



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS

A História da Ciência e a Experimentação no Ensino de Química Orgânica

Cláudio Luiz Nóbrega Pereira

Brasília – DF

**Janeiro
2008**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS

A História da Ciência e a Experimentação no Ensino de Química Orgânica

Cláudio Luiz Nóbrega Pereira

Dissertação realizada sob orientação do Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

**Janeiro
2008**

FICHA CATALOGRÁFICA

Pereira, Cláudio Luiz Nóbrega.

A história da ciência e a experimentação no ensino de Química Orgânica / UnB, Brasília, 2006.

194 P.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Instituto de Física/Química. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

1. Educação em Ciências. 2. Ciências – Estudo e Ensino. 3. História da Ciência. 4. Ensino de Ciências – Pesquisa – Universidade de Brasília.

FOLHA DE APROVAÇÃO

CLÁUDIO LUIZ NÓBREGA PEREIRA

A História da Ciência e a Experimentação no Ensino de Química Orgânica.

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em 25 de janeiro de 2008.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva
(Presidente)

Prof.^a Dr.^a Jeane Cristina Gomes Rotta
(Membro Interno não Vinculado ao Programa – FUP/UnB)

Prof. Dr. Márlon Herbert Flora Barbosa Soares
(Membro Externo – IQ/UFG)

Prof.^a Dr.^a Joice Batista Aguiar
(Suplente – PPGEC/UnB)

Dedico este trabalho

A minha mãe Maria de Lourdes

A memória de meu pai Luiz Paulino

A minha esposa Rosineide

As minhas filhas Bárbara e Amanda.

Pessoas que me fizeram e me fazem ser feliz.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a **Deus**, por ter me concedido a chance de conhecer um mundo tão bonito e ter me dado a capacidade de admirá-lo.

Agradeço a minha esposa pela paciência além do possível, suportando meus momentos de irritação, e pelo carinho e apoio nas horas difíceis.

Agradeço as minhas filhas pelas alegrias proporcionadas todos os dias. Sem elas creio que teria sido bem mais difícil completar este trabalho.

Agradeço a minha mãe pelo carinho eterno, e pelo desejo constante de me ver feliz.

Agradeço também ao restante da família: Cláudia, Francisco, Adriana, Marcos pela boa vontade em ajudar nos problemas do dia-a-dia.

Não posso esquecer meus cunhados, tio Vando (Cabo Jairo) e tio Jailton, pela ajuda sempre constante, quando eu tinha que estar em dois (ou três) lugares ao mesmo tempo.

Agradeço ao professor Gauche pela motivação (e pelo puxão de orelha), no momento exato. Sem ele este trabalho não teria sido concluído.

Por fim um agradecimento mais que especial ao Professor Roberto, pela paciência e boa vontade em me ajudar a realizar este trabalho, pela generosidade com que buscou transmitir seus saberes e experiências, e mais do que tudo soube compreender minhas dificuldades pessoais.

É fundamental experimentar o mistério, pois este é a raiz de toda a ciência. O homem que desconhece esse encanto é incapaz de sentir admiração, estupefação, esse já está morto, tem os olhos extintos.

Albert Einstein.

RESUMO

A motivação para este trabalho partiu da percepção de que os alunos não demonstram muito interesse pelo estudo do conteúdo relativo à Química Orgânica. A literatura tem enfatizado que este é um caso particular de um problema mais amplo: o ensino de ciências passa por uma crise. Segundo vários estudos, esta situação se deve a abordagem pela qual o conhecimento científico é apresentado. Tal abordagem caracteriza-se por ser focada na transmissão de conteúdos que se distanciam da realidade dos alunos, tendo como objetivo a formação de futuros profissionais para carreiras ligadas a ciência. Além do mais, esta abordagem apresenta o conhecimento científico como uma verdade inquestionável, já que, em termos epistemológicos, apóia-se em um modelo empírico indutivista da ciência, cujos fundamentos têm sido duramente criticados pela moderna Filosofia da Ciência. Com intuito de superar tais dificuldades, produzimos um módulo de ensino que aborda o tema corantes, segundo uma perspectiva histórica aliada à experimentação. Este módulo foi avaliado por sete professores de Química. A avaliação de cada um deles foi coletada por meio de entrevistas semi-estruturadas. Como resultado os professores destacaram a potencialidade do material em permitir uma abordagem que rompa com a fragmentação do conhecimento químico, aproxime o conteúdo da realidade do aluno, e apresente as inter-relações entre ciência tecnologia e sociedade. Os professores indicaram, ainda, que os experimentos sugeridos podem contribuir para articular o nível macroscópico com os níveis teórico e representacional do conhecimento químico. Também realizamos uma análise sobre a forma como foram inseridas a História da Ciência e a Experimentação nos livros didáticos de Química, que irão fazer parte do Programa Nacional do Livro Didático de 2008. O resultado de tal avaliação mostra que, em geral, estes livros fazem uso da história da ciência, porém de forma inconsistente, e que a experimentação ainda é tomada segundo a lógica da confirmação.

Palavras-chave: Química Orgânica, História da Ciência, Experimentação.

ABSTRACT

This work was motivated by the fact that students do not demonstrate interest in studying the contents related to Organic Chemistry. Literature has emphasized that this is a particular case of broader situation, that is, of the current science teaching crisis. The reasons that have led to this situation are, according to various studies, the approach in which scientific knowledge is presented. Such approach is characterized by the focus on transmission of knowledge that is distant from the student's reality, and by having as its objective the formation of future professionals of science relate careers. In addition, such approach presents scientific knowledge as if it an unquestionable as if it was an unquestionable truth, since, in epistemological terms, it is based in an inductivist empirical model of science, whose fundamentals have been criticized by modern Philosophy of Science. Aiming at overcoming these difficulties, we have produced a teaching module that approaches the theme "dyes", according to an historical perspective allied to experimentation. Such module has been evaluated by seven Chemistry teachers. Each one's evaluation was collected by means of semi-structured interviews. As a result, the teachers have pointed out the potential of the material in allowing an approach that break with the fragmentation of chemistry knowledge, make the content closer to the student's reality and present the inter-relations between science, technology and society. The teacher also pointed that the suggested experiments may contribute to the articulation between the macroscopic level and theoretical and representational level of chemistry knowledge. We also have carried out an analysis of the way in which History of Science and experimentation were inserted in Chemistry textbooks that will be part of the National Didactic Book Program of 2008. The result of such analysis shows that, in general, these books make use of History of Science, but in an inconsistent manner, and that experimentation is still taken according to the logic of confirmation.

Key-words: Organic Chemistry; History of Science; Experimental Works.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 PROBLEMAS RELATIVOS AO ENSINO DE CIÊNCIAS	15
2.1 A crise no ensino de ciências	16
2.2 Alfabetização Científica	19
2.3 As formas de conhecer o mundo	22
2.4 A aprendizagem dos conceitos científicos	28
3 HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS	33
3.1 Importância da História da Ciência, um olhar no passado	34
3.2 A História da Ciência nos currículos do pós-guerra	38
3.3 As reformas educacionais e a História da Ciência no ensino atual	42
3.4 Recomendações para o uso da História da Ciência	46
4 O PAPEL DA PERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS	54
4.1 Apoio ao uso da experimentação no ensino	54
4.2 Um olhar crítico sobre o uso da experimentação no ensino	58
4.3 Uso didático da experimentação	63
5 METODOLOGIA	68
5.1 A construção do Módulo de Ensino	68
5.2 A avaliação do Módulo de Ensino	75
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA AVALIAÇÃO DO MÓDULO DE ENSINO	79
7 A QUÍMICA ORGÂNICA NOS LIVROS DO PNLEM/2008: UM OLHAR SOBRE A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E A EXPERIMENTAÇÃO	98
7.1 Critérios para análise	98
7.2 Resultados e discussão da análise dos livros didáticos do PNLEM/2008	100
7.2.1 <i>A História da Ciência nos livros didáticos</i>	100
7.2.2 <i>A experimentação nos livros didáticos</i>	106
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
REFERÊNCIAS	118
APÊNDICE	
A- Módulo de Ensino	124

1 INTRODUÇÃO

A motivação para este trabalho surgiu de uma insatisfação com o desinteresse e o baixo desempenho dos alunos em relação ao conteúdo de Química Orgânica. Como professor em escola pública, ao longo de 12 anos, pude acompanhar diversas turmas durante as três séries do ensino médio. Desta maneira me foi possível comparar o desempenho e interesse de cada uma delas pelos diversos assuntos abordados durante as aulas.

Marcadamente, os alunos demonstravam considerar o conteúdo ligado a Química Orgânica como maçante e sem sentido. Em conversas que tive com vários deles ouvia sempre relatos em que afirmavam não verem sentido em se ficar decorando um monte de “nomes esquisitos”, de coisas que eles nunca tinham ouvido falar.

Um caso que considero singular ocorreu quando uma senhora, com mais de 50 anos de idade, veio me pedir ajuda para realizar um trabalho escolar. Ela era aluna de outro professor, que lecionava nas turmas do curso supletivo existente na mesma escola em que eu trabalhava. A atividade que este professor havia proposto para a aluna era uma “pesquisa” sobre a classificação e nomenclatura dos hidrocarbonetos. Conversando com aquela senhora percebi o quanto era desprovido de importância aquele tipo de conhecimento para as pessoas em geral.

É importante notar que muitos alunos do ensino médio, semelhantemente àquela senhora, não pretendem continuar seus estudos, e mesmo aqueles que o farão podem seguir outras carreiras não ligadas às ciências (que é o mais provável). Assim qual sentido teria abordar conhecimentos cuja utilidade só se aplica aos profissionais de determinada área.

Todavia, verificando os livros didáticos, percebemos que eles tendem a enfatizar somente a dimensão representacional do conhecimento químico. Em outro trabalho que realizamos, Pereira e Silva (2006), evidenciamos que nos livros didáticos tradicionais de

Química a forma de apresentação dos conteúdos relativos à Química Orgânica enfatiza as representações e a nomenclatura, em detrimento das propriedades dos materiais e das relações entre os níveis macroscópico e microscópico. Os conteúdos são tratados de forma fragmentada, sem que tenham relação entre si. Ou seja, este recurso didático é um espelho de como a Química Orgânica é apresentada em sala de aula. O que infelizmente é algo natural, pois em grande medida ele é a base com que se preparam as aulas.

Assim nos perguntamos: Seria este tipo de abordagem, que apresenta a ciência como algo distante das pessoas comuns, tendo como foco à preparação para carreiras ligadas às ciências, o motivo da falta interesse dos alunos? Seria a forma como o conhecimento Químico é abordado, enfatizando o uso de algoritmos, e a memorização de fórmulas que os afasta do estudo desta disciplina? Seria o fato de que o ensino de Química apresenta esta ciência como distante das preocupações humanas a causa do desânimo dos alunos?

Imaginamos que seja possível superar tais dificuldades pelo estudo do tema “Corantes”, por meio de uma abordagem histórica aliada a experimentação, pois assim estaremos resgatando elementos humanísticos ligados à ciência, a muito esquecidos no ensino de Química, ao mesmo tempo em que possibilitaremos ao aluno ter contato com fenômenos que dêem significado as teorias e conceitos estudados no âmbito da Química Orgânica.

Neste sentido, temos como objetivo a produção de um módulo de ensino para ser aplicado no ensino médio que possibilite ao aluno ter conhecimento sobre a “História e a Química dos Corantes”.

As substâncias corantes acompanham a humanidade desde sua aurora, fizeram parte da pauta comercial ao longo de toda idade antiga e medieval. Até meados do século XIX estes materiais foram a base da economia de muitas regiões, quando um forte indústria química começou a florescer, baseada na pesquisa e produção de análogos sintéticos dos produtos

naturais. Além do que, estas substâncias estão presentes em nosso dia-a-dia fazendo parte dos mais variados objetos.

É de se notar também que o uso de corantes no processo de tinturaria evoca uma série de fenômenos que podem ser explicados por vários conceitos da Química. Estes fenômenos podem ser explorados em experimentos simples e com grande potencial de despertar a curiosidade dos alunos, pois se referem a uma propriedade macroscópica de fácil percepção, a cor. Por isso buscamos associar algumas atividades práticas ao estudo do tema.

Para o desenvolvimento da dissertação a dividimos em oito capítulos. No de número dois fazemos algumas considerações sobre os problemas relativos ao ensino de ciências. É notável que nossa problemática esta circunscrita dentro de um contexto muito mais amplo, o ensino de ciência esta passando por assim dizer por “uma crise” em nível mundial. O desinteresse dos jovens por carreiras ligadas a ciência têm sido uma constante em vários países, de maneira que várias reformas curriculares têm sido propostas com intuito de superar o quadro atual. Os motivos que levaram a situação atual em que se encontra o ensino de ciência são multifacetados, envolvem tanto uma visão sobre construção do conhecimento científico e individual, quanto às finalidades deste ensino.

No terceiro capítulo fazemos um estudo dos argumentos que justificam o uso da História da Ciência no ensino. E de se notar que a defesa desta abordagem não é recente, datam do final do século XIX as primeiras manifestações a favor de um ensino de ciências que favoreça aos alunos percebe-la como empreendimento humano, carregado de erros e vicissitudes. Entende-se assim a ciência como parte da cultura.

Nos últimos anos reformas educacionais ocorridas em muitos países, tais como Estados Unidos e Inglaterra, passaram a indicar explicitamente a necessidade de se incluir no ensino tópicos ligados a História e a Filosofia das Ciências. O objetivo desta revalorização de elementos humanísticos é o de levar os alunos superarem visões distorcidas sobre a prática

dos cientistas, e sobre a ciência em si, e de certa maneira eles coadunam com os objetivos das propostas para uma alfabetização científica.

Assim como a defesa do uso da História da Ciência no ensino, também são antigos os argumentos favoráveis ao uso da experimentação nas aulas de ciência. São encontradas referências a sua inserção na prática educativa nos estatutos da Universidade de Coimbra ainda no século XVIII, e em vários documentos oficiais desde o início de nossa república. A aceitação, ao menos em palavras, de que práticas experimentais são fundamentais nas aulas de ciência parece ser um consenso, podemos dizer até que se tornou um aforismo.

Tunes e colaboradores (1999) verificaram que os professores de ciência usam diversos argumentos para justificar o uso deste recurso. Tais argumentos vão desde aqueles ligados a questões motivacionais até outros relacionados a compreensão sobre a natureza da ciência.

Porém, da mesma maneira que aqueles autores, entendemos que o uso deste recurso ainda não ocorre sem problemas, e carece de reflexões. Muitos professores a percebem de forma ingênua, e seguem um modelo calcado no viés da formação profissional. Assim nos propomos, no capítulo quatro, trazer a baila elementos que nos ajude a compreender o papel que a experimentação pode desempenhar hoje na sala de aula, em um contexto em que se pretende uma formação mais abrangente para o aluno.

No quinto capítulo abordamos o processo de construção do módulo de ensino para o conteúdo de Química Orgânica. Lá explicitamos as características que procuramos imprimir naquele material de ensino, e indicamos como foi realizado o seu processo de avaliação.

O módulo consiste em um texto e um conjunto de experimentos que abordam a história e a química dos corantes. Na primeira parte do texto fazemos um apanhado geral sobre alguns corantes de importância histórica, como o pau-brasil. Na segunda discutimos aspectos inerentes à química da tinturaria. E na terceira abordamos a natureza da luz e a formação da cores.

Os experimentos propostos não têm como objetivo comprovar as teorias abordadas no texto, mas fornecer a vivência de fenômenos que permitam a compreensão do texto, ou iniciar uma discussão que possibilite o professor e os alunos se aprofundarem no estudo da Química Orgânica.

Para avaliação do nosso produto solicitamos a sete professores que fizessem a leitura do módulo de ensino. Em uma data previamente marcada realizamos uma entrevista semi-estrutura com cada um deles, registrando seus depoimentos por meio de gravação.

Os resultados destas entrevistas encontram-se discutidos no capítulo seis. Por meio delas pode-se perceber uma boa aceitação do módulo de ensino e que os professores destacaram as potencialidades do material em poder propiciar uma abordagem que humanize os conhecimentos de Química à medida que contextualiza os conteúdos estudados, os associa a fatos históricos conhecidos e apresenta a ciência interligada ao contexto social e econômico.

Também foi apontado pelos professores a possibilidade de um trabalho interdisciplinar, e do rompimento da visão fragmentada dos conteúdos de Química.

Como consequência da inclusão de livros didáticos de Química no PNLEM-2008¹, surgiu naturalmente à necessidade de avaliar como a Química Orgânica é tratada nos livros que farão parte do programa, além de verificar o uso que se faz da História da Ciência e da experimentação. No sétimo capítulo são apresentados os resultados desta análise.

No oitavo capítulo fazemos nossas considerações finais sobre o resultado deste trabalho, e apontamos algumas questões que ainda merecem ser mais bem estudadas. Estas questões surgiram em decorrência da produção do módulo de ensino e de sua avaliação pelos professores.

Para encerrar esta apresentação gostaríamos de indicar que em alguns momentos fazemos referência à epistemologia, aqui entendida como Filosofia da Ciência. Como

¹ Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio. Este programa tem como meta distribuir livros didáticos aos alunos do ensino médio da rede pública de ensino em nosso país.

apontado por Ramos (2000, p. 18), o termo neste sentido implica em “um estudo crítico do conhecimento científico, de seus princípios e resultados, além de tratar também da história filosófica das ciências – análise crítica das caminhadas, das dificuldades, das revoluções e rupturas da ciência”.

Reconhecemos que hoje existe uma verdadeira ecologia de Epistemologias da Ciência. Mas não tivemos o intuito de estudá-las em profundidade. Tecemos alguns comentários mais extensos sobre o empirismo, por que esta abordagem sobre o conhecimento científico é a que mais marcadamente está presente no ideário dos professores, como aponta Maldaner (2000, p. 67), apesar de seus fundamentos serem considerados como superados.

2 PROBLEMAS RELATIVOS AO ENSINO DE CIÊNCIAS

Há hoje um amplo debate sobre os problemas relativos ao ensino de ciências. É notável o baixo desempenho dos alunos nas disciplinas de ciências: Física, Biologia e Química. Sobre isto Beltran e Ciscato (1991, p.15) afirmam "é fácil constatar que a maior parte das pessoas, mesmo após frequentar a escola de 1º e 2º graus², sabe pouco de Química. Pouquíssimas delas conseguem se posicionar sobre problemas que exijam algum conhecimento da matéria". Chassot (2003), ao ponderar sobre o nível de conhecimento de alunos universitários de cursos não ligados a ciências exatas, chega mesmo a considerar como desperdício o tempo que os alunos investiram em aulas de ciências durante o ensino médio. Assim, o ensino de ciências pouco tem ajudado os alunos a compreenderem a realidade que os rodeia, e tão pouco tem contribuído para formação de cidadãos críticos.

Posições como estas ganham peso ao verificamos que o Brasil obteve, em 2003, o penúltimo lugar entre 41 países pesquisado pelo Programa Internacional de Avaliação de Alunos – PISA- ficando a frente somente das Filipinas (Santos, 2006).

Outro dado que confirma as dificuldades no ensino de ciências é a baixa demanda, em nosso país, por cursos de licenciatura relativos à área. Parece ser paradoxal ver de um lado os altos índices de desemprego no Brasil sendo noticiados pela imprensa, e de outro a falta de profissionais em uma área tão importante quanto à educação. O que se percebe é que os cursos ligados a carreiras científicas não atraem a atenção dos nossos jovens.

