse recurso pedagógico traria uma proposta para lidar com um possível conflito entre extensão e profundidade em abordagens históricas. Ao mesmo tempo em que um conteúdo da História da Ciência fosse focado recortado e diacronicamente, a linha do tempo permitiria *visualizar* o momento histórico em que ocorreu e apontar para o contexto cultural adjacente.

Considerações finais

O caminho percorrido entre a análise teórica e a construção de uma proposta para a sala de aula real é tão complexo quanto fascinante. É, então, imprescindível um enfoque transdisciplinar para o conhecimento. Não se trata mais de diferentes olhares para um mesmo objeto, mas sim de se realizar um esforço para transpor os muros da especialização. Neste momento que se materializa, de fato, o olhar do educador sobre a inseparabilidade da concepção de ciência manifestada em seus discursos, seja na abordagem dos conceitos, na sua seleção para a sala de aula, ou no tipo de narrativa histórica que se adota e nas concepções dos processos de construção do conhecimento pelo aluno. Quando se defende, ou se discursa sobre, uma concepção sócio-histórica para a construção das ciências é necessário refletir se está em sintonia com os métodos adotados para o seu ensino e aprendizagem.

A construção de uma proposta para uma sala de aula real requereu o enfrentamento dos obstáculos de distintos graus de dificuldade. Alguns exigiram mais reflexão, empenho e assunção de riscos do que outros. Há alguns casos nos quais os desafios não eram exatamente dificuldades e sim, etapas que mereceram atenção e ponderação diferenciada.

Há outros casos nos quais os desafios geravam conflitos ou mesmo dilemas como, por exemplo, optar por excluir, ou não, a matematização dos fenômenos ópticos tratados. De qualquer modo, tanto buscar superar como contornar os obstáculos envolveu fazer escolhas e assumir riscos. É possível, e provável, que os obstáculos classificados como superáveis que são contornáveis mediante o contexto do curso piloto, revelem-se diferentes em outros contextos educacionais. Claro que é possível, também, o surgimento de outras dificuldades não explicitadas aqui trazidas por elementos contextuais específicos. Espera-se que essas reflexões possam apontar possibilidades e motivar a criatividade para essas situações imprevistas.

No momento da preparação do curso piloto, considerou-se que seria muito produtivo um trabalho conjunto com outras disciplinas, por exemplo, História, Filosofia, Literatura e Artes. Se outros professores da turma conhecessem os textos e os propósitos do curso, poderiam discutir aspectos de suas áreas de especialidade para favorecer ao aluno um entendimento mais amplo do conteúdo, porém, não seria possível contar com esse recurso naquele momento, e, mais do que isso, não seria apropriado para a pesquisa.

Uma vez que se pretendia avaliar a proposta para os usos da HFC na sala de aula, o contexto de aplicação deveria ser o mais autônomo possível, todavia, é interessante registrar essa possibilidade, pois um trabalho multidisciplinar poderia contribuir para a formação dos estudantes.

A etapa seguinte da pesquisa consistiu na aplicação do curso piloto e na análise dos dados obtidos. Percebeu-se que algumas das soluções propostas mostraram-se boas estratégias e outras requerem aprimoramento, especialmente com relação à formação do professor. A partir de tais resultados finais, foi possível propor um conjunto de parâmetros⁴¹ para auxiliar o desenvolvimento de outros cursos e materiais didáticos.

Apresentamos uma breve relação de tais parâmetros, cuja explicitação exigiria uma longa discussão:⁴²

- 】 estabelecer os propósitos pedagógicos para os usos da HFSC no ensino;
- 】 explicitar a concepção de ciência adotada e os aspectos epistemológicos pretendidos;
- 】 selecionar o tema e os conteúdos históricos apropriados;
- 】 selecionar os aspectos a enfatizar e a omitir em cada conteúdo da História da Ciência;
- 】 confrontar os aspectos omitidos com os aspectos da NDC objetivados;
- 】 definir o nível de detalhamento do contexto não científico a ser tratado;
- 】 mediar as simplificações e omissões, pois enfatizar a influência de aspectos não científicos pode promover interpretações relativistas extremas;
- 】 avaliar quando é possível superar ou contornar a ausência de pré-requisitos nos conhecimentos matemáticos, físicos, históricos, epistemológicos;
- 】 combinar um grupo de estratégias e recursos didáticos distintos pode compensar a falta de conhecimento em certos conteúdos físicos e matemáticos. Por exemplo, quando a omissão da Matemática é suficiente para os objetivos pretendidos: riscos envolvidos;
- 】 definir o nível de profundidade e formulação discursiva dos conteúdos epistemológicos;
- 】 ponderar sobre o uso de fontes primárias na escola básica;

⁴¹ Forato et al. (2011); Forato et al. (2012); Forato (2009, v. 1, conclusões).