Assim posto, levanta-se algumas questões: O que há de específico no ensino de ciências que o torna tão difícil de ser implementado? Que contribuições o ensino de ciências pode trazer aos indivíduos e a sociedade?

² A terminologia 1º e 2º graus corresponde ao que hoje denominamos ensino fundamental e médio, respectivamente.

Neste capítulo pretendemos discutir algumas idéias que poderão nos dar uma visão geral dos problemas relativos ao ensino de ciências, e como estes problemas têm sido abordados pela pesquisa na área. Trataremos de questões relativas às contribuições das abordagens voltadas para alfabetização científica, discutiremos algumas questões relativas a natureza da ciência, e faremos algumas considerações sobre o aporte construtivista ao ensino de ciências.

2.1 A crise no ensino de ciências

Embora os Estados Unidos e muitos países da Europa apresentem resultados melhores que o nosso em exames internacionais, é marcante o desinteresse dos jovens por carreiras ligadas às ciências, de tal forma que se pode considerar que ensino de ciências tem enfrentado em níveis mundiais uma crise. Parece que ensino focado para formação de cientistas, de caráter eminentemente conteudista, tem levado, na verdade, a uma fuga desta profissão. A ciência é tratada de forma tão distante do mundo dos alunos que não os motiva a se aprofundarem em estudos específicos nesta área.

Fourez (2003) indica que os principais atores envolvidos na crise são os alunos, os professores, e os empresários. O ensino de ciências parece se distanciar enormemente da realidade dos alunos, os professores indicam não terem preparo para trabalhar em uma dimensão que não seja a de formação de cientistas. Os empresários se queixam de pouca oferta de candidatos para assumirem as vagas existentes no mercado de trabalho, preocupam-se assim com a queda na produtividade, necessitam que a máquina da ciência continue funcionando.

O quadro descrito por Fourez (2003), para a Bélgica, assemelha-se muito ao caso brasileiro. Nosso ensino se distancia de fato da realidade dos alunos e a maioria dos nossos professores não possui capacitação para uma abordagem diferente. Documentos oficiais fazem constantes apelos para que os professores procurem explorar problemas do cotidiano durante as aulas.

A exceção do que se observa na Bélgica é que nossos empresários não têm grandes preocupações com a produção científica, pois os produtos da ciência que utilizam são em grande medida importados.

Fourez (2003) continua sua análise apresentando algumas controvérsias relativas à crise, que são encampadas pelos atores acima apresentados. Elas podem ser sintetizadas como segue:

- **Quantidade de matéria versus qualidade de formação.** Existe de um lado a tendência de trabalhar uma vasta gama de conteúdos para dar uma visão geral da ciência, de outro há os que postulam a necessidade de estudar uma gama menor de conteúdo, de forma mais profunda já que é impossível ensinar tudo.
- **Alfabetização científica versus proezas científicas.** Na forma tradicional há os cursos que visam a formação de cientistas, este ensino se ramifica em Química, Física e Biologia. Os que pretendem a alfabetização científica tratam de temas como poluição, tecnologia, medicina, etc. Têm caráter mais humanista.
- **Uma alfabetização científica individual ou coletiva.** Classicamente a escola trabalha com a formação individual, assim é que alguns esperam tornar o aluno cidadão. Todavia há aqueles que consideram imprescindível envolver a comunidade, pois não somos cidadãos isolados.
- **Ciência de todos os dias ou ciência de situações e materiais puros.** Esta questão está vinculada à alfabetização científica. De um lado o foco são questões do dia-a-

dia do aluno, os conceitos são explorados em função do contexto. Em oposição, almejando-se a formação de cientistas, o foco serão os problemas ligados aos laboratórios e aos métodos de pesquisa.

- **Ensino das ciências e meios sociais.** O mundo dos cientistas, apresentado aos alunos, parecer ser regulado por uma lógica implacável, fria e desumana, não havendo, pois, lugar para os valores afetivos. Isto se distancia do modo de vida dos alunos oriundos das classes mais humildes levando-os a se afastarem das ciências. Para Fourez (2003) a didática das ciências deveria considerar esta questão com mais atenção do que tem feito. Parecer ser importante levar em consideração as posições sociais dos alunos e abordagem que se dá ao ensino. Surge daí uma controvérsia: alguns professores consideram que devem se ater somente ao conteúdo de ciências; outros consideram importante dialogar com os alunos sobre a forma como percebem a ciência.
- **Formação para competências bastante amplas.** A alfabetização científica busca a formação de competências amplas, que possibilite ao aluno atuar em seu meio como cidadão. A questão que surge é como ensinar estas competências. Alguns julgam ser possível, outros dizem que não.
- **Lugar do teórico e da experimentação.** A grande maioria dos professores postula que o papel da experimentação é o de confirmação das teorias. Todavia uma compreensão mais aprofundada aponta que a ciência trabalha com construção de modelos que buscam explicar a realidade, e devem ser testados.
- **Lugar das tecnologias.** Os professores, em sua maioria, acreditam que a tecnologia é resultado direto da aplicação da ciência, assim, imaginam que ensinando ciência o aluno compreenderá as aplicações tecnológicas. Todavia, esquecem-se de levar em consideração aspectos sociais e culturais relativos ao desenvolvimento tecnológico,

e que há uma forte influência da tecnologia sobre a ciência também. Aliás, devemos lembrar que esta forma de saber chamada ciência se formalizou somente a três séculos, enquanto artefatos tecnológicos são conhecidos desde a pré-história.

A estes elementos podemos somar a discussão sobre a interdisciplinaridade. Na escola os conteúdos são tratados de forma isolada, como pacotes. Aos alunos não são apresentadas as inter-relações existentes entre os conceitos das diversas disciplinas.

Percebe-se que a discussão relativa aos problemas ligados ao ensino de ciências é bastante ampla. Superar estas dificuldades vai muito além do mero uso de técnicas de ensino que se assemelhem a receita de bolo. Faz-se necessário outro olhar sobre o que é ciência, sobre como seus conceitos são construídos e sobre o seu papel na sociedade. A ciência da forma como é ensinada não tem ajudado os jovens a compreenderem o mundo em que vivem. Ela parece não se ligar aos valores culturais mais amplamente aceitos. Ela é vista como algo alheio à realidade das pessoas. Com isso desprende-se que a prática de ensino voltada para formação de cientista não atende hoje as necessidades da sociedade. Não tem motivado o ingresso na carreira de pesquisa, ou de profissões correlatas, e também não contribui para formação de cidadãos mais capacitados para atuar na sociedade.

2.2 Alfabetização Científica

Frente às limitações das propostas de ensino voltadas para a formação de cientistas, e diante de graves problemas ambientais, a década de 70 viu surgir modelos que buscavam integrar reflexões sobre as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade – eram os chamados currículos CTS. Estes currículos propunham a formação de cidadãos e consumidores mais conscientes, capazes de atuarem de forma crítica na sociedade (Santos 2006).

Esta perspectiva mais abrangente para o ensino de ciências parece ser o que propõe os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) ao estabelecerem que os objetivos da área de ciências não devem se pautar, unicamente, com fins para formação de especialistas. Advoga-se que esta área deve ter uma perspectiva mais ampla, buscando a formação para a cidadania, assim seus objetivos, tanto como os das outras áreas, deve:

envolver , de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e do desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo (Brasil, 1999, p. 207).

Todavia, a educação em ciências praticada atualmente, na maior parte das salas de aula em nosso país, limita-se a transmissão de conteúdos de forma asséptica, sem que se apresentem as relações destes conhecimentos com o mundo em que os alunos vivem (Chassot 2003). Seguindo a lógica do ensino tradicional os professores que assim agem tomam os conteúdos como um fim em si mesmo, não consideram os objetivos mais amplos da educação. Não levam em consideração que uma das finalidades da escola é dar condições aos alunos para que compreendam a sociedade, de forma a serem capazes de nela atuarem de forma crítica. A educação em ciências na sociedade atual tem tarefa mais abrangente, pretende-se levar o aluno a torna-se um cidadão de fato.

Por certo o ensino de ciências tem uma contribuição muito importante na formação da cidadania. Diariamente todos nós temos que lidar com inúmeros fatos que, de uma forma ou de outra, se ligam aos saberes científicos. Em muitos casos somos solicitados tomar decisões em que uma compreensão mínima se faz necessária. A esse respeito Cachapuz e colaboradores apontam:

a participação dos cidadãos na tomada de decisão é hoje um fato positivo, uma garantia de aplicação do princípio de precaução , que se apóia numa crescente sensibilidade social face a implicação do desenvolvimento científico e tecnológico que pode comportar riscos para as pessoas e meio ambiente. Tal participação, temos que insistir, reclama um mínimo de formação científica que torne possível a compreensão dos problemas (Cachapuz e colaboradores, 2005, p. 28).

Segundo Santos e Mortimer (2000, p. 138) são objetivos da alfabetização científica desenvolver nos alunos certo nível de compreensão sobre a ciência e a tecnologia, auxiliando-os a se apropriarem não somente de conhecimentos, mas também habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre muitas das questões que afligem a sociedade contemporânea e atuar na solução de tais questões. Tem-se desta maneira a intenção de formar o aluno como um cidadão que possa participar de forma efetiva da sociedade.

Ainda segundo Santos e Mortimer (2000) esta participação torna-se mais eficaz quanto mais clara seja a compreensão das relações entre ciência, tecnologia e a sociedade. Nessa abordagem a ciência é compreendida como uma atividade em constante construção. Afastando-se do modelo positivista, os conhecimentos científicos, longe de serem vistos como objetivos e neutros, são tomados como constructos sociais. A visão sobre tecnologia leva em conta outros aspectos que vão além da dimensão puramente técnica, relativa a instrumentos, materiais, processos e recursos humanos. Pelo contrário chama-se atenção para a dimensão cultural e organizacional das sociedades.

Por conseguinte a educação tecnológica não se limita a explicar como os equipamentos funcionam. É importante que o aluno compreenda que o uso da tecnologia gera modificações no seio da sociedade, que tanto podem ser positivas quanto negativas. Ressalta-se que os saberes científicos e tecnológicos, exercem influência sobre a sociedade, da mesma maneira que esta também exerce influencia marcante sobre o desenvolvimento técnico e científico

A alfabetização científica constitui-se como uma necessidade do mundo moderno. Decisões relativas ao desenvolvimento científico e tecnológico devem envolver a participação da sociedade. Para isso é importante que os cidadãos estejam devidamente preparados, podendo compreender o alcance e as conseqüências de suas decisões. Para isso é fundamental

que o ensino de ciências agregue aos conceitos próprios da ciência dimensões outras, externas ao desenvolvimento da própria ciência.

Todavia devemos ressaltar que a formação para a cidadania não deve ser justificativa para se deixar em segundo plano a dimensão própria do ensino de cada ciência. Como destaca Chassot (2003, p. 95), os problemas do ensino de ciência implicam em responder a três questionamentos: “*Por que ensinar ciência? O que ensinar de ciência? E Como ensinar ciência?*”.

Assim, definir a formação para cidadania como finalidade para o ensino de ciências não implica ignorar os conteúdos específicos de cada disciplina. Da mesma maneira não implica ignorar os resultados das pesquisas sobre o processo de aprendizagem dos alunos. Dando pouca atenção aos conteúdos corre-se o risco de transformar as aulas de ciências em aulas de estudos sociais. Deixando-se de lado o que se sabe hoje sobre aprendizagem, as dificuldades inerentes a abordagem tradicional dificilmente serão superadas. Considerando o processo de ensino como transmissão de saberes pode-se incorrer em uma contradição: apresentar aos alunos a História da Ciência - conteúdo visto como crítico- como se esta fosse uma verdade incontestável.

Com isso faremos uma breve reflexão sobre a relação entre epistemologia e ensino de ciências, para a seguir discutir o processo de ensino dos conceitos científicos em si.

2.3 As formas de conhecer o mundo

A abordagem tradicional tão bem caracterizada por Paulo Freire (1996) como ensino bancário, desenvolve-se de forma verbalista. O professor possuidor das verdades as transmite aos alunos, a este só cabe receber e guardá-las. O processo de ensino aprendizagem, visto

desta forma, acaba por levar o aluno a entender a ciência, e seus conhecimentos, como sendo inquestionáveis.

Outro problema, relacionado especificamente ao ensino de ciências, é o de se considerar que a ciência trabalha diretamente com a realidade. Os alunos não são levados a compreender que a ciência lida com objetos idealizados, com modelos que representam o mundo real. A esse respeito Matthews (1995) observa que “no ensino de ciências, tem-se ignorado, ou minimizado, com frequência maior que a desejável, a ruptura epistemológica existente entre a ciência newtoniana, o senso comum e a realidade que nos envolve”. Em geral os professores se esquecem de mencionar aos seus alunos que leis e teorias elaboradas pela ciência se aplicam em condições específicas, e que estas leis são fruto de uma forma peculiar de representar o mundo, derivando de longos debates entre os membros de cada comunidade científica.

Assim para se superar muitos dos problemas do ensino de ciências se faz necessário compreender como a ciência é construída e como ela se diferencia dos saberes de senso comum.

O conhecimento de senso comum, ou saber cotidiano, caracteriza-se como uma forma peculiar de compreender o mundo, por meio dele podemos dar sentido a muitos fenômenos que nos circundam. Segundo Cervo e Bervian³ pelo conhecimento cotidiano:

o homem simples conhece o fato e sua ordem aparente, tem explicações concernentes às razões de ser das coisas e dos homens e tudo isso obtido pelas experiências feitas ao acaso, sem método, e por investigações pessoais feitas ao sabor das circunstâncias da vida; ou então haurido do saber dos outros e nas tradições da coletividade (Cervo e Bervian, apud. Moraes, 2002, p. 25).

Depreende-se que o senso comum não se contenta com a descrição do fato ou do fenômeno. Todos nós precisamos e buscamos explicações para as coisas que nos rodeiam. O senso comum fornece estas explicações e nos propicia um quadro no qual a realidade tem uma razão de ser.

³ CERVO, A L.; BERVIAN, P. *A Metodologia científica*. São Paulo: Macgraw-hill do Brasil, 1978.

Todavia, esta forma de conceber o mundo leva em conta apenas os dados aparentes, e como não tem método torna difícil estabelecer relações entre ocorrências a princípio díspares.

O conhecimento científico por sua vez caracteriza-se por não se restringir a primeira impressão dos fatos, busca ir além. Constitui-se em um corpo de saberes de generalidade mais ampla, no qual fatos que em um primeiro momento são tomados sem relação alguma podem ser entendidos como manifestações de um mesmo fenômeno.

Conforme Morais não há ciência de casos particulares, é objetivo das ciências a generalização, em suas palavras:

Realmente, uma explicação só tem sentido e valor científico na medida em que se possa aplicar a outros casos semelhantes e não apenas àqueles poucos que o cientista é capaz de estudar. É necessário que se faça sob todos os riscos a *generalização*, isto é, a passagem do particular para o geral (universal). A lei, embora possa referir-se a particulares (...) ela procura, no mais que possa, alhear-se das situações circunstanciais e dos casos particulares em que acontece um determinado fenômeno (Morais, 2002, p. 79).

Por certo a generalização é uma característica básica do conhecimento científico. Contudo, historicamente a compreensão de como se dá o processo de produção desta forma de saber apresentou vários matizes, que podem ser resumidas em três perspectivas: a) empirista na qual o experimento é tomado como fonte do conhecimento; b) intuicionista, que destaca o papel da razão em detrimento dos dados sensíveis c) terceira via, que enfatiza a interação entre os indivíduos na construção dos saberes (Maldaner, 2000, p. 67).

Pela visão intuicionista, menos comum hoje em dia, considerava-se que as observações ligadas aos sentidos só poderiam levar a conceituações confusas. Esta forma de compreender a ciência propunha que a razão, partindo de noções *a priori*, seria o instrumento essencial na busca do conhecimento. Essas noções *a priori* seriam inatas a cada sujeito, e seriam incontestáveis e eternas. As experiências sensíveis teriam apenas o papel de comprovar as deduções feitas a partir das noções *a priori* (Andery e colaboradores, 1996).

Pela perspectiva empirista o conhecimento deriva da percepção dos fenômenos pelos sentidos. O acúmulo de observações sobre os fenômenos leva as generalizações, é o que chamamos de indutivismo. O progresso da ciência é explicado pelo somatório dos conhecimentos. O saber científico é assim tomado como inquestionável, pois derivam da observação de experimentos devidamente controlados e imunes a interferências subjetivas (Chalmers, 1993, p. 23-34).

A posição intuicionista a muito foi superada e não exerce mais um papel importante no pensamento moderno. O empirismo, por outro lado, ainda está muito presente na imagem que as pessoas têm sobre a ciência, e influencia a atitude de muitos professores sobre o processo de ensino. Embora comum, ela consiste em uma percepção irrefletida sobre a atividade científica (Maldaner, 2000, p. 68).

Em geral, posições empírico-indutivistas sobre o conhecimento são assimiladas pelos professores, primeiro pela longa vivência que tiveram enquanto alunos, estando sujeitos a abordagem tradicional, e pela imitação das práticas de colegas professores. Este posicionamento pode ser entendido como uma forma de senso comum da educação.

Segundo Saviani (2006, p. 43) o método tradicional consolidou-se na educação após a revolução industrial, e reflete de fato o modelo indutivista de ciência como proposto por Bacon. Para Saviani a influência do modelo indutivista é claramente sentida nos cinco passos propostos pelo filósofo Herbat para o ensino. Estes passos seriam os seguintes: preparação ou recordação da lição anterior; apresentação do conteúdo novo; comparação e assimilação; generalização; e aplicação. O processo proposto por Herbat, já vivenciado por todos nós durante anos a fio nos bancos escolares, é descrito, resumidamente, por Saviani como segue:

O passo da preparação significa basicamente a recordação da lição anterior, logo, do já conhecido; através do passo da apresentação, é colocado diante do aluno um novo conhecimento que lhe cabe assimilar; a assimilação, portanto terceiro passo, ocorre por comparação (...) esses três passos correspondem, no método científico indutivo, ao momento da observação. Trata-se de identificar o diferente entre os elementos já conhecidos. O passo seguinte, o da generalização, significa que, se o aluno já assimilou o novo conhecimento, ele é capaz de identificar todos os fenômenos correspondentes ao conhecimento adquirido. Ora, no método indutivo, o

momento da generalização não é outra coisa senão a subsunção, sob uma lei extraída dos elementos observados, pertencentes a uma classe de fenômenos, de todos os elementos que integram a mesma classe de fenômeno. O passo da aplicação, que é o quinto passo do método Herbartiano, coincide de forma geral, com as “lições para casa” (...) corresponde, pois, ao momento da confirmação, no método científico, uma vez que se o aluno aplicou corretamente os conhecimentos adquiridos, se ele acertou os exercícios a assimilação está confirmada. (grifos do autor, Saviani, 2003, p. 43-44)

Como consequência desta abordagem o conhecimento é tido, pelos alunos, como uma verdade acima de qualquer questionamento. Eles não percebem que os saberes científicos são, em muitos casos, proposições transitórias, modelos que buscam tão somente explicar a natureza, e que podem ao longo da história sofrer contestação e serem modificados.

Como afirma Bachelard (1996), uma característica do “espírito científico” é justamente o questionamento constante. Todo conhecimento que deixa de ser posto a prova passa a ser um obstáculo para o desenvolvimento da ciência. Segundo este autor o progresso do conhecimento só ocorre na medida em que os saberes mal fundamentados vão sendo substituídos por outros, novos, baseados em razões mais profundas.

Outros autores também enfatizam o caráter de transitoriedade do conhecimento científico. Popper considera que nenhuma teoria científica pode ser comprovada via experimentação. Para ele a ciência na verdade progride por meio de proposições transitórias, que podem ser falseadas. Neste sentido os experimentos têm uma função diversa daquela na visão empirista, ao invés de comprovar uma teoria sua função seria tentar contradizer esta mesma teoria (Peluso, 1995).

Assim podemos depreender que a abordagem empirista sobre conhecimento científico, e que é a base do método tradicional, não encontra sustentação na moderna epistemologia da ciência. Adotada de maneira ingênua por muitos professores tem conduzido os alunos a perceberem a construção do saber de uma forma deturpada.

Uma posição mais condizente com o pensamento moderno, que pode ser um caminho para superar os dilemas vividos no ensino de ciências, considera que a ciência pode ser encarada como um constructo social. Entende-se, por esta via, que o saber científico surge da

interação dos homens com o intuito de compreender o mundo. Ela fundamenta-se na idéia de que a percepção que temos da realidade é intermediada pela nossa consciência, e que esta é construída ao longo da história. Com isso se opõe a um só tempo as visões intuicionista e empirista.

Segundo Pietrocola (2001), por não ser possível a nós apreender diretamente o mundo, a ciência se constitui numa forma organizada de produzir representações coerentes sobre o mundo físico, que é parte do mundo natural. A Química, a Física e demais ciências são formas de representar e significar o mundo e foram construídas ao longo dos anos, através da interação constante entre os indivíduos que compõem cada comunidade de pesquisadores. O conhecimento científico é, assim, fruto de longo processo de tentativa de interpretar o mundo, que faz uso de métodos e técnicas que se diferenciaram ao longo do tempo das práticas cotidianas. Os cientistas em geral trabalham com modelos. Estes possuem características inerentes a cada campo de estudo, e não são equivalentes literais de objetos reais.

Assim compreende-se que a ciência longe de ser uma descrição objetiva da realidade, é uma interpretação parcial e provisória. Como construção humana, ela lida com o mundo real através de modelos. Estes modelos constituem-se em formas particulares de conceber o mundo.

Compreender o conhecimento científico significa, portanto, ser socializado nesta forma de compreender os fenômenos. Significa adquirir ferramentas que permitem olhar o mundo com outros olhos, ao invés de consumir verdades.

Devemos está atento a tais considerações, pois da forma como o ensino de ciências tem sido abordado o aluno fica com a impressão de que o mundo do qual se fala na escola é diferente do seu cotidiano, quando o que ocorre é apenas uma mudança na forma de ver os mesmo acontecimentos.

2.4 A aprendizagem dos conceitos científicos

Ligado à questão anterior, a diferença epistemológica entre o conhecimento científico e o conhecimento de senso comum, está a compreensão de como o aluno adquire conhecimento.

Segundo Moraes (2000, p. 117) ainda é muito comum entre nossos educadores posições que se aproximam ou do apriorismo, ou do empirismo enquanto formas dos indivíduos ganharem conhecimentos.

Aqueles professores ligados à primeira concepção imaginam que a aquisição do conhecimento por parte dos alunos se dá por conta de uma capacidade inata, própria de cada indivíduo. Nesta visão o aprendizado não depende da natureza do conteúdo abordado, mas no fato de haver ou não em cada pessoa a capacidade para aprender algo.

Por outro lado, os professores que assumem posições empiristas acreditam que o aprendizado se dá em função das experiências vividas por cada pessoa. Os estímulos captados pelos sentidos produziriam conceitos através de um processo indutivo. O acúmulo de experiências propiciaria, portanto, uma compreensão mais acurada da realidade.

Conforme Carvalho e Gil-Perez (2003, p. 26-31) estas concepções de aprendizagem derivam do que se pode denominar senso comum da educação. Pela vivência dos professores ao longo de sua escolarização inicial, e muitas vezes por conta de uma formação precária durante a graduação, concepções sobre educação são assimiladas sem reflexão. É importante notar que a abordagem tradicional, vinculada à transmissão de conhecimentos prontos, apresenta uma visão de educação com certa coerência interna, e engloba todas as dimensões do ensino de ciências. Superar esta abordagem de ensino exige que o professor reflita criticamente sobre os limites e dificuldades que a mesma apresenta. Tal reflexão deve

ocorrer a luz de uma fundamentação teórica mais consistente, que vá além daquela obtida durante o breve período da graduação.

Astofi e Devaley (1991, p. 73) apontam que já há um consenso de que a aprendizagem de conceitos não se dá por mera transmissão. Considera-se como modelo mais plausível o entendimento de que o processo de aquisição do conhecimento pelo aluno se dá por construção. Conforme Azenha (2000), aceita-se que há uma interação entre as estruturas cognitivas e os objetos de conhecimento. Nesta interação tanto as estruturas se modificam como também o conhecimento assimilado. Assim, o professor que assume uma posição construtivista rompe, a um só tempo, com as visões aprioristas e empiristas.

Embora existam formas variadas de construtivismo, é inegável a contribuição desta vertente do pensamento para a educação. Como aponta Ogborn⁴ (1997):

o construtivismo educacional insistiu corretamente em quatro pontos essenciais, sendo por esses reconhecido: 1. A importância do envolvimento ativo do aprendiz; 2. O respeito pelo aprendiz e por suas próprias idéias; 3. O entendimento da ciência enquanto criação humana; 4. Orientação para o ensino no sentido de capitalizar o que os estudantes já sabem e dirigir-se às suas dificuldades em compreender os conceitos científicos em função de sua visão de mundo (Ogborn, apud: Aguiar Jr, 1998).

Carvalho e Gil-Perez (2003, p. 31) apontam que um dos motivos pelos quais há, ainda, entre educadores um rechaço a linha construtivista é o fato de que os professores, durante o período de formação, tomam contato apenas com uma fundamentação construtivista mais geral. Questões que sejam vinculadas diretamente aos problemas específicos da área de ensino de ciências não são abordadas, o que os leva a ignorarem este aporte teórico.

Segundo Mortimer (1996) uma abordagem que trouxe frutos importantes para a área foi o denominado Movimento das Concepções Alternativas (MCA). Esta abordagem apesar de fundamentar-se nos preceitos do construtivismo piagetinano procurou estudar com mais atenção a rica variedade de idéias que as crianças apresentam sobre o conhecimento científico, deixando em segundo plano pesquisas sobre estruturas lógicas mais gerais. Esta

⁴ OGBORN, J. Constructivist Metaphors of Learning Science. In: Science & Education, v. 6, pp. 121-133, 1997.

área da pesquisa mostrou que as concepções dos estudantes são particulares, influenciadas pelo contexto do problema sendo difíceis de serem superadas, sendo observadas mesmo em universitários.

Driver e Oldham (1986) apontaram que o objetivo central do projeto de desenvolvimento de um currículo em uma perspectiva construtivista segundo o Movimento das Concepções Alternativas implicava em: “desenvolver, implementar e avaliar materiais e estratégias que promovam mudança conceitual”. Esta perspectiva se orientava pelos seguintes princípios:

- Os indivíduos têm propósitos;
- O conhecimento é construído através de interação social;
- Os conhecimentos e crenças individuais influenciam na construção de significados;
- A construção de significados é um processo ativo;
- Entender não é o mesmo que acreditar;
- O ensino de ciências envolve trocas conceituais.

Desta maneira o modelo proposto para o desenvolvimento de um currículo na abordagem construtivista difere do modelo tradicional em alguns aspectos. Ele não consiste em uma lista de conteúdos, mas sim em um programa de atividades que possibilitam ao aluno construir o seu conhecimento. Com isso o currículo não é uma prioridade para o ensino e assume neste caso o papel de problematizador.

Como consequência o professor passa a valorizar aquilo que o educando trás para a escola, e procura problematizar estes conhecimentos de forma que os alunos percebam suas incongruências. Em seguida procura-se levá-los a analisarem as interpretações da ciência para os mesmos fenômenos. Espera-se como isso que ocorram modificações das representações iniciais, obtidas pelo senso comum, para aquelas advindas do mundo das ciências.

As idéias advindas do Movimento das Concepções Alternativas, apesar de suas contribuições significativas e de sua aceitação por parte dos professores, apresentou uma rápida estagnação. As concepções prévias dos alunos mostraram-se muito difíceis de serem superadas, pois, mesmo os alunos tomando consciência das dificuldades das interpretações de senso comum, em muitos casos não conseguem dar o salto qualitativo, não chegando a assimilar os conceitos científicos (Mortimer, 1996).

De certa maneira estas dificuldades já poderiam ser previstas se tivessem sido levados em conta algumas das objeções de Vigotski a respeito das primeiras idéias de Piaget. Ele já criticava a posição piagetiana que, no estudo do desenvolvimento cognitivo das crianças, tratava os conceitos espontâneos (obtidos no dia-a-dia), de forma isolada dos conceitos não espontâneos (adquiridos na educação formal) . Em suas palavras:

Embora (Piaget) defenda que, ao formar um conceito, a criança marca com as características da sua própria mentalidade, Piaget tende a aplicar essa tese apenas aos conceitos espontâneos, e presume que somente estes podem elucidar as qualidades especiais do pensamento infantil; ele não consegue ver a interação entre os dois tipos de conceitos e os elos que os unem num sistema total de conceitos (Vigotski, 2005, p. 106).

Na visão de Vigotski na aprendizagem de conceitos científicos há uma interação recíproca entre estes e os conceitos espontâneos das crianças. Conforme sua afirmativa:

Ao forçar sua lenta trajetória para cima, um conceito cotidiano abre caminho para um conceito científico e o seu desenvolvimento descendente. Cria uma série de estruturas necessárias para a evolução dos aspectos mais primitivos e elementares de um conceito, que lhe dão corpo e vitalidade. Os conceitos científicos por sua vez, fornecem estruturas para o desenvolvimento ascendente dos conceitos espontâneos da criança em relação a consciência e ao uso deliberado (Vigotski, 2005, p. 136).

Esta visão parece ser mais coerente com os resultados das pesquisas sobre aprendizagem de conceitos científicos, pois como já indicado há uma relutância pelos alunos em abandonarem suas concepções prévias.

Diante dos resultados destas pesquisas e levando em conta o aporte sócio-histórico de Vigotski, Driver e colaboradores (1999) ponderam que a aprendizagem sobre ciências envolve ser iniciado nas formas científicas de conhecer o mundo. Necessita-se, assim,

promover a inserção do aluno na cultura científica através do discurso no contexto de atividades relevantes. Estas atividades devem promover o diálogo entre os alunos e o professor. Este, por sua vez, atuará fornecendo um apoio para que os alunos construam para si novos significados sobre a realidade.

Feitas estas ponderações sobre os problemas inerentes ao ensino de ciências, fica claro a necessidade de mudança de perspectiva. Não podemos limitar o ensino a mera transmissão de conteúdos, considerando os alunos como tábulas rasa. Eles trazem consigo representações do mundo que merecem ser respeitadas, porque fazem sentido no seu cotidiano, além de serem fundamentais para o desenvolvimento dos conceitos científicos.

Por outro lado, devemos apresentar a ciência como uma construção humana, que tem nos ajudado ao longo do tempo a superar as dificuldades impostas pela natureza. A compreensão de que o conhecimento científico é fruto de um processo e que o mesmo se encontra ainda em plena evolução pode ajudar o aluno a perceber os limites de seu próprio conhecimento.

Não podemos nos esquecer de que a dimensão social é extrema importância, a ciência é feita por homens e mulheres circunscritos em determinado contexto social e buscam responder as demandas de cada época, assim como são influenciados pela percepção de mundo que se tem na época em que vivem.

Devemos compreender que a educação em ciências faz parte de uma educação mais geral, cujos fins devem estar ligados à promoção do ser humano. O ensino deve estar assim a serviço do aluno e da sociedade como um todo.

Entendemos que a superação de muitas destas dificuldades pode ocorrer por meio de uma abordagem que associe a História da Ciência com a Experimentação. Neste sentido estaremos abordando nos capítulos que seguem os argumentos que fundamentam estas abordagens.

3 USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIA

A história da ciência tem sido apontada como uma ferramenta que pode possibilitar a superação dos problemas relativos ao ensino de ciência. Sua importância, para a educação contemporânea, pode ser constatada pelo fato de que, no 5º Encontro Nacional de Pesquisa e Ensino de Ciência (ENPEC), realizado em 2005, na cidade de Bauru - Brasil, foi criado o Grupo de Estudo História da Ciência e Ensino de Ciências. A motivação para criação de tal grupo deu-se por conta do grande quantitativo de trabalhos apresentados sobre o tema. O objetivo deste grupo consistia em buscar orientações metodológicas e discutir os resultados das pesquisas referentes ao uso da história da ciência no ensino de ciência.

Posicionamentos favoráveis ao uso da história da ciência no ensino são antigos, remontam ao fim do século XIX e início do século passado. Esta defesa era feita por eminentes figuras da ciência e da filosofia. Assim, neste capítulo iremos discutir os argumentos que alguns destes pensadores utilizaram para justificar o uso de uma abordagem histórica no ensino.

Apesar dos argumentos positivos a esta abordagem, constata-se que por um curto lapso de tempo, durante o século passado, elementos de caráter humanista foram postos em segundo plano. Assim, outras abordagens da educação, de caráter mais técnico ganharam relevância. Tentaremos, portanto, caracterizar estas últimas, indicando suas justificações de ordem epistemológicas, e que objetivos buscavam atender, além de apontar seus limites e incongruências.

Em resposta às dificuldades apresentadas pelas abordagens focadas na transmissão conceitual, como também às mudanças ocorridas no mundo atual, tanto no que tange aos aspectos políticos e econômicos quanto na organização interna do setor produtivo, pretende-se

hoje que a escola trabalhe com maior atenção aspectos humanístas da cultura. Como consequência, o apoio ao uso da História da Ciência no ensino das disciplinas desta área voltou à pauta de discussão. Por conta disto, iremos apresentar também, neste capítulo, uma avaliação de como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) abordam o tema, e quais as finalidades estipuladas para a educação em ciência.

Por último apresentaremos algumas justificativas para o uso da História da Ciência na educação, segundo apontamentos de pesquisas e reflexões mais recentes. Em geral estas pesquisas buscam relacionar o uso da História da Ciência com fins a uma alfabetização científica, que busque romper com as imagens deformadas de ciência. A idéia central destas propostas é de que o ensino de ciências leve o aluno a compreender como se dá a construção dos conceitos científicos, percebendo as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

3.1 Importância da História da Ciência, um olhar no passado

Os problemas relativos ao ensino de ciência encontram eco em publicações do início deste século. Gordon (1926), um dos primeiros editores do *Jornal Chemical Education*, já observava que a sensação de que a educação em ciências vivia uma crise era comum entre diversos educadores.

Em resposta a esta percepção, discursos favoráveis ao uso da história da ciência no ensino ciência já eram feitos. Uma importante referência a este respeito é apontada por Jaffe (1938), ao citar o eminente químico Wilhelm Ostwald, segundo o qual havia

um defeito na educação científica atual de nossos jovens. Isto é uma ausência de senso histórico e uma completa falta de conhecimento a respeito das grandes pesquisas sobre as quais o edifício da ciência se apóia (Ostwald, apud: Jaffe, 1938, p. 383).

Esta posição de Ostwald parece refletir claramente um sentimento latente no fim do século XIX, e início do século XX, o qual via com certo descrédito o ensino focado meramente no conteúdo das ciências, mesmo quando objetivando a formação de cientistas. Já naquele tempo, compreendia-se que o mero estudo dos conceitos científicos não seria capaz de desenvolver nos alunos uma percepção da importância da ciência, nem tampouco do método de trabalho usado pelo cientista.

Colocações semelhantes à Ostwald também foram defendidas por outras figuras eminentes, tais como: Ernst Mach (ainda no século XIX), John Dewey, e James B. Conant, conforme afirma Freire Junior (2002, p 14).

Portela (2006) aponta que a posição de Enerst Mach⁵ (1910), a favor da inserção da História da Ciência no ensino de ciências era coerente com sua “defesa contundente da perspectiva cultural da ciência”. O que pode ser percebido no trecho seguinte:

Um grande benefício que os estudantes podem tirar de um curso devidamente conduzido em obras clássicas será abrindo ricos tratados literários da antiguidade, e ganhando intimidade com concepções e visões de mundo que tinham duas nações avançadas. Uma pessoa que tenha lido e entendido autores Gregos e Romanos sentiu e experimentou mais do que aqueles que se restringiram às impressões do presente. Ele vê como os homens fizeram em diferentes circunstâncias juízos totalmente diferentes para as mesmas coisas que nós fazemos hoje (Mach, apud Portela, 2006, p.13)

Visto desta forma, o conhecimento científico diferencia-se da perspectiva positivista. A interpretação dos fatos não é imparcial, depende de fatores externos que circundam o indivíduo que observa. A ciência não é vista como uma construção linear, nem ocorre por mero acúmulo de fatos. Determinadas formas de compreender a realidade podem ser substituídas por outras julgadas mais convenientes em dado momento. Como observa Portela (2006, p. 14) o pensamento de Mach é importante por que evita “a adoção de uma perspectiva distorcida da prática científica pela noção de conhecimento verdadeiro e imune a transformações”.

⁵ MACH, E. *Popular Scientific Lectures*. 4ª edição. New York: Open Court Publishing, 1910.

Também nos parece muito significativa a posição favorável de Dewey à inserção de História da Ciência no ensino. Dewey foi um dos mais proeminentes pedagogos estadunidenses, tendo tecida críticas contundentes a educação de cunho meramente conteudista, focada na memorização e no intelectualismo. Conforme Teitelbaum e Apple (2001), mesmo considerando as críticas a sua perspectiva pedagógica, por não ser questionadora das relações sociais vigentes, devemos ter em mente que ele foi um forte defensor dos valores democráticos. Dewey via a escola como instrumento fundamental de democratização. Para ele, por meio da educação poder-se-ia estender a todos os benefícios do progresso alcançado pela modernização da sociedade. A educação científica teria um papel importante no desenvolvimento desta democracia. Como indicam Teitelbaum e Apple, para Dewey

um público articulado que tenha desenvolvido métodos de inteligência, **não definidos de uma forma redutora mas sim de uma forma mais ampla**, relacionada com a capacidade de uma rigorosa investigação reflexiva (científica), era a base de uma comunidade democrática. (grifo nosso, Teitelbaum e Apple, 2001, p. 197-198)

Esta postura de Dewey frente a educação em ciência, como promotora da cidadania parece coadunar com as proposições relativas a alfabetização científica. Conforme Kansar:

os estudantes precisam desenvolver uma filosofia particular baseada na lógica, verdade, e no entendimento quicá em superstições ou desejos cegos. Para isso os estudantes precisam perceber a relação entre ciência, sociedade assim como da tecnologia, e de cada individuo dentro da sociedade (Kansar 1987, p. 932).