⁴² Sem a discussão apropriada, corre-se o risco de entendê-los como regras óbvias a serem seguidas, mas a reflexão mais ampla aponta para importantes nuances e detalhes que são muitas vezes negligenciados. Veja em Forato (2009, v. 1, cap. 4), ou Forato et al. (2012).

- › abordar, diacronicamente, os conteúdos da História da Ciência de difícil compreensão atualmente: interessante estabelecer relação entre resultados relevantes para a construção da ciência com conteúdos descartados ou atualmente considerados *esquisitos*;
- › abordar, diacronicamente, diferentes concepções de ciência e o pensamento de filósofos, filósofos naturais e cientistas de distintos períodos e civilizações: apresentar vários pensadores contemporâneos trabalhando com os mesmos pressupostos metodológicos pode auxiliar a crítica ao preconceito e a anacronismos;
- › apresentar exemplos de teorias superadas em diferentes contextos culturais permite criticar ideias ingênuas sobre história e epistemologia da ciência, como a possível concepção de que a ciência atual pode resolver todos os problemas;
- › defender uma nova ideia conflitante com aquelas predominantes no repertório cultural dos estudantes requer o uso de estratégias capazes de criar desconforto, conflitos que permitam o questionamento de ideias preestabelecidas;
- › compensar a falta de preparo do professor para lidar com saberes da HFC na sala de aula inclui prepará-lo para identificar e problematizar manifestações anacrônicas. Materiais didáticos poderiam incluir orientações e advertências sobre ideias inesperadas e possíveis modos para se lidar com elas;
- › permitir aos estudantes vivenciarem aspectos dos debates entre teorias rivais favorece a compreensão de aspectos da NDC;
- › escolher temas que despertem a curiosidade da faixa etária pretendida. A escolha não pode considerar apenas critérios técnicos e objetivos, pois envolver os estudantes é fundamental;
- › ponderar sobre a quantidade e profundidade dos textos;
- › ter em mente as diferentes funções sociais do conhecimento acadêmico e dos saberes escolares da escola básica;
- › a linha do tempo com filmes comerciais pode auxiliar no dilema extensão x profundidade;
- › questionar cada mensagem objetivada sobre a NDC em diferentes atividades didáticas e distintos episódios históricos.

Como outras pesquisas vêm apontando, levar a HFC para a sala de aula envolve diferentes obstáculos, dificuldades e desafios. Esperamos que a apresentação do enfrentamento de alguns deles, de certas soluções conjecturadas, das incertezas, e dos riscos potenciais assumidos, possamos contribuir, de algum modo, para incentivar e auxiliar na transposição didática da História da Ciência para o ambiente escolar.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa da qual decorre este trabalho.

Referências

AAAS (American Association for the Advancement of Science). *Science for all Americans. Project 2061*. New York, Oxford: Oxford University Press, 1990.

AAAS (American Association for the Advancement of Science). *Benchmarks for science literacy: A Project 2061 report*. New York, Oxford: Oxford University Press, 1993.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. The influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.

ALFONSO-GOLDFARB, Ana. M. *O que é História da Ciência*. São Paulo: Brasiliense, 1994.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education*, v. 13, p. 179-195, 2004.

ARDURÍZ-BRAVO, Agustín; IZQUIERDO-AYMERICH, Mercè. A research-informed instructional unit to teach the nature of science to pre-service science teachers. *Science & Education*, 18, p. 1177-1192, 2009.

BRASIL. *Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

BRUSH, S. G. Comments on "On the distortion of the history of science in science education". *Science & Education*, v. 63, p. 277-278, 1979.

BUCHWALD, J. Z. The battle between Arago and Biot over Fresnel. *Journal of Physics*, v. 20, p. 109-117, 1989.

CANGUILHEM, G. *Ideologia e racionalidade nas ciências da vida*. Trad. E. Piedade. Lisboa: Edições 70, 1977.

CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (Orgs.) *A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias*. Unijuí, Ed. Unijuí, 2006. p. 13-48.

CHEVALLARD, Yves. *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique, 1991.

CLAGETT, Marchall (Org.). *Critical problems in the history of science*. Madison; London: The University of Wisconsin Press, 1969. (Proceedings of the Institute for the History of Science, 1957).

CLOUGH, Michael; OLSON, Joanne. Teaching and assessing the nature of science: An introduction. *Science & Education*, v. 17, p. 143-145, 2008.

COHEN, M.R.; DRABKIN, I. E. (Eds.). *A source book in the Greek science*. Cambridge: Harvard University Press, 1958.

DEBUS, A. A ciência e as humanidades: a função renovadora da indagação histórica. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 5, p. 3-13, 1991.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. *Fenomenologia e etnomatemática: para além das grades da gaiola*. Entrevista à IHU On-Line, 2011. Disponível em: <http://www.ihuonline.unisinos.br/index.php?option=com_content&view=article&id=4159&secao=378>. Acesso em: 12 nov. 2011.

EL-HANI, Charbel N. (2006). Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: Silva, C. C. (Org.) *Estudos de história e filosofia das ciências*. Subsídios para aplicação no Ensino. São Paulo: Ed. Livraria da Física. p. 3-21.

ERICKSON, F. Qualitative research methods for science education. In: Fraser B, Tobin K (Orgs.), *International Handbook of Science Education Part One*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p. 1155-1173, 1998.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. *O método newtoniano para a interpretação das profecias bíblicas de João e Daniel na obra: "Observations upon the prophecies of Daniel and the Apocalypse of St. John"*. 2003. Dissertação. (Mestrado). São Paulo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/ms-tcmf.htm>>. Acesso em: 16 dez. 2011.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. A filosofia mística e a doutrina newtoniana: uma discussão historiográfica. *Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 1, n. 3, 29-53, 2008.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. *A Natureza da Ciência como Saber Escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. 2009. Tese. (Doutorado). São Paulo: FEUSP, 2009. 2 v.

FORATO, Thaís C. M.; MARTINS, Roberto de A.; PIETROCOLA, Maurício. A história e a natureza da ciência no Ensino de Ciências: obstáculos a superar ou contornar. ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, Águas de Lindóia. *Atas...* Águas de Lindóia, 2010a. p. 1-12.

FORATO, Thaís C. M.; MARTINS, Roberto de A.; PIETROCOLA, Maurício. Alguns debates históricos sobre a natureza da luz: discutindo a natureza da ciência no ensino. In: MARTINS, Roberto de Andrade; LEWOWICS, Lúcia; Ferreira, JULIANA HIDALGO; SILVA, Cibelle C.; MARTINS, Lilian Al-Chueyr P. (Org.). *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul. Seleção de trabalhos do 6º Encontro*. 1. ed. Campinas: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul, 2010b, v. 1, p. 616-626.

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

FORATO, Thaís C. M.; MARTINS, Roberto de A.; PIETROCOLA, Maurício. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. *Science & Education*, v. 21, n. 5, p. 657-682, 2012.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I.F.; ALIS, J.C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GINZBURG, Carlo. *O fio e os rastros. Verdadeiro, falso, fictício*. Trad. Rosa Freire de Aguiar e Eduardo Brandão. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

GRAVOGLU, K. et al. Science and technology in the European periphery: some historiographical reflection. *History of Science*, v. 46, p. 153-175, 2008.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. *Science & Education*, v. 20, p. 293-316, 2010.

HOLTON, G. What historians of science and science educators can do for one another? *Science Education*, v. 12, n. 7, p. 603-616, oct. 2003.

JARDINE, Nick, Whigs and Stories: Herbert Butterfield and the Historiography of Science. *History of Science*, v. 41, part 2, n. 132, p. 125-140, June 2003.

KRAGH, H. *An introduction to the historiography of science*. Cambridge: Cambridge U. P., 1987.

KRAPAS, Sônia; QUEIROZ, Glória; UZEDA, D.; CORREIA, J. P. O tratado da luz de Huygens: implicações didáticas. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2007, Florianópolis. *Atas...* Florianópolis, 2007. v. 1. p. 1-12.