E ainda de acordo Matthews a inclusão de história da ciência depende de certas posturas pedagógicas. Para ele:

a educação deve estar preocupada primordialmente em desenvolver a compreensão, mediante uma iniciação nas tradições importantes do pensamento, e em desenvolver aptidão para o pensamento claro analítico e crítico (Matthews, 2002, p. 34).

Com o objetivo de entendermos melhor a que tipo de educação Dewey fazia oposição, e sobre o destino que as reformas educacionais seguiram, nos parece importante citar o relato Dyson:

ao longo do século 19 e no primeiro quartel do século 20, ensinava-se pouca ciência nas escolas inglesas. Isso começou a mudar nas décadas de 20 e 30. Vários comitês de homens cultos declaram que a Inglaterra era um país de analfabetos científicos e que algo precisava ser feito a respeito disso. O que tínhamos de fazer era banir das escolas o latim e o grego e introduzir ciência. Quando cheguei ao colegial tínhamos excelentes professores de ciências e a qualidade do ensino científico era de primeira. Tive sorte, na metade do curso começou a guerra e o sistema começou a se desintegrar. No último ano do colegial eu passava um total de sete horas semanais na escola. Foi o melhor momento que eu poderia ter escolhido para estudar. Terminada a guerra, os professores retornaram e sistema se tornou mais rigoroso, e hoje ninguém pensa em passar sete horas semanais na escola. Agora os garotos ficam acorrentados e se despeja neles com ciência pré-digerida, exatamente como se faz aqui nos Estados Unidos (Dyson, 1992, p. 222).

Em consequência desta mudança, Dyson observa que na Inglaterra dos tempos atuais poucos são os cientistas que podem ser considerados de primeira linha. Segundo seu ponto de vista, o excesso de ciências nas escolas afastou as mentes mais brilhantes do caminho da ciência. O intelectualismo antes voltado para o ensino de humanidades, e que fora criticado por Dewey, tornou-se o intelectualismo voltado para as ciências.

Segundo Santos e colaboradores (2000), o mesmo ocorreu em nosso país durante a década de 30. O currículo das escolas, que era predominantemente humanístico devido a herança recebida da educação jesuítica, passou a dar maior ênfase as disciplinas de ciência em consequência do processo de industrialização.

Como visto as críticas a uma educação focada meramente na transmissão de conceitos não são recentes, além do que entram em acordo com as proposições de uma alfabetização científica. De modo geral o intuito é o de superar uma perspectiva reduzida do ensino, objetivando levar o aluno a compreender a ciência de uma forma mais abrangente, e não como mera técnica pela qual se constrange a natureza em busca de respostas, tal como proposto pelo método indutivo de Bacon. O que se propõe é descrevê-la como parte do empreendimento humano. Como destaca Portela (2006). A ciência é tomada como um dos elementos essenciais da cultura. E pode desenvolver habilidades cognitivas que permitam a inserção do aluno como cidadão ativo na sociedade.

3.2 A história da ciência nos currículos do pós-guerra.

A despeito desta defesa do uso da história da ciência no início do século passado, Freire Jr (2002, p. 15), apoiado em Mathews, aponta que ao longo da história da educação o uso da História e Filosofia da Ciência não apresentou um desenvolvimento linear. Após a 2ª guerra, por consequência de um direcionamento da educação para formação de cientistas passou-se a dar pouca ênfase ao uso de História e Filosofia da Ciência no ensino. A este afastamento devemos relacionar também a influência advinda do comportamentalismo sobre a educação neste período. A educação, fundamentada sobre a idéia de condicionamento, pouco espaço ofereceu a elementos de caráter mais humanistas. Observemos que este afastamento é coerente com o relato de Dyson (1992), descrito anteriormente.

Como já apontamos a percepção de que o ensino de ciências passava por dificuldades já era latente desde o início do século. Todavia, no período da guerra fria, logo após o lançamento do satélite artificial Sputnik pelos soviéticos, essa sensação se exacerbou entre os estadunidenses e seus aliados. Como resposta a esta sensação de inferioridade científica os currículos escolares na década de 1950 foram alterados, resultando em uma ênfase maior ao ensino de ciências e de matemática, de forma que este período pode configurar-se como a “Era Dourada do Ensino de Ciências” (Wang e Marsh, 2002, p. 170). São desta época os programas School Mathematics Study Group (SMSG), de 1958, o Chemical Estudy Material (CHEMstudy), de 1959, o Biological Science Curriculum Studies (BSCS) e Physical Science Study Committee (PSSC). Estes programas tinham como objetivo gerar recursos humanos que pudessem, rapidamente, alavancar o desenvolvimento científico dos países do bloco capitalista, equiparando-os ao nível que a ex-União Soviética havia atingido (Nardi, 2005).

Estas propostas em geral fundamentavam-se no método da descoberta. Tal método respaldava-se no trabalho do psicólogo de linha construtivista Gerome Bruner, para o qual:

o ambiente para a aprendizagem por descoberta deve proporcionar alternativas - resultando no aparecimento e percepção, pelo aprendiz, de relações de similaridades entre as idéias apresentadas, que não foram inicialmente reconhecidas... a descoberta de uma relação, ou princípio, por uma criança, é essencialmente idêntica - enquanto processo - à descoberta que um cientista faz em seu laboratório (Bruner, apud Moreira, 1999, p. 82).

Segundo Mathews (1995, p. 169-172), com exceção do Projeto de Física de Harvard, desenvolvido sob orientação de James Conant (ex-reitor de Harvard), e do BSCS, que sofreu forte influência das idéias do filósofo e biólogo Schwab, todos os grandes projetos do ensino de ciências da década de 60 deram-se sem a participação de historiadores ou filósofos da ciência. Conforme Gil-Perez (1993, p. 198), essas propostas buscavam aproximar o ensino de ciências ao trabalho do cientista, e neste sentido, davam grande ênfase à atividade autônoma dos estudantes e ao uso da experimentação, sendo esta caracterizada por uma visão extremada do indutivismo, além da falta de atenção a especificidades de cada conteúdo.

Consideramos relevante lembrar que no trabalho de Jaffe (1938) já era possível identificar uma crítica a perspectiva do uso das atividades práticas com intuito de formar cientistas. Para ele os experimentos dos livros didáticos (tal qual os de nossa época) eram equivalentes a receitas de bolo, além do que, apontava este autor, os experimentos de laboratórios não conseguiriam trazer a tona o contexto das grandes descobertas científicas. Os alunos não seriam levados, portanto, a perceber a ciência como uma construção humana, desafiadora e instigante. A esta forma de conceber o ensino de ciências Jaffe relacionava a mentalidade pragmática dos americanos daquela época, em suas palavras:

com um país virgem a ser explorado, a mente, as mãos e a energia do nosso povo estão ocupadas com problemas práticos de subjugar a terra e ganhar domínio sobre ela. Fatos e métodos são o que nós necessitamos... Assim não há espaço para elementos puramente intelectuais da química quando todo valor da ciência é mensurado em termos de serviços e funções (tradução nossa, Jaffe, 1938, p. 383).

A primeira vista o método da descoberta pode parecer engajar-se com as propostas de Dewey, pois valorizava o fazer por parte do aluno. Todavia devemos lembrar que este pedagogo não entendia a educação como uma preparação para um objetivo futuro. Aprender,

para ele, era a vida em si, desta forma o ensino deveria estar associado a realidade próxima do aluno. Além do que, segundo Souza (2004, p. 82), Dewey foi um crítico do empirismo, e do próprio pragmatismo. Sua filosofia foi uma tentativa de conectar o pensamento reflexivo com as experiências da vida cotidiana. O método da descoberta, portanto, foi uma abordagem que se equivocou inclusive quanto as suas bases pedagógicas.

Com relação a influência da perspectiva comportamentalista na educação, que no Brasil se convencionou chamar tecnicismo, Mortimer (1988, p. 36) aponta que foi especialmente danosa. Muitos educadores, durante a década de 1970, apoiados na idéia de que ensinar consistia em fornecer o estímulo adequado para que se obtivesse dada resposta, passaram a elaborar materiais didáticos selecionando aqueles conteúdos que poderiam ser transformados em questões de múltipla escolha. Isto acarretou em uma simplificação excessiva do conteúdo de Química, já que em nome de uma pretensa objetividade buscou-se afastar elementos subjetivos.

Verificando a descrição de Mortimer (1988) para os livros do início do século, fica claro que houve ao longo dos anos um abandono de aspectos que não eram de caráter estritamente conceitual. Nos primeiros livros didáticos de Química, editados em nosso país, haviam textos bem elaborados, que introduziam os conceitos inicialmente por meio de exemplos, deixando as generalizações para uma etapa seguinte, além do que faziam referências a tópicos ligados à Filosofia da Ciência, tais como: a natureza hipotética da teoria de Dalton; e ressalvas em relação à teoria dualística de Berzélius. Em oposição, os livros da década de 1970 passaram a apresentar o conteúdo por meio de textos resumidos e esquemas gráficos, que levavam o aluno a uma leitura já direcionada, induzindo-os a somente memorizar os conceitos.

Esta ênfase, em elementos ligados unicamente a conceitos químicos, reflete o aspecto a-histórico dos nossos livros didáticos, e pode ser confirmado quando olhamos o artigo de Schnetzler (1981). Esta pesquisadora, mesmo não fazendo referência direta a História da

Química como parâmetro para análise dos livros didáticos afirma que:

pode-se depreender que um dos principais objetivos da grande maioria dos livros didáticos analisados é o de **veicular o conhecimento químico “pronto e acabado”**, enfatizando mais as conclusões do que se preocupando em evidenciar a própria elaboração e utilização daquele conhecimento (grifo nosso, Schnetzler, 1978, p.12)

Isto reafirma uma completa falta de senso histórico na elaboração dos livros didáticos da época. O conhecimento científico, longe de ser um mero acúmulo de verdades, avança à medida que determinadas formas de compreender são questionadas. A ciência tem assim um caráter eminentemente hipotético, de tentativa.

A busca de objetividade nos materiais didáticos, como referida por Mortimer acima, corresponde aos pressupostos da pedagogia tecnicista, que se calcavam, segundo Veiga (1992, p. 34), na perspectiva de “neutralidade científica, inspirada nos princípios de racionalidade, eficiência e produtividade”. Ainda, segundo esta autora, trabalho do professor, seguindo estes princípios, seria assemelhado ao do operário na fábrica. Ao professor caberia executar os planos elaborados por instâncias superiores, buscando da forma mais eficiente atingir as metas estabelecidas.

Nesta lógica o material didático produzido não deveria carecer de elementos que fossem além do essencial ao treinamento dos alunos para que atingissem os objetivos estipulados pelo sistema.

Herron (1977) aponta que, de fato, uma dificuldade para a inserção da História da Ciência no ensino de Química é a necessidade de formas de avaliação que se distanciem daquilo que é uma rotina nas salas de aula de Química, a resolução de problemas de lápis e papel. Para ele a avaliação de aspectos ligados à história da ciência seria eficiente quando feita através de redações, nas quais os fatos históricos podem ser sintetizados pelos alunos. Isto por certo requer do professor de ciências habilidades que ele não estaria acostumado a utilizar. Se levarmos isto em conta, dentro do ambiente que marcou o contexto tecnicista, podemos compreender porque pouco espaço havia para tópicos relacionados à História da Ciência.

3.3 As reformas educacionais e a História da Ciência no ensino atual

Diante do exposto somos levados a concordar com Martins (1990), a questão da inserção da história da ciência no ensino é, sobretudo uma questão de valores. A opção pelo seu uso esta condicionada as metas que são estabelecidas para educação. Segundo este autor “estas metas são aceitas ou não como válidas (ou inválidas) dependendo de uma visão de mundo ampla e em grande parte irracional”.

A escolha dos fins (metas) sempre dependerá da forma como compreendemos o mundo e, sobretudo, como afirma Castanho (1992, p. 54), do “contexto macro-estrutural envolvendo os aspectos sócio-políticos e econômicos”. Com isso a opção pela inserção de elementos culturais, tais como a História da Ciência, no ensino sempre ficará a reboque de fatores externos a escola.

Assim, porque o mundo mudou em termos geopolíticos em relação ao que era durante a guerra fria. Porque a democracia tornou-se mais forte em muitos países, incluindo o nosso. A escola tem passado por mudanças. E essas mudanças se devem também porque, conforme afirma Vieira (2006), o modelo fabril, no qual a escola se fundamentava, tem sido substituído, devido a competitividade e as mudanças tecnológicas, pelo modelo de produção da empresa moderna, no qual a formação de grupos, a colaboração e o trabalho criativo, são mais importantes que o desenvolvimento mecânico de tarefas por indivíduos sob rígido controle hierárquico.

Uma referência direta a esta questão foi feita nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) quando se apontavam os motivos para as mudanças no ensino médio:

Nas décadas de 60 e 70, considerando o nível de desenvolvimento da industrialização na América Latina, a política educacional priorizou, como

finalidade para o Ensino Médio, a formação de especialistas capazes de dominar a utilização de maquinarias ou de dirigir processos de produção (...). Na década de 90, enfrentamos um desafio de outra ordem. O volume de informações, produzido em decorrência das novas tecnologias, é constantemente superado, colocando novos parâmetros para a formação dos cidadãos (Brasil, 1999, p. 15).

Neste sentido as diretrizes curriculares passam hoje a dar um status diferenciado ao ensino de ciências que vai além da mera formação propedêutica ou profissional. No texto do próprio PCNEM encontramos a seguinte afirmação:

O sentido do aprendizado na área, uma proposta para o Ensino Médio que, sem ser profissionalizante, efetivamente propicie um aprendizado útil à vida **e ao trabalho**, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade (grifo nosso, Brasil, 1999, p. 203).

Diante desta nova perspectiva para o ensino médio, e a reboque do que ocorreu em outras reformas educacionais mundo afora, o currículo brasileiro também passou a integrar recomendações diretas ao uso da História da Ciência no seu ensino. Esta tendência é reafirmada nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM +), quando, por exemplo, aponta que a Química enquanto ciência pode ser entendida como:

instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagem próprios, **e como construção histórica**, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade (Brasil, 2002, p. 87).

Apesar das críticas que possam ser feitas aos PCNEM e aos PCNEM+, devemos reconhecer que a visão da História da Ciência que se encontra em seu corpo é coerente com a moderna Epistemologia da Ciência. Isto fica nítido quando analisamos as competências relacionadas à contextualização sócio-cultural, onde se propõe:

Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou rupturas de paradigmas, relacionando desenvolvimento científico com a transformação da sociedade (Brasil, 1999, p. 217).

Claramente esta é a imagem defendida por Kuhn (2005) para evolução da ciência. Entende-se que há períodos no desenvolvimento científico nos quais o progresso ocorre por meio da ciência normal. O trabalho do cientista implicaria, nestes momentos, em acúmulo de conhecimento, à medida que guiados por um paradigma os cientistas buscam compreender a natureza. E que, além disto, há momentos em que estes paradigmas são postos em causa, por não oferecerem problemas a serem resolvidos, ou por não serem suficiente para explicar determinados fenômenos.

Embora Flôr e Souza (2006, p. 5) considerem que nos PCNEM não há uma referência direta as diversas abordagens da história das ciências, entendemos que nas entrelinhas abre-se espaço para o uso de uma visão externalista do desenvolvimento da ciência, pela qual se valorizam os fatores do contexto histórico-social que influenciam o trabalho de cientista em sua época. Conforme já indicamos os PCNEM propõem o uso da história da ciência no ensino, mas em outros trechos, também orientam para que se explicitem as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, como na competência expressa abaixo:

Entender a relação entre desenvolvimento de ciências naturais e o desenvolvimento tecnológico e associar as diferentes tecnologias aos problemas que se propuser e se propõe solucionar (Brasil, 1999, p. 217).

Daí então se pode depreender que, mesmo não sendo mencionada diretamente, o uso da abordagem externalista da história da ciência para o ensino encontra respaldo nos PCNEM. Como Pessoa Jr (1996) indica, no uso de uma história externalista o professor buscaria explicar como era a sociedade na época do desenvolvimento de uma teoria, ou de um descoberta científica, quais eram as necessidades tecnológicas, que tipos de problemas enfrentavam, por que tal país era o centro científico etc. Enfim, todo contexto cultural e social poderia ser apresentado ao aluno, com o intuito de leva-lo a compreender por que tal cientista tomou determinada atitude frente aos fatos que lhe foram apresentados.

Na esteira da moderna Historiografia da Ciência, os PCNEM, segundo Flôr e Souza

(2006, p. 6) mostram oposição à visão de “história dos vencedores”. Esta que é uma característica muito comum em nossos livros didáticos, nos quais encontramos somente os nomes dos “grandes expoentes” da ciência e de suas proezas. É uma visão da história que busca reconstruir os fatos de maneira a justificar o presente, é o que se chama de História Whigs⁶. De forma contrária a esta visão distorcia, os PCNEM propõe que se apresente a ciência como uma construção coletiva.

Estes avanços encontrados no corpo dos PCNEM encontram-se em consonância com outras reformas, o que indica sua coerência com as mudanças ocorridas no mundo em um perspectiva mais ampla. Mathews (1995) indica que o Conselho do Currículo Nacional (NCC)⁷, da Grã-bretanha, e o Projeto 2061, da Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS)⁸, em consequência da reaproximação dos estudos relativos a História e a Filosofia da Ciência com o ensino de ciências, apontam para uma articulação entre a História da Ciência e os conteúdos a serem ministrados, de forma a se despertar nos alunos um percepção crítica de como se dá a construção do conhecimento científico. Uma menção a esse respeito encontra-se explicita no texto do NCC:

os estudantes devem desenvolver seu conhecimento e entendimento sobre como o pensamento científico mudou através do tempo e como a natureza desse pensamento e sua utilização são afetados pelos contextos sociais, morais, espirituais e culturais em cujo seio se desenvolveram (NCC, 1988, p. 113, apud. Matthews, 1995)”

Esta visão parece ser a mesma encontrada nos PCNEM. Na discussão relativa a nova forma com deve ser encarado o novo ensino de Química afirma-se o seguinte:

a história da química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e retrocessos (MEC, 1999, p. 240).

⁶ O termo designa um tipo reconstrução histórica, que busca no passado somente fatos que ajudem a corroborar uma visão de mundo aceita no presente, deixando de lado outros que possam contrariar esta mesma visão. Originalmente a palavra se referia aos liberais ingleses, os quais faziam oposição aos conservadores (tories) considerados escravocratas. No século XIX muitos historiadores produziram relatos considerando a conquista da liberdade como uma construção cumulativa que se iniciava na Carta Magna de 1215 e se estendia até o século XVII, no qual os whig são considerados amantes da liberdade. (Lombardi, 1997, p. 345).

⁷ Sigla para a expressão inglesa “*National Council Curriculum*”.

⁸ Sigla para a expressão inglesa “*American Association for the Advancement of Science*”.

Para finalizar esta análise dos PCNEM destacamos que orientações nele contidas, no que diz respeito ao uso da História da Ciência no ensino, estão de acordo com o apontado por Wang e Marsh (2002), para os quais existem dois vieses ideológicos nos documentos relativos às reformas curriculares estadunidenses. O primeiro diz respeito ao desenvolvimento do educando enquanto pessoa, na medida em que lhes fornece habilidades para desenvolverem seus próprios interesses. E ainda por que a história da ciência fornece ao estudante uma oportunidade de aprimoramento cultural. O segundo viés se refere à ênfase dada ao fato de que o ensino de ciência além de ser importante para o educando também o é para a sociedade. Estes vieses estão claramente definidos nos PCNEM (Brasil, 1999, p.208) quando eles estipulam que “o aprendizado deve contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla”.

Como se pode perceber a inserção da história da ciência nos currículos de ciência busca responder a uma demanda da sociedade. As recomendações para que as aulas de ciências sejam mais históricas são antigas, mas sua inclusão nos currículos só ocorreu recentemente. Motivaram-se pelas transformações ocorridas no mundo nas duas últimas décadas. Porém devemos acrescentar que as pesquisas sobre o ensino de ciência também têm um papel importante nesta nova valorização do uso da história da ciência no ensino.

3.4 Recomendações para o uso da História da Ciência

Uma revisão abrangente a respeito da relação entre a História e a Filosofia da Ciência (HFC) e educação foi feita por Matthews (1995). Neste artigo o referido autor busca analisar quais seriam as contribuições de uma abordagem que leve em consideração a história e a filosofia da ciência, além de citar os argumentos contrários ao seu uso. Hoje se encontra na

literatura uma série de propostas envolvendo abordagens que utilizam a História da Ciência. Abaixo apresentamos estas justificativas e as comentaremos a luz de outras pesquisas

a) A história promove uma melhor compreensão dos conceitos e métodos científicos;

De um lado, a História da Ciência pode enriquecer a apresentação do conhecimento científico. Os elementos ligados a História da Ciência podem fornecer dados que ajudem a justificar determinados conceitos, leis ou teorias. Por outro, estes mesmo elementos, podem ajudar a compreender os conceitos com sendo produto de um processo, e não apenas um produto que surge na forma acabada (Wang e Marsh, 2002, p. 174).

Ensinar um conceito sem lhe dar a devida fundamentação pode ser entendida como adestramento, ou como doutrinação. Certamente nenhum destes casos é o que se espera de uma educação voltada para formação de cidadãos críticos, tal como proposto nos PCNEM.

b) A abordagem histórica conecta o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das idéias científicas;

Worfmann (1996, p. 68) aponta que os estudos desenvolvidos por Garcia e Piaget são os mais importantes nesta linha que busca associar a história dos conceitos científicos com o desenvolvimento intelectual da criança. Aqueles dois autores encontram semelhanças entre o desenvolvimento da Física e da Psicogenética, de forma que postularam a existência de paralelos entre os conteúdos das noções e as etapas da psicogênese. Além do que, indicaram haver paralelismo entre os mecanismos de construção do conhecimento científico em si, e os mecanismos de construção do conhecimento pela criança.

Apesar das críticas e oposição que se fez a estas proposições, alguns trabalhos apontam que o uso da História da Ciência pode ajudar os alunos a superarem dificuldades no aprendizado de conceitos científicos. Como exemplo Mortimer (1995), aponta que as concepções alternativas dos alunos em relação a teoria atômica se assemelham as visões substancialistas de muitos filósofos antigos. Levando em conta que a teoria é de natureza

abstrata, indo muito além das percepções sensoriais, Mortimer propõe que a História da Ciência teria um papel fundamental para:

a eliminação, em sala de aula, de algumas dificuldades para a aceitação do atomismo, que envolve a superação de obstáculos como a descrença no vazio entre as partículas, não é questão a ser decidida pelas evidências empíricas, mas pela negociação, baseadas em argumentos racionais e no uso de exemplos da história das ciências (Mortimer, 1995, p. 25).

A História da Ciência entra assim como um mediador, tornando possível articular a dimensão simbólica do conhecimento com suas manifestações fenomenológicas. Como aponta Driver:

uma perspectiva social da aprendizagem em salas de aula reconhece que uma maneira importante de introduzir os iniciantes em uma comunidade de conhecimento é através do discurso no contexto de tarefas relevantes (Driver e colaboradores, 1999, p. 36).

Entendemos que a História da Ciência pode favorecer a produção deste discurso, e possibilitar o aluno apropriar-se do conhecimento científico.

c) História da Ciência é intrinsecamente motivadora. Importantes episódios da história da ciência e da cultura são conhecidos dos estudantes;

Como exemplo, podemos citar o uso das armas nucleares durante a Segunda Grande Guerra. O descobrimento da pólvora pelos chineses. A invenção do papiro pelos egípcios. As grandes navegações do período quinhentista. Todos são fatos históricos conhecidos dos estudantes e que envolveram de algum modo conhecimentos com os quais lida a ciência

d) A história é necessária para entender a natureza da ciência;

Como já comentamos no capítulo anterior um dos problemas relativos ao ensino de ciências consiste na dificuldade dos alunos em compreenderem a forma pela qual a ciência apreende o mundo. Muitos alunos (e professores) imaginam que as leis e teorias derivam da interpretação objetiva dos fatos. Baseados em uma concepção empirista ingênua, esquecem a interpretação destes é feita mediante conhecimentos pré-existentes. Assim, tomam o conhecimento científico como representação inequívoca do mundo cotidiano, e não atentam

que os objetos a que se a ciência se refere são construtos mentais que buscam explicar certas particularidades da realidade. E conforme Pietrocola (2001, p. 29) “o conhecimento científico produzido nos estudos sobre o mundo traduz uma forma de conhecer o mundo muito particular, revelando, assim, uma realidade diferente daquela acessível ao leigo”.

Para Matthews (1995), a abordagem histórica da ciência, ao apresentar períodos de controvérsias, pode ajudar os alunos a compreenderem que a ciência trabalha com idealizações do mundo real. Em suas palavras

a história e a filosofia da ciência pode dar as idealizações em ciência uma dimensão mais humana e compreensível e podem explica-las como artefatos dignos de serem apreciados por si mesmos (Matthews, 1995, p. 184).

Como exemplo Matthews cita a lei do isocronismo do pêndulo. Del Monte, que era patrono de Galileu, e descrito como exímio construtor de máquinas, baseado em observações empíricas, recusava-se em aceitar que pêndulos feitos com materiais diferentes podiam ter um mesmo período de oscilação. Galileu, que havia deduzido tal lei por meio de relações matemáticas, apontava que ela seria seguida apenas em condições ideais (desconsiderando a resistência do ar, perdas de energia na forma de calor etc). Para Del Monte isto não fazia sentido, a matemática para ele deveria descrever o mundo tal qual ele percebia.

Erduran e Duschl (2004) apontam que a História da Ciência também pode ajudar a superar o reducionismo relativo à filosofia da Química. Em geral os estudos relativos a natureza da ciência tem como modelo a Física. Postula-se que as outras ciências poderiam ter suas leis e teorias justificadas em termos dos princípios daquela ciência. Porém, estes autores (p. 111) apontam que apesar de haver certas semelhanças entre a Física e a Química, pois apresentam conceitos de caráter quantitativo e dinâmico, esta última dá grande ênfase, também, a classificações e a aspectos qualitativos da natureza, semelhantemente à Biologia. Neste sentido a História da Química, ao apresentar a evolução histórica de alguns modelos

usados por esta ciência pode permitir ao aluno compreender que a mesma valoriza aspectos que vão além da matematização.

e) A história contradiz o cientificismo e o dogmatismo presentes nos textos escolares;

A sociedade moderna passou a confiar na ciência com meio de solução de todos os problemas, incluindo miséria e a fome. A ciência é vista como panacéia para todos os males. Muitos, em nossa sociedade, imaginam que a cura de doenças como o câncer, a AIDS e outras tantas, é uma mera questão de tempo, bastando, para tanto, aguardar os avanços científicos que seguramente virão.

O ensino tradicional de ciências reforça esta ideologia. O conhecimento científico é apresentado como produto pronto e acabado. Seu processo de produção é omitido, e, por conseguinte, as dificuldades enfrentadas pelos cientistas para solução de determinados questões não são levadas a conhecimento. Conforme observa Moraes (2002, p. 21) “parece-nos que seria de extrema valia demonstrar sempre ao estudante que, sendo a ciência um produto humano, vem marcada das riquezas e das precariedades do homem”.

Ainda como observa:

não podemos ver na ciência apenas a fada benfazeja que nos proporciona o conforto no vestir e na habitação ... Ela pode ser- ou é- também uma bruxa malvada que programa grãos e animais que são fontes de alimentares da humanidade para se tornarem estéreis numa segunda reprodução. Essas duas figuras devem-se fazer presentes quando ensinamos ciências (Chassot, 1998-b, p. 85)

Um ensino mais crítico deveria levar as pessoas a se questionarem por que o investimento na produção de soja transgênica é muito superior aquele voltado a pesquisa da cura para doenças subtropicais, quando sabemos que a produção de alimentos atualmente já é suficiente para saciar a fome da população mundial.

Podemos dizer, então, que conhecimentos sobre a natureza da ciência são importantes para uma alfabetização científica, com vistas a levar os alunos a tomadas de decisões de forma consciente e responsável. Para tanto se faz necessário uma imersão numa cultura

científica que vá além da aquisição de pontos de vista sobre a natureza da ciência. Torna-se necessário superar visões estereotipadas da ciência que são assumidas de forma acrítica pelos professores, devido falta de reflexão. A História da Ciência pode auxiliar nesta superação fornecendo exemplos que se contrapõem a estas visões arraigadas nos professores e alunos, levando-os a refletirem sobre elas (Gil-Perez e Vilches , 2005).

f) A história, pelo exame da vida de cada cientista, em seu período, humaniza os objetos de estudos da ciência, tornando-os menos abstratos e mais envolventes;

Schwartz (1977) aponta que a abordagem histórica reconhece a imaginação como recurso da ciência. A imaginação, que é uma característica inegável de artistas brilhantes, também é indispensável ao trabalho do cientista. Os estudos de Thomas Edson sobre a eletricidade, e os experimentos de Lavoisier que levaram a derrocada da teoria da água como elemento químico, são exemplos claros da criatividade dos cientistas, e opõe-se francamente a idéia distorcida de que o trabalho científico seja mero fruto de deduções lógicas e matemáticas.

g) A história favorece a interdisciplinaridade.

A fragmentação do conhecimento que é uma marca da pesquisa moderna, e se expressa no nosso currículo através da divisão das ciências em disciplinas, pode ser superada pela abordagem histórica. Como ilustração fecunda da interação entre dois campos do saber, podemos citar o trabalho do casal Curie, que os levou a descoberta do Polônio. Marie Curie testou a radioatividade de uma série de minerais de tório e de urânio com bases em métodos vindos da Física, usando uma aparelhagem especialmente construída por seu marido Pierre Curie. Ao perceber que alguns minerais exibiam uma radioatividade bem maior que a dos compostos puros daqueles elementos, ela dispôs-se a isolar a impureza, que para ela seria um novo elemento químico. Para tanto usou os métodos analíticos da Química clássica, fazendo dissoluções, extrações, e sintetizando compostos.

Além desta possibilidade de se apresentar a interação entre conhecimentos para desenvolvimento de pesquisas Brito e colaboradores (2004, p. 289) argumentam que a História da Ciência e da Matemática apresenta situações pelas quais é possível verificar que a origem de muitos problemas, que foram motivação para o desenvolvimento de certas áreas de pesquisa, teve sua origem em campos distintos do saber, ou em situações práticas do dia-a-dia. Neste sentido estes autores apontam como exemplo que “o estudo sobre o cálculo de probabilidade nasceu, na Idade Média, juntamente com as empresas de seguro”. Na Química esta situação pode ser exemplificada pelo estudo das pilhas, que teve origem nos trabalhos de Galvani a respeito da eletricidade sobre os corpos de animais.

Podemos acrescentar a estas justificativas outra, indicada por Chassot (1998-a). Para ele, a História da Ciência seria um instrumento eficiente na oposição ao presenteísmo. Os jovens além de não conhecerem sua genealogia, desconhecem como era a realidade dos seus avôs. Acreditam que o passado é uma mera continuação do presente, para muitos a realidade vivida hoje não é muito diferente daquela da época de seus avôs. Em geral não consideram a que os novos materiais e as novas tecnologias são criações recentes, e que modificam nosso modo de vida em relação ao de nossos antepassados. Por conseguinte, a História da Ciência pode ser considerada uma forte contribuição para superar esta percepção distorcida da realidade, ao mostrar não só o contexto social em que viviam os cientistas, mas também as dificuldades técnicas que enfrentavam.

Por fim indicamos que a história da ciência pode contribuir para a análise da diversidade cultural.

O ensino de ciências atual, além de ser marcado pelo cientificismo, também carrega a marca do eurocentrismo. Como consequência outras formas de conhecimento, como a religião e os saberes populares são tomados como errados. E, ainda, conhecimentos como os dos indígenas, que têm fundamentação sobre outra lógica diferente daquela dos europeus, não são

considerados como válidos. Todavia a História da Ciência pode ajudar a superar esta distorção, ao identificar que por diversas vezes a origem do conhecimento científico esteve ligada a religião ou a mitologia (Brito e colaboradores, 2004, p. 289).

Do exposto, percebemos que o apoio ao uso da História da Ciência no ensino encontra-se explícito nos documentos oficiais, e surgem em resposta as mudanças ocorridas na sociedade com um todo. Esse novo contexto torna necessário um novo tipo de educação, na qual se passa a valorizar a ciência como elemento da cultura e como um saber necessário à formação de cidadãos atuantes.

Neste sentido, como aponta Matthews (1995), tão importante quanto aprender ciências é aprender sobre ciências. Esta compreensão sobre o que é a ciência envolve tanto reconhecer sua inserção em um contexto social, como também ter uma idéia de como é construído o conhecimento científico e em que ele se diferencia dos saberes cotidiano. O professor de ciência, que de fato esteja preocupado com a formação de seu aluno como cidadão, deve se propor a apresentar uma visão não reducionista deste campo do conhecimento humano.

Porém, levando em consideração que a dimensão fenomenológica dos processos químicos não pode ser deixada de lado, acreditamos que uma abordagem que envolva história da Química necessite estar associada ao uso da experimentação. Desta maneira no próximo capítulo trataremos do uso de experimentos no ensino de Química.

4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS.

Neste capítulo iremos abordar o papel que a experimentação pode desempenhar no ensino de ciências. Iniciaremos por um olhar histórico, buscando compreender como este recurso didático tem sido visto ao longo do tempo. Tentaremos indicar a quais objetivos e finalidades buscavam-se atingir pelo seu uso no ensino. Em seguida iremos apontar alguns elementos de uma reflexão crítica sobre o papel que pode ter o uso de experimentos nas aulas de ciências. Finalizaremos indicando alguns caminhos que almejam superar a críticas indicadas.

4.1 Apoio ao Uso da Experimentação no Ensino

As atividades experimentais no ensino de ciências são há muito tempo consideradas importantes. Os estatutos da Universidade de Coimbra no século XVIII já indicavam a necessidade do estudo da Química estar associado ao trabalho prático, pois:

Como as Lições Teóricas nesta Ciência [Química] não podem ser bem compreendidas, sem a prática delas; deverá o Professor (...) [dar] as Lições competentes de Prática no Laboratório; nas quais não fará dos seus Discípulos meros espectadores; mas sim os obrigará a trabalhar nas mesmas Experiências, para se formarem no gosto de observarem a Natureza; e de contribuírem por si mesmos ao adiantamento, e progresso nesta Ciência. A qual não se enriquece com sistemas vãos, e especulações ociosas, mas com descobrimentos reais, que não se acham doutro modo senão observando, experimentando e trabalhando. O Lente será por isso obrigado a dar por si mesmo aos seus discípulos exemplo do trabalho, e consciência, que se requerem no Observatório da Natureza. (Estatutos da Universidade de Coimbra, 1772, apud. Dias, 1998, p. 3)

Desta indicação do uso da experimentação fica latente a perspectiva empirista do conhecimento científico, que notadamente ganhava força naquela época. Daí a compreensão

de que o avanço da ciência deveria dar-se por meio da observação e da experimentação e não por “vãs especulações”. Esta visão, que toma a experiência como base para o conhecimento, foi por muito tempo orientadora da prática e do discurso de agentes ligados a educação em ciências e se estendeu ao longo de quase todo século XX. E de certo modo ainda esta latente no ideário dos professores.

Esta ênfase dada ao trabalho de laboratório no ensino de Química pode ser entendida, ainda, como uma resposta a uma necessidade do contexto sócio-econômico daquele momento. Portugal era uma nação possuidora de várias colônias, das quais extraia inúmeros produtos. Estes produtos eram tanto de origem mineral (ouro, prata, pedras preciosas, etc) como de origem vegetal (pau-brasil, açúcar), e demandavam um conhecimento técnico para sua obtenção. A esse respeito Chassot (1996) observou que nas recomendações para o ensino de Química em terras brasileiras, proferidas pelo Conde da Barca nos idos de 1817, propunha-se claramente uma abordagem que vinculasse o ensino desta ciência a aspectos utilitários. Os professores deveriam levar os estudantes a terem conhecimento de aspectos ligados a exploração de minas, produção de metais, e trabalho com alto-fornos. Além do que se ponderava pela necessidade de associar estes conhecimentos práticos com a devida fundamentação teórica.

Assim, tal como já afirmamos no capítulo anterior, a educação procura, em cada época, vincular seus objetivos as demandas de um contexto social mais amplo.

Todavia, devido a motivos históricos, no final do século XVIII houve um retrocesso em Portugal e as orientações para o ensino passaram a ser de cunho meramente livresco e orientado para uma retórica humanista.

Embora não seja nosso intuito fazer aqui um apanhado histórico detalhado do apoio ao uso da experimentação no ensino, consideramos importante observar que nas reformas educacionais propostas pelos governos do início de nossa república já havia referências ao uso

de tal recurso. Cabe notar também que estas reformas tiveram como princípio orientador a visão positivista da ciência, devido a influência da filosofia de Augusto Conte sobre a intelectualidade brasileira. Segundo Almeida Jr. (1980, p. 55), o Ministro da Instrução Benjamin Constant, na primeira reforma da educação, promulgada em 1890, propôs para o ensino médio um currículo que espelhava a ordem lógica proposta por aquele filósofo francês.

Um projeto de lei do Congresso Nacional de 1903 (apud Almeida Jr., 1980, p. 58) aponta para a necessidade dos Institutos Oficiais se equiparem com laboratórios e material adequado para aulas práticas de ciências. Esta necessidade de adaptações se fazia obrigatória para que tais institutos viessem a ser reconhecidos, podendo, desta forma, receber benesses equivalentes ao Ginásio Nacional (antigo Colégio de Pedro II).

Daí se pode constatar que, ao menos em discurso, os órgãos oficiais reconheciam a importância das aulas de Química integrarem atividades práticas.

Em uma outra lei de 1920, elaborada no governo de Washington Luiz, no que se referia a proposta metodológica para o ensino de ciência chega-se a indicar explicitamente que:

Nas escolas primárias o método natural do ensino é a instrução, a lição das coisas, o contato da inteligência com as realidades que se ensinam, mediante a observação e a experimentação, feitas pelos alunos e orientadas pelo professor. São expressamente banidas das escolas as tarefas de mera decoração, os processos que apelem exclusivamente para a memória verbal, a substituição das coisas e fatos pelos livros, que devem ser usados apenas como auxiliares de ensino (Art. 103 Lei Nº 1750 de 8 dezembro de 1920, apud Almeida Jr., 1980, p. 60).