KUHN, T. *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, Chicago, London: University of Chicago Press, 1977.

LEDERMAN, Norman G. Nature of science: past, present, and future. In: ABELL, S. K.; N. G. LEDERMAN (Eds.). *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007, p. 831-880.

LEVITT, T. Editing out caloric: Fresnel, Arago and the meaning of light. *British Journal of the History of Science*, v. 33, n. 116, p. 49-65, 2000.

LINDBERG, D. *The Beginnings of Western Science: the European scientific tradition in philosophical, religious, and institutional context, 600 B. C. to A. D. 1450*. Chicago: University of Chicago Press, 1992.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, André F. P. História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, Lilian A. -C. P. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, Roberto de A. Introdução: a História da Ciência e seus usos na educação. In SILVA, C. C. (Org.) *Estudos de História e Filosofia das Ciências*. Subsídios para aplicação no Ensino. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2006. p. 3-21.

MARTINS, Roberto de A. Huygens' reaction to Newton's gravitational theory. In: FIELD, J. V.; JAMES, Frank A. J. L. (Eds.). *Renaissance and revolution: Humanists, scholars, craftsmen and natural philosophers in early modern Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p. 203-13.

MARTINS, Roberto de A. (Trad.) "Tratado sobre a luz, de Christiaan Huygens". *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* (suplemento 4), p. 1-99, 1986.

MARTINS, Roberto de A.; SILVA, Cibelle Celestino. Newton and colour: the complex interplay of theory and experiment. *Science & Education*, v. 10, n. 3, p. 287-305, 2001.

MATTHEWS, M. R. History, philosophy and science education: the present reapproachment. *Science & Education*, 1, p. 11-47, 1992.

McCOMAS, W.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education*. 7: 511-532, 1998.

MEDEIROS; A.; BEZERRA FILHO, S. A natureza da ciência e a instrumentação para o Ensino da Física. *Ciência & Educação*, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MOURA, Breno A.; SILVA, Cibelle C. Os "anéis de Newton": uma abordagem histórica. In: XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, Rio de Janeiro. *Atas...* Rio de Janeiro, 2005.

MOURA, Breno A.; SILVA, Cibelle C. Os Estados de Fácil Transmissão e Fácil Reflexão de Isaac Newton: modelos e contradições. *Episteme* (Porto Alegre), v. 27, p. 1-10, 2008a.

MOURA, Breno A.; SILVA, Cibelle C. Newton Antecipou o Conceito de Dualidade Onda-partícula da Luz? *Latin American Journal of Physics Education*, v. 2, p. 218-227, 2008b.

NERSESSIAN, N. J. "Aether/or: The Creation of Scientific Concepts". *Studies in the History and Philosophy of Science*, v. 15, p. 175-212. (1984).

PAGLIARINI, Cassiano R. *Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de Física para o Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física da Universidade de São Paulo/São Carlos, 2007.

PARK, D. *The fire within the eye: a historical essay on the nature and meaning of light*. Princeton University Press, 1997.

PIETROCOLA, M. A História e a epistemologia no Ensino de Ciências: dos processos aos modelos de realidade na educação científica. In ANDRADE, A. M. R. (Org.). *Ciência em Perspectiva. Estudos, Ensaios e Debates*. Rio de Janeiro: MAST/SBHC, 2003. p. 133-149.

PUMFREY, S. History of science in the National Science Curriculum: A critical review of resources and their aims. *British Journal of History of Science*, 24, p. 61-78, 1991.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M. Ciência e arte: relações improváveis? *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 13, p. 71-87, 2006

RUDGE, D.; HOWE, E. An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, v. 18, p. 561-580, 2009.

SANTOS, M. E. Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI: co-construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências. In: II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Valinhos. *Atas...* Valinhos, 1999. 2, p. 1-14.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (Orgs.) *A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias*. Unijuí: Ed. Unijuí, 2006.

UHDEN, O.; KARAM, R.; PIETROCOLA, M.; POSPIECH, G. Modelling mathematical reasoning in physics education. Published online in *Science & Education* on October 20th 2011. DOI: 10.1007/s11191-011-9396-6.

VANNUCCHI, A. I. *História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula*. 1996. Dissertação (Mestrado). São Paulo, Faculdade de Educação, USP, 1996.

WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education – part 1. *Physics Education*, v. 14, p. 108-112, 1979.