Sabemos que estas manifestações a favor do uso da experimentação não foram inteiramente levadas a cabo, de maneira a se constituírem como realidade no sistema de ensino. Mas as consideramos como testemunhos do reconhecimento da importância deste recurso para as aulas de ciência. E lamentamos também que muitos dos problemas a que estas normas jurídicas buscavam se contrapor ainda se apresentam em nosso sistema de ensino.

Destes primeiros depoimentos podemos depreender, ainda, o reconhecimento de que o saber do Químico abarca ao menos dois pólos: um primeiro ligado aos fenômenos, a suas

manifestações concretas; e um outro ligado às teorias que buscam compreender estes mesmos fenômenos. Esta percepção é coerente como a visão moderna sobre o trabalho do Químico, conforme Chagas (1997, p. 18) “a atividade do químico é sempre uma interação entre esses dois aspectos complementares, interdependentes, dialéticos: o fazer e o pensar, a prática e a teoria”. Assim aprender Química implica tanto ter domínio de suas teorias, e simbologia, quanto conhecer os fenômenos a que eles se referem.

Por fim queremos apontar a possibilidade de inferir sobre a importância dada ao uso da experimentação no ensino, pelo relato de Nardi (2005, p. 4-8) relativo às primeiras atividades desenvolvidas pelo Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC). Durante a década de 40, este instituto buscou dar apoio para atividades escolares como feiras de ciências, museus e clubes de ciência. Durante os anos 50 buscou promover o desenvolvimento de kits para o ensino de Química, e Física. Tais kits tinham como objetivo permitir aos professores das escolas, do que hoje chamamos ensino básico, desenvolver atividades experimentais junto a seus alunos. Além disto, na década de 60, sobre as influências de eventos internacionais e com apoio de instituições estadunidenses, passou a produzir materiais didáticos fundamentados na proposta do método da descoberta. Estes materiais incluíam tanto os livros como a aparelhagem de laboratório necessária para o desenvolvimento das atividades práticas.

Deste apanhado histórico podemos compreender por que em geral os professores apontam a inclusão da experimentação como um dos elementos essenciais à superação da crise que vive o ensino de ciência. De um lado a Química ensinada nos cursos superiores, voltada para a formação de mão de obra especializada, demanda um conhecimento cuja vivência em laboratório é essencial. De outro lado o discurso oficial sempre apontou para esta necessidade. O ideário do professor forma-se então com esta percepção: de que o ensino de Química carece de mais experimentação.

4.2 Um olhar crítico sobre o uso da experimentação no ensino

Apesar desta reconhecida importância do uso da experimentação no ensino de ciências, algumas pesquisas têm buscado um posicionamento crítico em relação ao uso deste recurso. Este olhar mais acurado tem sido motivado pelos problemas enfrentados pelo ensino de ciência, tais como baixo desempenho dos alunos e desinteresse pelas carreiras científicas, como já apontado no segundo capítulo.

Hodson (1994, p. 300) indica que para um posicionamento crítico com relação ao uso da experimentação devemos procurar responder as cinco perguntas seguintes: a) o trabalho de laboratório motiva os alunos? b) o trabalho prático desenvolve nos alunos habilidades técnicas, e elas são importantes? c) o trabalho de laboratório é eficaz didaticamente? d) Trabalhando em laboratório qual deve ser a visão sobre ciências que os alunos adquirem? Estas perguntas são derivadas dos argumentos apontados pelos professores para o uso de atividades de laboratório. Este autor aponta que o trabalho tradicional, feito em laboratório, desenvolvido de forma não crítica, responde de forma inadequada a estas questões. Podemos resumir os argumentos apontados por este autor como segue:

a) Com relação a motivação, os trabalhos práticos estruturados a fim de atingir um objetivo bem definido, nos quais se pede aos alunos que sigam um roteiro pré-definido, não são apreciados pelos mesmos.

Este tipo de atividade experimental, que é muito comum nos cursos de graduação, é aplicado normalmente no ensino médio. Como neste nível de ensino os alunos estão na fase da adolescência esta metodologia parece ser tediosa, pois segundo Hodson (1994, p. 300) é o momento em que os mesmos procuram afirmar sua autonomia. Pelo contrário, argumenta o autor, são as atividades mais simples, que apresentam desafios cognitivos que motivam a participação dos alunos de todas as idades. Estes desafios devem ser elaborados de forma que

não se encontre uma resposta prontamente, mas que também não sejam tão difíceis que não se possa resolvê-los. Exemplos de atividades deste tipo são os experimentos desenvolvidos nas séries iniciais, nas quais, em geral, o professor provoca discussões a respeito dos fenômenos e permite aos alunos emitirem suas opiniões livremente.

Este autor ainda argumenta que este parece ser um ponto ignorado nos trabalhos relativos ao uso da experimentação no ensino, que em geral dão destaque a dimensão epistemológica que fundamenta o desenvolvimento das atividades.

b) A importância do desenvolvimento de habilidades técnicas só faz sentido se o objetivo consistir na formação de profissionais.

De fato as habilidades relativas ao uso de equipamentos são importantes para um bom desempenho profissional. Reconhecemos também que o desenvolvimento destas habilidades demanda a prática no uso de materiais, pois como indicado por Hofstein (2004, p. 250), ao relatar o resultado de um estudo desenvolvido em Israel na década de 70, a respeito de uma versão do programa Chemical Study Material (CHEMstudy), com 233 alunos da 10ª série, o conhecimento científico abrange uma dimensão estritamente cognitiva, que pode ser mensurada por questões de lápis e papel, e outra relacionada à habilidades práticas que implicam em: saber observar; executar rotinas de laboratório; e resolver problemas técnicos. Hofstein indica ainda que estas habilidades não podem ser desenvolvidas senão pela prática em laboratório.

Todavia, consideramos que essa ênfase no desenvolvimento de habilidades técnicas só se justifica quando se refere a formação de profissionais, como no caso dos químicos. Este tem a necessidade de resolver problemas de ordem prática, sendo o conhecimento técnico tão importante quanto o saber teórico. Na formação básica, porém, ela não se aplica, pois geralmente não sabemos que carreiras nossos alunos seguirão.

Assim, segundo Hodson (1994, p. 301), as atividades de laboratório que requeiram

habilidades técnicas mais refinadas devem ser desenvolvidas pelo professor. Não há a necessidade de gastar tempo e esforço orientando os alunos quanto a montagem de equipamentos complicados, ou na manipulação de instrumentos que requerem um manejo mais cuidadoso. Caso contrário o que se percebe é um desvio de esforço por parte dos alunos para algo que é secundário e que não vai influenciar na aquisição dos conceitos científicos.

O que Hodson propõe é que se busque ver a experimentação no ensino com outro olhar, apontando na direção de uma formação mais abrangente, superando-se o paradigma da profissionalização.

c) A eficácia didática das atividades experimentais não tem se mostrado superior a outras estratégias de ensino, no que se refere ao desenvolvimento de conceitos científicos.

Esta crítica, a nosso ver, pode ser mais bem dimensionada quando a compreendemos como uma oposição ao método da descoberta, que tinha a experimentação como elemento primordial do processo de ensino-aprendizagem. Devemos reconhecer o fato de que uma aula expositiva bem elaborada, ou um texto adequado ao nível dos alunos e com idéias devidamente articuladas, ou atividades práticas em que se utilizam computadores, assim como um vídeo bem explorado pelo professor são recursos valiosos para que este profissional desenvolva o seu trabalho.

Acreditamos que esta é uma questão que não foi bem colocada, pois quando os professores apontam a importância do uso da experimentação no ensino, se referem a necessidade de levar os alunos a vivenciarem os fenômenos. É sabido que as aulas de ciência em geral resumem-se a uma rotina na qual se enfatizam somente os elementos de natureza conceitual e representacional, deixando-se de lado a dimensão fenomenológica da realidade, conforme aponta Machado (1999, p. 159). O que se postula, portanto, não é a necessidade de uma metodologia que seja melhor que outra. Mas sim, que traga algum elemento cuja abordagem em uma aula tradicional de quadro e giz não é possível. Esta situação é

semelhante ao uso de simulações computacionais, que permitem simular realidades difíceis de demonstrar com desenhos bidimensionais, como por exemplo, as estruturas de proteínas, ou ainda sistemas cujas propriedades se relacionam ao movimento das partículas.

d) A visão sobre a natureza do conhecimento científico que tem fundamentado o uso de experimento nas aulas de ciência é a positivista.

Conforme Tunes e colaboradores (1999, p. 63), esta posição epistemológica, pela qual “se compreende o conhecimento como pronto, definitivo, que não se transforma nas relações sociais, que não tem historicidade” explica a ênfase dada pelos professores à idéia de que com o experimento pode-se comprovar a teoria dada em sala de aula.

Além disto, e ainda como consequência da visão de que o conhecimento brota dos dados extraídos do laboratório, é dada grande ênfase ao conhecimento procedimental, valorizando-se sobremaneira as habilidades de observar, fazer registros, e elaborar relatórios. Assim ficam em segundo plano a reflexão e o desenvolvimento de conceitos científicos. O ensino de ciência teria como finalidade principal ensinar como os cientistas trabalham.

Segundo Millar e Driver (1989) as abordagens de ensino que postulam a possibilidade de desenvolver nos alunos habilidades ligadas a um método científico, quando fundamentadas no positivismo, enganam-se por imaginar a existência de um único método geral, e infalível, aplicável a qualquer campo da ciência. Além disto, estas abordagens não atentam para o fato de que a maior parte das habilidades listadas como necessárias a aplicação do método, e que justificariam a ênfase nos estudos dos processos da ciência, são corriqueiras em nosso dia-a-dia. Uma criança alfabetizada quando vai ao mercado sabe fazer observações, tanto quanto é capaz de anotá-las, assim o ensino de conteúdos procedimentais não pode ser entendido como justificativa para o ensino de ciência.

Silva e Zanon (2000, p.127) apontam que a ênfase nos procedimentos da ciência também pode ser considerada insustentável, porque para o ensino de processos cognitivos

como observação, classificação ou elaboração de hipóteses é necessário um contexto que dê significado a estas atividades, elas não podem ser aprendidas de forma meramente abstrata.

Em linhas gerais, o que se percebe é que as críticas feitas ao uso da experimentação no ensino de ciência são da mesma ordem daquelas que já fizemos sobre alguns aspectos relacionados ao ensino tradicional, e em específico ao método da descoberta. Tais características por certo tempo justificaram o abandono de estratégias que levassem em conta elementos mais humanos, como a História da Ciência. A visão sobre experimentação prevalente no ideário dos professores reflete uma visão dogmática de ciência, calcada no positivismo, em que se atribui aos experimentos a capacidade de comprovar a teoria, elevando o conhecimento científico ao status de verdade incontestável. Esta visão também pode ser sentida nos livros didáticos, pois como apontam Niaz e Rodrigues (2000) ao relatarem resultado de uma pesquisa sobre livros didáticos estadunidenses de Química, editados no período entre 1970 e 1992, o discurso encontrado neste recurso didático não só ignora o desenvolvimento histórico das ciências como também apresenta as descobertas científicas como uma “retórica de conclusões”, pois valorizam apenas o produto final. Lembremos que resultado semelhante foi apontado por Schnetzler (1978) ao analisar livros brasileiros editados durante a década de 1970.

Em síntese o que se questiona na verdade é toda uma abordagem pedagógica, que buscou refletir os valores e conceitos de uma época. Sendo a experimentação apenas um recurso de ensino será orientada por estes valores. Assim se queremos imprimir um novo olhar a experimentação, devemos analisar cuidadosamente a que fins desejamos atingir com a educação.

Ressaltamos que este tipo de crítica se estende, na verdade, a todas as outras disciplinas e a outros recursos de ensino. Por exemplo, Valente (2007), em um trabalho que discute a inserção dos computadores nas escolas, destaca que o uso da informática como

recurso didático tem sido orientado pelo paradigma instrucionista, dando ênfase à transmissão de conteúdos. As disciplinas em geral, mesmo dispondo de novas condições materiais, continuam sendo trabalhadas em uma perspectiva reduzida ao treino de técnicas de solução de problemas descontextualizados. O estudo das notações tem um espaço maior do que os processos de construção do conhecimento, como consequência, mesmo que paradoxalmente, a própria aquisição do conhecimento pelo aluno fica prejudicada. A Matemática, neste sentido, parece ser um caso exemplar, pois em seu ensino:

A notação se tornou objeto de estudo. Com isso a matemática deixa de exercitar o raciocínio para valorizar o ensino da notação que o matemático usa para expressar o raciocínio. Assim, o aluno adquire técnicas de como resolver uma equação do primeiro ou do segundo grau e nunca o processo de "fazer matemática", ou seja, pensar sobre um problema, cuja solução pode ser expressa segundo uma equação matemática e resolvida através da técnica de resolução de equações. Ao aluno só é fornecida a segunda parte do processo (Valente, 2007, p.9).

O mesmo ocorre com o ensino de Química. Nas aulas teóricas perde-se muito tempo com treinamento no uso de equações, entediam-se os alunos com a exigência de memorização de símbolos, de nomes de compostos e de formulas químicas completamente distantes de suas realidades.

Assim para superar as limitações apresentadas no uso da experimentação, é necessário repensar o ensino de Química com base em parâmetros que se distanciem dos fundamentos da escola tradicional, e situá-lo em um novo contexto em que se vise uma formação mais abrangente, e não somente a formação profissional.

4.3 Uso didático da experimentação

As propostas de ensino de ciência, que consideram a experimentação em uma perspectiva que supera os problemas anteriormente apontados, procuram ressaltar a importância da interação entre saberes teóricos e práticos. Estas propostas, segundo Silva e

Zanon (2000, p. 134) fundamentam-se em uma forma “diferente de conceber, ensinar e aprender ciência”. Busca-se valorizar o que o aluno já sabe ao invés de desprezá-los, ou de buscar descartá-los. A idéia é a de que se procure levar o aluno a refletir sobre suas representações de mundo, de maneira que possam ampliá-las quando perceberem as limitações explicativas das mesmas.

Neste sentido Silva e Zannon (2000, p. 142) ainda destacam a importância do papel do professor como elemento dinamizador capaz de levar os alunos a elaborarem explicações para os fenômenos explorados nas atividades de maneira a se aproximarem daquelas propostas pela ciência. Conforme Galiuzzi e Gonçalves (2004, p.329) este processo de intermediação deve ocorrer de forma dialógica no qual as vozes dos diversos grupos devem ser ouvidas, e que se busque enriquecer os argumentos oferecidos por meio da inclusão de outros interlocutores, tanto teóricos como práticos. Como consequência tem-se um reforço do caráter social da ciência, e uma ruptura com imagem do experimento como fonte objetiva do saber.

Pretende-se que as atividades experimentais se integrem ao processo de ensino de uma forma que valorize a reflexão. Hodson (1994, p. 307) indica que, embora as atividades práticas em laboratório demandem muito tempo para sua realização, efetivamente pouco se destina a compreensão do objetivo real para o qual o professor a planejou. É decepcionante perceber que, por exemplo, os estudantes dão pouca atenção a tarefas de reflexão anteriores a prática, tendo como consequência a perda do valor pedagógico da atividade desenvolvida no laboratório, já que os alunos acabam por não compreender o que fazem, e nem a que objetivos atenderão os dados obtidos pelos experimentos. Desta forma, ainda conforme Hodson (1994, p. 306), é importante que os alunos tenham uma base teórica que permita compreender o que se vê, levando-os a selecionarem os dados que são de fato necessários a compreensão do problema que se quer discutir. Lembremos que, de acordo com Bachelard (1996), conhecimento é resolução de problemas. Se na atividade experimental não há uma questão

bem delimitada a esclarecer pouco proveito, certamente, poderemos obter dela. Além disto, devemos ressaltar que, conforme Saviani (2006, p. 47), um problema só pode ser reconhecido como tal quando temos uma percepção da realidade com a qual se possa confrontar uma determinada situação discrepante, em suas palavras “o desconhecido só se define pelo confronto pelo conhecido”.

Uma proposta metodológica que visa superar as dificuldades apontadas, e que leva em consideração a epistemologia de Bachelard, é descrita por Gil-Perez (1993) como tratamento de situações problemáticas abertas. Esta abordagem opõe-se ao método da descoberta, pois é notório que o aluno sozinho não vai descobrir os conceitos centrais da ciência, que levaram anos para serem desenvolvidos. Opõe-se também aos métodos tradicionais, que centrados no produto final desconsideram o processo pelo qual o conhecimento foi produzido. Pelo contrário, esta proposta, segundo, Gil-Perez (1993) leva em consideração o valor do trabalho coletivo desenvolvido pelos alunos, pois isto seria semelhante ao trabalho dos cientistas que raramente trabalham isolados, e têm sempre o produto de suas pesquisas avaliado pelos seus pares. Este autor ainda destaca a importância do papel do professor como orientador do trabalho dos alunos. Neste sentido indica-se que a abordagem por tratamento de situações problemáticas abertas pode ser entendida por meio da metáfora do investigador novato, que segundo Gil-Perez pode ser descrita como segue:

A investigação dirigida em domínios perfeitamente conhecidos pelo “diretor de investigação” (professor) na qual os resultados parciais, embrionários, obtidos pelos alunos podem ser, matizados ou postos em questão pelos obtidos pelos cientistas que os precederam. Não se trata, pois, de enganar os alunos de fazê-los crer que os conhecimentos se constroem com a aparente facilidade com que eles (os alunos) os adquirem, senão colocar-lhes em uma situação pela qual os cientista habitualmente passam durante sua formação, e durante a qual poderão familiarizar-se minimamente com o que é um trabalho científico e seus resultados, replicando para si investigações já realizados por outros, abordando, em definitivo, problemas conhecidos por quem dirige seu trabalho (Gil-Perez, 1993, p.204).

Assim o papel do professor seria o de levar os alunos a adentrarem na cultura científica, apropriando-se não só do produto final, mas também do processo pelo quais os

conhecimentos são desenvolvidos. O professor, compreendido como o membro mais experiente, como um porta-voz de muitos outros grupos de pesquisa, pode ajudar os alunos a perceberem suas descobertas, ou as incongruências de suas idéias.

Inicialmente esta proposta pode parecer uma retomada sofisticada do método da descoberta, pois volta a considerar a questão de se levar o aluno a vivenciar o método científico. Todavia devemos ressaltar que a proposta epistemológica é diferente, tem outro matiz. O método da descoberta sustentava-se no empirismo e como consequência leva os alunos a desenvolverem uma visão distorcida da ciência, como sendo esta de natureza: a-teórica, algorítmica; a-histórica; exclusivamente analítica; individualista e elitista. O tratamento de situações abertas considera que o desenvolvimento da ciência é uma construção coletiva, sendo imprescindível a interação entre indivíduos e entre grupos.

Silva e Nuñez (2002) destacam a importância do uso da experimentação e a forma como a mesma deve se apresentar na abordagem por problemas abertos, para estes autores:

Por meio de experimentos, a atividade experimental pode converter-se numa atividade cognoscitiva criadora e, para isso não se devem utilizar tarefas reprodutivas, mas investigativas e produtivas nas quais possam ser construídos e empregados os conhecimentos assimilados. Nesse sentido, a aprendizagem a partir de problemas pode ser um dos meios importantes para desenvolver as potencialidades criativas dos alunos, como também pode ser considerada uma estratégia que mobiliza os conhecimentos e habilidades dos alunos, na relação teoria e prática, baseada na aplicação de problemas relativos a seus interesses quanto ao contexto (Silva e Nuñez, 2002, p. 1199)

Desta forma podemos compreender que a abordagem por problemas abertos pode consistir numa metodologia capaz de trazer à baila elementos descartados pela abordagem do método da descoberta, e por outras atividades que ocorrem na escola de forma irrefletida. Pode-se levar o aluno a compreender que na ciência, tanto quanto na arte, a criatividade é uma habilidade fundamental. O aluno pode perceber também que na ciência os conhecimentos práticos e teóricos se relacionam de forma mútua, não tendo um precedência sobre o outro.

Esta forma crítica de compreender o papel da experimentação, que supera o empirismo ingênuo, pode, segundo Silva e Zanon (2000, p. 136), ser vista um caminho para

articular, em sala de aula os três níveis do conhecimento químico, a citar: a) fenomenológico; b) teórico ou de modelos; c) representacional.

Estes três níveis, conforme Machado (1999, p. 155- 175), são formas de classificar o conhecimento químico a respeito do mundo. Ao nível fenomenológico associam-se as observações macroscópicas acessíveis aos nossos sentidos, ou ainda aquelas percebidas por uso de instrumentos. Ao nível teórico associam-se as interpretações que damos aos fenômenos, que no caso da Química implica em fazer referência a natureza corpuscular da matéria. As explicações em Química envolvem falar de átomos e moléculas, além de suas interações. Assim, o nível teórico associa-se a dimensão microscópica da natureza. Os símbolos, fórmulas e equações químicas associam-se a dimensão representacional. Por meio deles são descritas as transformações da matéria, indicam-se as substâncias contidas em um sistema, e os átomos com os quais seus constituintes são formados.

Mortimer e colaboradores (2000) apontam que estes três níveis do conhecimento químico devem ser tratados em sala de aula igualmente, pois a produção do conhecimento em ciências é resultado da articulação dinâmica entre eles. Ou seja, não há primazia do experimental sobre o teórico como propõe o empirismo. Ou do representacional sobre os demais, como poder-se-ia inferir da abordagem tradicional que enfatiza a memorização.

Neste sentido uma abordagem para o ensino de Química que vise superar as dificuldades apresentadas ao longo deste trabalho deve, naturalmente, incluir uma proposta de experimentação que leve em consideração a articulação entre estas três dimensões do conhecimento Químico. Pelo contrário, de acordo com Silva e Zanon (2000, p. 136) pode-se correr o risco de levar o aluno a ver as representações dos fenômenos como sendo o próprio fenômeno.

5 METODOLOGIA

5.1 A construção do Módulo de Ensino

Tendo em vista a discussão feita anteriormente procuramos produzir um material de ensino que permitisse tratar dos conceitos ligados a Química Orgânica, mas que superasse os problemas encontrados nos materiais tradicionais. O material produzido consiste em um módulo de ensino que aborda o tema: História e Química dos Corantes.

Nossa opção pelo tema corantes teve como motivação o fato de que estes materiais são utilizados pelos seres humanos desde a pré-história com fins simbólicos. Além do valor imaterial que carregam os corantes também foram, e continuam sendo, importantes do ponto de vista comercial, fazendo parte da pauta de exportação de muitos países. Em termos didáticos também consideramos que a cor, enquanto propriedade macroscópica dos materiais, seja um elemento motivacional muito importante, e que possibilite a discussão de muitos conceitos ligados a Química Orgânica.

O módulo consiste em um texto e um conjunto de 8 experimentos. O texto está dividido em três capítulos. No primeiro apresentamos alguns corantes que tiveram importância histórica. Os corantes aos quais demos destaque foram: a garança; o índigo; a púrpura do tiro, o pau-brasil; e o urucum. Neste primeiro capítulo também discutimos o processo que envolveu a produção dos primeiros corantes sintéticos e o impacto que esta descoberta gerou sobre toda a cadeia produtiva.

Nossa principal intenção neste primeiro capítulo foi a de apresentar o tema aos alunos, levando-os a perceberem como os corantes são importante para a humanidade.

No bojo do texto procuramos apresentar as fórmulas de cada corante citado, de maneira que os alunos venham a se habituar às mesmas. Estas fórmulas podem ser exploradas pelo professor para tratar com seus alunos conceitos como: tipos de ligações do carbono; cadeias carbônicas; geometria molecular.

No segundo capítulo apresentamos um estudo sobre o processo de tinturaria. Nele tratamos da constituição dos tecidos, e dos processos de interação dos corantes com as fibras têxteis. O professor, partindo do estudo do capítulo, poderá explorar os conceitos de polímeros, ligações iônicas e covalentes, interações intermoleculares, reações orgânicas de adição e substituição..

O capítulo três tem como foco a formação das cores. Nosso intuito foi o levar o aluno a ter um entendimento mais aprofundado de como este fenômeno é produzido. Assim apresentamos um breve estudo sobre a natureza da luz, abordamos o processo fisiológico de percepção das cores além de tecer considerações sobre a de interação da luz com a matéria.

Nos capítulos dois e três procuramos fazer um tratamento mais aprofundado dos conceitos científicos relacionados aos corantes, todavia não deixamos de incluir elementos históricos nos mesmos. Ao falar sobre os tecidos fizemos alguns comentários a respeito do uso destes materiais pela humanidade. Ao abordar a natureza da luz, no capítulo três, fizemos um relato de como este conceito evoluiu desde os antigos gregos até chegar às idéias de Maxwell.

Na produção do texto objetivamos atender algumas das características apontadas pela literatura quanto à importância do uso da História da Ciência no ensino. Na tabela 1 (abaixo) indicamos alguns trechos do módulo que correspondem a certos aspectos inerentes ao uso da História da Ciência no ensino, tal como apontado por Matthews (1995).

Tabela 1. Argumentos para uso da história da ciência com exemplos extraídos do módulo de ensino.

Argumentos para o uso da História da Ciência segundo Matthews (1995)	Fragmentsos do módulo de ensino
A História promove uma melhor compreensão dos conceitos científicos	<i>O escritor e pintor Goethe (1749-1832), já havia observado este efeito de interação entre as cores no século início do século XIX. Ao apreciar uma paisagem ele percebera que: “durante o dia, devido aos tons amarelados, as sombras tendem a ser tornar violetas... ao pôr-do-sol, quando seus raios difusos são do mais bonito vermelho, a cor das sombras torna-se verde”.</i>
A abordagem histórica conecta o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das idéias científicas	<i>Uma teoria existente na antiguidade defendia a idéia dos raios da visão. O olho emanaria determinados raios que em contato com os objetos trariam sua forma. Esta teoria era defendida ardorosamente por Pitágoras de Samos. Embora apresentasse algumas dificuldades, como, por exemplo, não explicar por que não enxergamos no escuro, ela trouxe certo avanço para compreensão da visão.</i>
A História da Ciência é intrinsecamente motivadora. Importantes episódios da história da ciência e da cultura são conhecidos dos estudantes	<i>Com a descoberta da América os europeus passaram a ter uma nova fonte de matéria prima. Das terras brasileiras foram levadas toneladas de madeira de pau-brasil para serem processadas pelas tinturarias européias</i>
A História é necessária para entender a natureza da ciência	<i>Esta contenda sobre a natureza da luz, se ela seria uma onda ou formada por partículas, perdurou ainda por todo o século XIX e início do século XX. E, embora pareça estranho a primeira vista, hoje as duas concepções são aceitas como corretas. Com os trabalhos de Thomas Young, Fresnell e de Maxwell a visão de que a luz é um fenômeno ondulatório ganhou consistência. Com os trabalhos de Einstein e Marx Planck a concepção de que a luz seria formada por pequeníssimos corpúsculos deixou de ser refutada.</i>
A História, pelo exame da vida de cada cientista, em seu período, humaniza os objetos de estudos da ciência, tornando-os menos abstratos e mais envolventes.	<i>Chevreul foi convidado a resolver um problema na tradicional Manufatura de Gobelins, onde os artesãos haviam percebido que a cor dos corantes após estampagem nos tecidos não era a esperada.</i>

<p>A História contradiz o cientificismo e o dogmatismo presentes nos textos escolares.</p>	<p><i>O químico amador e professor Jean Henri Fabre foi o primeiro a conseguir extrair o princípio ativo da garança, a alizarina. Ao concentrá-lo e purificá-lo, com um processo barato e prático, o corante passou a ser utilizado diretamente nos tecidos. Fabre fundou uma fábrica na Provença para explorar este processo industrialmente. Assim que a fábrica entrou em pleno funcionamento, a alizarina foi obtida artificialmente, transformando totalmente a agricultura e a indústria nas regiões de Languedoc e Provença na França, que tinham como principal atividade a produção de garança.</i></p>
<p>A História da Ciência pode contribuir para a análise da diversidade cultural</p>	<p><i>O urucuzeiro (Bixa ollerana) é um arbusto da flora nacional. Dele os índios retiravam um corante avermelhado com o qual pintavam o corpo desde antes do descobrimento. Pero Vaz de Caminha em sua carta ao rei D. Manoel mencionou como os índios utilizavam este corante para tingir o corpo.</i></p>

Outro critério que orientou a produção do módulo foi a tentativa de superar a fragmentação do conhecimento químico. Ao trabalhar com o tema “corantes” buscamos retomar conceitos, que muitas vezes por falta de tempo, são trabalhados somente em outros momentos, que não no ensino de Química Orgânica. Estes conceitos se referem à solubilidade dos compostos, a formação de ligações químicas, as interações intermoleculares, aos processos de óxido-redução, ao estudo da atomística e a natureza da luz.

Entendendo que a experimentação é um recurso muito importante no ensino de ciências, tal como apontado por Silva e Zannon (2000), sugerimos a realização de oito experimentos. Estes estão associados aos conceitos abordados em cada capítulo. Porém permitem ir além do que é explorado no texto. Na tabela 2 listamos os experimentos propostos, indicando os objetivos e possíveis conteúdos a serem trabalhados a partir de cada um deles.

Tabela 2. Objetivos e conteúdos relativos aos experimentos do módulo de ensino.

Experimento	Objetivo	Conteúdos Envolvidos
1. Tingindo tecidos (p. 168).	Extrair corantes de fontes naturais e tingir tecidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Solubilidade; • Interações intermoleculares;
2. Corantes x Pigmentos (p.172).	Discutir a diferença entre materiais orgânicos e inorgânicos	<ul style="list-style-type: none"> • Ligações químicas; • Reações de combustão;
3. Desbotando a calça jeans (p. 175).	Discutir o processo de alvejamento de tecidos jeans.	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidação de compostos orgânicos; • Solubilidade.
4. Colorindo com o índigo (p. 177).	Discutir o processo de tinturaria de tecidos jeans.	<ul style="list-style-type: none"> • Solubilidade; • Interações intermoleculares; • Reações orgânicas; • Conjugação de ligações duplas;
5. Descolorindo com a eletricidade (p.180).	Discutir a produção do hipoclorito de sódio e sua ação sobre os corantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Reações eletrolíticas; • Reações de oxidação de duplas ligações; • Efeito do pH sobre os grupos funcionais.
6. As cores dos objetos (p. 183).	Discutir o processo de formação das cores	<ul style="list-style-type: none"> • Espectro da luz visível; • Absorção de luz pela matéria; • Formação das cores.
7. A luz e os corantes (p. 186).	Discutir a ação dos filtros de luz e dos corantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Espectro da luz visível; • Absorção de luz pela matéria; • Formação das cores
8. Ultravioleta a cor Invisível (p. 190).	Discutir o processo de absorção e emissão de energia luminosa pela matéria.	<ul style="list-style-type: none"> • Espectro de radiação eletromagnética; • Interação Luz x Matéria.

Os experimentos 1 e 2 (p. 168 e 172) estão relacionados com o primeiro capítulo do texto. Com a realização do experimento “Tingindo Tecidos” pretendemos que os alunos vivenciem o processo de tinturaria, de maneira que obtenham um referente ao qual possam associar muitos dos conceitos abordados durante a leitura do texto. O experimento 2 chama a atenção para a constituição dos compostos orgânicos. Com ele o professor poderá discutir reações de combustão, estabilidade dos compostos e tipos de ligações químicas.

Com os experimentos 3 e 4 (p. 175 e 177) o professor poderá explorar os conceitos de solubilidade, reações de óxido-redução no âmbito da Química Orgânica. Estas duas atividades buscam se relacionar com o capítulo dois, pois permite a discussão da classificação dos tipos de corantes, tendo em vista que o índigo é um corante de tina⁹.

Os demais experimentos estão relacionados com o terceiro capítulo. O experimento 5 (p. 180) implica na discussão do papel das conjugações de duplas ligações na formação da cor. Ele também permite discutir a ação do hipoclorito de sódio sobre as substâncias corantes, e ainda o processo de eletrólise. Os experimentos 6, 7 (p.183 e 186) visam discutir a relação entre o processo de absorção de luz e de formação das cores. No experimento 8 (p. 190) tivemos como intuito resgatar o debate sobre o fenômeno de interação entre energia eletromagnética e a matéria.

A estrutura dos roteiros segue um padrão. Inicialmente fazemos uma pequena contextualização, a qual tem como finalidade interligar os experimentos com o texto e com questões do dia-a-dia do aluno. Segue-se uma lista dos materiais necessários à realização da referida prática e o passo-a-passo do procedimento. Apresentamos também uma lista de questões que podem orientar a discussão do professor junto aos alunos. Finalizamos o roteiro apresentando uma discussão sobre os resultados do experimento. Esta discussão esta dividida

⁹ A aplicação deste tipo de corante necessita do uso de agentes redutores que levam à formação de um produto solúvel, o qual posteriormente é regenerado por oxidação à forma não solúvel.

em três momentos: a) observações macroscópicas; b) interpretações microscópicas; c) expressão representacional.

Ao indicar as observações microscópicas separadamente de suas interpretações teóricas, tivemos a intenção de levar o aluno a perceber que a ciência trabalha com uma descrição da realidade diferente daquela a que estamos acostumados no nosso cotidiano. Tal como apontado por Pietrocola (2001) o conhecimento científico trabalha com idealizações da realidade. Estas idealizações consistem em construtos teóricos que nos possibilitam ir além dos dados sensíveis, e nos permitem interligar fatos aparentemente desconexos, ao passo que as explicações de senso-comum limitam-se aquilo que é perceptível pelos sentidos. Imaginamos que ao separar nas discussões dos resultados os níveis do conhecimento químico estaremos dando condições aos alunos perceberem que a ciência trabalha fazendo recortes da realidade, para tornar mais precisas suas explicações.

Os experimentos não têm como objetivo comprovar os conceitos expostos ao longo do texto. Nossa proposta é a de que os mesmos, além de propiciarem a vivência dos fenômenos, sirvam para iniciar discussões que possibilitem buscar novos conhecimentos. Por exemplo, com o experimento “Descolorindo com a eletricidade” (nº 5) o professor pode levantar a seguinte questão, para ser pesquisada pelos alunos: *Por que a eletricidade não atua diretamente sobre os corantes, assim como faz com a água ou com o cloreto de sódio?* Observemos que esta não é uma questão tratada no corpo do texto. Todavia respondê-la implica em conseguir uma compreensão mais clara sobre o fenômeno.

Esta postura, de estar aberto ao questionamento, relaciona-se a uma visão da ciência que a toma como um processo de busca de resposta a problemas, tal como proposto por Bachelard (1996), e não como um conjunto de verdades prontas e acabadas.

O professor, conforme destaca Gil-Perez (1993), sendo o membro mais experiente dentro de seu grupo (que é a turma em que está atuando) poderá levantar estes

questionamentos que vão além do texto, caso os alunos não os percebam. Da mesma forma ele deve fomentar uma discussão para a busca de respostas, indicando possíveis caminhos para solucionar as questões que possam surgir. Neste sentido as discussões que apresentamos ao final de cada roteiro têm como objetivo, não somente ajudar o professor a compreender os experimentos, mas também dar-lhes condições de ir além do que foi exposto no texto.

Nossa intenção é de que estas atividades experimentais se integrem ao processo de ensino de uma forma que valorizem a reflexão, tal como apontado por Hodson (1994, p. 307). Como já observamos grande parte dos roteiros de atividades práticas se assemelham com receitas de bolo, tendo como objetivos apenas apresentar os fenômenos aos alunos. Neste tipo de atividade poder-se-ia imaginar que pela simples observação o aluno poderá induzir os conceitos científicos. Nossa intenção por, outro lado, é de que a realização dos experimentos resgate conceitos trabalhados em outros momentos e proporcione o surgimento de questionamentos para serem resolvidas em um segundo momento.

Um exemplo de experimento que imaginamos ser capaz de provocar a reflexão é o de número 6 (As cores dos objetos). A atividade é de simples realização, porém aluno terá que trabalhar bastante seu raciocínio para explicitar de forma coerente como as cores primárias (verde, vermelho e azul-violeta) se combinam para formar as demais. Imaginamos que neste processo a discussão entre os alunos será fundamental.

5.2 Avaliação do Módulo de Ensino

Para análise do material, buscamos selecionar professores graduados em Química, com uma experiência mínima de três anos em sala de aula e que já tivessem lecionado o conteúdo de Química Orgânica. Para tanto visitamos algumas escolas públicas do Distrito Federal, três na cidade satélite de Ceilândia e duas no Gama. Além das escolas públicas,

visitamos também uma instituição de ensino superior, situada no Gama, que ministrava o curso de Licenciatura em Química. Tanto nas escolas como na instituição de ensino superior, conversamos informalmente com cerca de nove professores. Oito comprometeram-se em realizar a leitura do módulo de ensino, porém apenas sete o fizeram.

A escolha das escolas se deu por conta da proximidade com nosso local de trabalho e de residência. Nossa visita a instituição de ensino superior se justificou pelo fato de que vários de seus professores já lecionaram em escola de ensino médio. Além disto, por conta da formação dos mesmos, acreditamos que eles poderiam fazer uma leitura mais rigorosa do material por nós produzido.

Depois do primeiro contato, entregamos uma cópia do módulo a cada professor que se dispôs a analisá-lo. Solicitamos a estes professores que lessem o material, a fim de tecerem comentários pertinentes aos seguintes pontos: a) viabilidade da aplicação da proposta em sala de aula; b) tipo de contribuição que o módulo poderá trazer ao ensino de Química; c) em que aspectos a proposta se diferencia da abordagem tradicional. Além disto, solicitamos a todos que apontassem as possíveis falhas contidas no material, juntamente com sugestões para sua melhoria.

Após quinze dias da entrega do módulo, realizamos uma entrevista semi-estruturada com cada um dos sete professores que o leram. Nossa opção por realizar este tipo de entrevista, ao invés da aplicação de um questionário, deu-se por conta da diferença de perfil de cada professor. Imaginamos que a forma como cada um se apropriaria do material poderia ter alguma diferença relevante, podendo ser omitida nas respostas de um questionário fechado. Laville e Dionne apontam que a entrevista semi-estruturada apresenta vantagem em relação ao uso de questionários quanto a sua organização, porque oferece maior amplitude que este pois:

não estando irremediavelmente presa a um questionário entregue a cada um dos interrogados, os entrevistados permitem-se, muitas vezes, explicitar alguns questões no curso da entrevista, reformula-las para atender às necessidades do entrevistado.

Muitas vezes, eles mudam a ordem das questões em função das respostas obtidas, a fim de assegurar mais coerência em sua troca com os interrogados (Laville e Dionne, 1999, p. 187).

O roteiro que orientou as entrevista consistia nas seguintes perguntas:

- 1) Para você, de que maneira a abordagem histórica apresentada no módulo de ensino pode contribuir para o ensino de Química Orgânica?
- 2) O texto apresentado é acessível aos alunos?
- 3) O que poderia ser melhorado no texto e nos roteiros de experimentos para facilitar o entendimento e aplicação do módulo?
- 4) Vocês consideram os experimentos de fácil implementação, ou vêem alguma dificuldade para aplica-los?
- 5) Você considera que os experimentos estão bem relacionados com o texto?
- 6) Em que sentido os experimentos propostos podem ajudar no ensino de Química Orgânica?
- 7) Você considera os conceitos abordados muito complexos para o nível dos alunos do terceiro ano?
- 8) Você acredita que o texto e os experimentos possam ajudar o aluno a compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade?
- 9) Para você qual a principal contribuição que o material apresentado traz para o ensino de Química Orgânica e em que ele se diferencia da abordagem tradicional?

Os professores convidados a avaliarem o material que elaboramos constituem um grupo cujos componentes têm um perfil variado. Quatro lecionam no ensino médio a mais de dez anos, os outros três tem experiência superior a 4 anos. Todos possuem graduação em Química, sendo que quatro fizeram mestrado. Com exceção dos professores E e F, todos

fizeram licenciatura em Química. Neste grupo 4 professores são do sexo masculino e 3 são do sexo feminino. Abaixo fazemos uma descrição mais detalhada de cada um dos professores.

O Professor A é Mestre em Ensino de Ciências, autora de livro didático e leciona aulas de Química para turmas do ensino médio. Sua experiência no ensino é de vinte anos.

O Professor B trabalha a três anos em uma escola particular no DF, onde leciona Química para alunos das três séries do ensino médio. Está concluindo sua graduação no final deste ano.

O Professor C leciona Química na rede pública de ensino do DF por quinze anos. Tendo já exercido o papel de coordenador em uma das escolas em que já trabalhou.

O Professor D é Mestre em Educação e licenciado em Química. Trabalha na rede particular de ensino lecionando Química para o ensino médio e disciplinas pedagógicas ligadas à licenciatura em Química. Sua experiência como professor é de vinte anos.

O Professor E é Mestre em Química Orgânica, hoje leciona disciplinas específicas ligadas à licenciatura em Química em uma instituição particular no DF, mas já trabalhou no ensino médio por doze anos.

O Professor F é Mestre em Engenharia Química, já lecionou Química no ensino médio por cinco anos. Hoje leciona disciplinas pedagógicas ligadas a licenciatura em Química.

O Professor G graduou-se há apenas um ano, mas já leciona Química a cerca de doze anos na rede particular de ensino do DF. Este professor, concomitantemente, já ministrou também aulas de ciências no ensino fundamental.

6 RESULTADO E DISCUSSÃO DA AVALIAÇÃO DO MÓDULO DE ENSINO

Antes de apresentarmos os resultados das respostas dos professores aos questionamentos, gostaríamos de adiantar que, pela fala de todos os professores, pôde-se perceber uma boa aceitação do módulo de ensino. Todos consideraram relevante o tema abordado, e mostraram-se contentes por terem tido acesso ao material.

Dentre os sete professores, três mostraram-se muito entusiasmados com o módulo de ensino. O professor B relatou que boa parte do conteúdo histórico era novidade para ele, e que fora importante ler o módulo. O professor G informou que o material poderia ajudá-lo a desenvolver a um trabalho interdisciplinar. Ele informou que os coordenadores em sua escola estão cobrando dos professores atividades nesta linha. O professor E apontou que o módulo poderia ajudá-lo a trabalhar numa ótica diferente do que ele tem feito até o momento, que é enfatizar a nomenclatura. Nas palavras deste professor:

Quando eu comecei a trabalhar isto aqui na faculdade, esta parte da espectroscopia, bateu a idéia de trabalhar para o ensino médio. Eu gostaria de trabalhar lá com os alunos do ensino médio a questão das cores, da absorção. Eles entenderiam melhor a idéia de átomo, por que tem aí estas teorias todas, transição de elétrons, e onde é que se vê isto na prática. O material aqui dá certinho com isso, aborda tudo, vai dá pro aluno compreender (Professor E).

Ele quis dizer que se estivesse no ensino médio usaria o material, por que coincide com uma necessidade percebida quando começou a lecionar para alunos da graduação. Este professor acrescentou ainda pela abordagem apresentada no módulo para o conteúdo de Química Orgânica o aluno poderia ver a ciência de outra forma, e ter mais interesse, e quem sabe até, buscar prosseguir os estudos nesta área.

Para nós, este é um relato relevante, pois a intenção do material não é o da formação de futuros profissionais da Química, mas o de dar condições ao aluno de compreender a sua realidade.

Esta afirmação do professor E, de que o material poderia contribuir para atrair futuros candidatos ao curso de Química, coincide com as críticas que fizemos sobre a abordagem tradicional, que focada na formação de cientista e nos conteúdos de ensino acabam sendo desestimulantes, e afastam os alunos das carreiras ligadas às ciências, por mais paradoxal que isto seja.

Outro relato que confirma o entusiasmo, por parte de alguns professores, foi o do professor G. De maneira informal, ele aplicou a primeira parte do módulo em duas turmas do 2º ano. Mas à frente faremos um relato das observações deste professor quanto à aplicação do material. No momento indicamos somente que os alunos, segundo o referido professor, gostaram da leitura e que ela suscitou um bom debate.

A seguir apresentamos o resultado das respostas dos professores aos questionamentos feitos durante a entrevista.

Primeiro questionamento

Ao perguntarmos aos professores: *para você, de que maneira, a abordagem histórica apresentada no módulo de ensino pode contribuir para o ensino de Química Orgânica?* Procuramos averiguar quais justificativas os professores poderiam extrair do material para justificar seu uso, e se estas justificativas se assemelham aquelas apontadas pela literatura.

Com relação à contribuição do uso da história dos corantes houve uma dispersão quanto aos aspectos pelos quais os professores consideraram o material positivo. Cada professor identificou uma justificativa para o uso da História da Ciência no ensino.

O professor E destacou a contextualização. Para ele o tema abordado fala da realidade próxima do aluno. Com isso conteúdo passaria a ser mais interessante e despertaria o interesse do aluno.

Os professores A e F deram destaque ao impacto que o conhecimento científico pode gerar sobre a sociedade. Falaram como a invenção dos corantes sintéticos influenciou a economia de vários países.

A possibilidade de desenvolver um trabalho interdisciplinar foi o que mais chamou a atenção do professor G. Segundo o mesmo, o uso do material implicaria na necessidade do diálogo entre os professores de várias disciplinas. Para ele a abordagem do conteúdo de Química apresentada no módulo pode ajudar o professor a resgatar seu respeito, porém agora não sendo baseada na autoridade imposta, mas na percepção por parte do aluno de que o professor é alguém que possui um conhecimento importante.

O professor D também considerou que o material pode propiciar uma abordagem interdisciplinar para o ensino da Química, tendo em vista o fato de que o texto aborda questões que vão além do conteúdo disciplinar.

O professor C considerou significativa a referência a fatos históricos já conhecidos dos alunos. Para ela, a citação de certas passagens da história, já conhecidas dos alunos, pode tornar a Química mais familiar.

Ressaltamos que essas características apontadas pelos professores como presentes no texto são as mesmas que Matthews (1995) aponta como justificativas para o uso da História da Ciência no ensino. Para este autor a História da Ciência é intrinsecamente motivadora porque episódios da História são conhecidos dos alunos, a História favorece a interdisciplinaridade por mostrar a interação entre diversas disciplinas do saber, a História da Ciência contradiz o cientificismo e o dogmatismo presentes nos textos escolares, pois mostra as relações entre ciência tecnologia e sociedade, dentre outros, como citado no capítulo dois.

Além destas justificativas para o uso da História o professor B considerou importante o material fazer referência ao nosso país, citando produtos naturais como o urucum e o pau-

brasil e mencionando o conhecimento de nossos indígenas. Em sua visão, isto poderia fazer com o aluno se identificasse mais com a ciência e despertasse o seu interesse pelo estudo.

Este relato coincidiu com o proposto por Brito e colaboradores (2004, p.289), para os quais a História da Ciência pode ajudar a superar o eurocentrismo, e mostrar que o conhecimento pode derivar de outras fontes que não apenas da ciência. Isto pode, por sua vez chamar a atenção do aluno, mostrando que o conhecimento que se estuda na escola não é tão distante de sua vida.

Segundo e terceiro questionamentos

Com as questões: *O texto apresentando é acessível aos alunos? O que poderia ser melhorado no texto e nos roteiros de experimentos para facilitar o entendimento e aplicação do módulo?* Buscamos averiguar se o nível com que o texto foi escrito é adequado aos alunos do ensino médio. E buscamos, também, recomendações para melhorar a qualidade do material.

Todos os sete professores apontaram que o primeiro capítulo seria o de mais fácil leitura pelos alunos, pois consiste em um relato histórico. Porém consideram que os capítulos dois e três irão demandar um tempo maior para leitura, uma vez que neles são abordados conceitos científicos em maior profundidade, implicando na necessidade de apoio do professor. Mas ressaltaram que o texto está de acordo com o nível dos alunos de terceiro ano, e que o mesmo se assemelha, em nível de complexidade, aos livros paradidáticos existentes no mercado.

Mesmo com o posicionamento favorável dos professores em relação ao texto, alguns deles ofereceram comentários no sentido de melhorar a compreensão durante a leitura.

O professor A apontou a necessidade de simplificar a linguagem em alguns pontos e de tornar alguns parágrafos menos extensos. Ela considerou que nas explicações sobre a natureza da luz tinha muita informação em poucos parágrafos, e recomendou que se fizessem parágrafos menores.

Para o professor A algumas palavras mais rebuscadas poderiam ser substituídas por outras mais conhecidas. Este professor apontou a necessidade de se fazer uma pequena introdução em cada capítulo, indicando com clareza o que é abordado em cada um. Além disto, indicou que seria interessante colocar algumas caixas de texto chamando atenção dos alunos para a realização dos experimentos.

O professor G apontou a necessidade de simplificar o texto de dois capítulos (o segundo e o terceiro). Para ele não seria necessário discutir detalhes conceituais tais como o de interações intermoleculares, ou aqueles relativos à da natureza da luz. Para ele uma explicação mais detalhada poderia ficar a cargo do professor.

Com relação a estas sugestões acatamos apenas a do professor A, em referência a necessidade de se indicar na introdução de cada capítulo o que seria abordado no mesmo. Contudo não substituímos as palavras indicadas por ele como rebuscadas, porque consideramos serem as mesmas de uso comum, talvez apenas desconhecidas para alguns alunos. Porém para nós uma das funções da educação é elevar o nível cultural dos estudantes, e isto implica em ampliar seu vocabulário. Com relação às chamadas para realização dos experimentos, acreditamos que seja melhor o professor indicar aos alunos o momento de executá-los, pois isto tem uma relação direta com o seu planejamento. O que fizemos foi incluir algumas orientações para o professor, dando a este uma sugestão de plano de ensino que poderá ser seguida, ou não.

Com relação aos comentários do professor G, consideramos que fazem sentido apenas a primeira vista. Porém, observamos que o nível explicativo dado aos conceitos de interação

molecular, e sobre a natureza da luz são equivalentes aqueles encontrados em livros didáticos existentes no mercado. A diferença, no texto apresentado, foi a intenção de contextualizar estes conceitos, apresentando-os em função de um problema específico: o estudo dos corantes.

Talvez o posicionamento do professor G possa ser entendido mais claramente se levarmos em conta o fato de que o mesmo imagina que o melhor momento para aplicar o material seria ao final do ano, quando todo conteúdo de Química já tivesse sido trabalhado. A nossa proposta, por outro lado, é a de que o material seja usado para ensinar o conteúdo de Química.

Esta nossa posição é referendada pela fala do professor F, pois segundo este o material:

Não, seria para leitura complementar. Eu não considero que um material paradidático seja complementar ao que é dado na escola. Essa é minha visão. Eu considero que é um material que não tem a estrutura de um livro didático, nele a organização do conteúdo é diferente. O conteúdo aparece de acordo com o tema (Professor F).

O professor F apontou a necessidade de inserir parágrafos explicando separadamente cada tipo de interação molecular. Ele considerou que a junção da explicação das formas de interação entre as moléculas com a classificação dos corantes em um mesmo parágrafo pode gerar dificuldade de entendimento.

O professor B apontou a necessidade de se colocar algumas figuras para ilustrar o texto, tais como: dos cientistas mencionados; de equipamentos antigos usados na tinturaria; e das fontes dos corantes naturais. Para este professor estas figuras podem ajudar a chamar a atenção do aluno sobre o tema estudado.

O professor E sugeriu que fosse introduzido um parágrafo explicando os diagramas de absorção apresentados no texto.

O professor C indicou a necessidade de se fazer um roteiro de leitura, apontando aos alunos quais são as idéias centrais do texto.

Nós concordamos com as sugestões dos professores B, E, e F. Fizemos as modificações recomendadas. Em resposta ao professor F, introduzimos uma seção explicando os tipos de interação entre corantes e fibras têxteis, e outra explicando a classificação dos corantes (páginas 152 a 156). Em resposta ao professor B introduzimos algumas figuras de caráter histórico (Fig.1, Fig. 2, Fig. 10 e Fig. 23). Em relação à sugestão do professor F fizemos uma nota de rodapé explicando o diagrama da figura 27 (página 162).

Com relação a sugestão do professor C, indicada acima, nós consideramos que a proposta de planejamento indicada ao professor pode contribuir com o estudo do texto, não sendo necessário um roteiro de estudo a parte. Pois não entendemos o módulo com sendo um material para leitura extraclasse. Seu estudo carece de orientação do professor.

Quarto questionamento

Ao perguntarmos aos professores se *eles consideravam os experimentos, de fácil implementação, ou viam alguma dificuldade para aplicá-los?* Tivemos a intenção de averiguar se os experimentos podem ser desenvolvidos mesmos em instituições de ensino com poucos recursos, pois caso contrário à aplicação do material poderia perder a consistência.

Todos os professores consideraram os experimentos exequíveis. Para eles o fato de os materiais indicados serem de fácil acesso torna atraente a realização dos experimentos, e pode inclusive motivar o professor a utilizar este recurso em sala de aula.

O professor C, por exemplo, ficou entusiasmado. Para ele os experimentos poderiam ser realizados até mesmo em sala de aula, o que possibilitaria superar uma dificuldade sua no

uso deste recurso. Ele considera estafante levar os alunos para o laboratório, pois as suas turmas são cheias e trabalhosas. Este professor ao se referir sobre os experimentos disse o que segue:

Estes daqui (apontando para os roteiros) já dá para usar em sala. Os do livro didático tradicional não dão para trabalhar, a não ser que tenha um professor de laboratório. Quem tem sete ou oito turmas como eu, não agüenta. E eu ainda tenho que dividir as turmas, ai tenho que ir dezesseis vezes ao laboratório. Os alunos exigem demais, é cansativo. Tem que ter muita força de vontade. Ai, fazendo em sala de aula fica mais simples (Professor C).

Para este professor, os experimentos propostos no módulo podem ser realizados em sala de aula, pois são simples de serem executados. Para ele este é um ponto positivo, já que diminuiria seu desgaste. Para ele isto seria um motivo a mais para que realizar as atividades práticas com seus alunos.

Apesar das considerações acima, algumas ponderações foram feitas. Os professores A e C consideraram que o experimento 4 (Colorindo com o índigo) carece de aparato especial, além do que não é tão fácil encontrar o corante no comércio.

Não concordamos inteiramente com esta observação, pois o equipamento necessário para tal prática consiste em um tubo de ensaio, uma lamparina e uma rolha com um furo. Consideramos que qualquer laboratório didático, por mais simples que seja, deva conter estes recursos. De qualquer maneira fizemos algumas sugestões no roteiro do experimento para auxiliar professores que tenham dificuldade em obter os referidos equipamentos – a lamparina pode ser substituída por uma vela e o tubo de ensaio por um frasco de remédio.

Quanto ao corante índigo, de fato não é comum encontrá-lo no mercado, porém já havíamos indicado um caminho alternativo: mergulhando pedaços de tecidos jeans (não desbotados) em uma solução de hidrossulfito de sódio é possível preparar uma mistura para tintura de outros tecidos, que é o objetivo da atividade. O hidrossulfito por sua vez pode ser encontrado em lojas de revelação de fotografias.

Este comentário dos professores A e C, por outro lado, pode ser visto como uma confirmação das condições precárias de nossas escolas. Como se pode depreender do trabalho de Almeida Jr. (1980) a falta de condições adequadas para o ensino de ciências é uma realidade em nossas que tem perdurado por toda a república. A falta de recursos mínimos acaba por desmotivar os professores a realizarem atividades práticas.

O professor F, por sua vez, considerou o experimento 7 (A luz e os corantes) difícil de realizar. Ele relatou que teria dificuldades para montar o espectroscópio, não por conta do roteiro, mas por considerar não ter habilidades para tal montagem.

Consideramos que um caminho para superar este problema seja buscar ajuda com um outro professor mais habilidoso para montar o equipamento. Possivelmente a interação com um professor de Física venha a ser interessante, já que este equipamento envolve conceitos daquela disciplina. Como o professor G bem observou, “a proposta envolve a interdisciplinaridade”, neste sentido a montagem do equipamento poderia ser uma atividade desenvolvida pelos alunos e orientada pelo professor de Física.

Por outro lado, o relato do professor F nos chama a atenção para as considerações de Hodson (1994). Para este autor a montagem de equipamentos pelos alunos, durante os experimentos, acaba muitas vezes tirando a atenção dos mesmos em relação ao objetivo planejado. Ora, se o próprio professor considerou a montagem como problemática, certamente muitos alunos também irão sentir o mesmo. Assim, o melhor caminho para realização desta prática é montar antecipadamente o equipamento, como de fato foi nossa sugestão.

No intuito de auxiliar professores que possam encontrar dificuldade em realizar a montagem do espectroscópio, semelhantemente ao professor F, inserimos no roteiro um número maior de figuras mostrando o passo-a-passo da montagem. Acreditamos que isto possa motivar a montagem deste equipamento mesmo por aqueles que sintam dificuldades em fazê-lo, visto que entendemos não ser tão complexo o nosso espectroscópio.

Quinto e sexto questionamento

Com as questões de número cinco e seis (*Você considera que os experimentos escolhidos estão bem relacionados com o texto? E, em que sentido os experimentos propostos podem ajudar no ensino de Química Orgânica?*), procuramos verificar se os experimentos propostos podem de fato contribuir na compreensão do tema abordado, e se eles permitiriam aos alunos perceberem que o conhecimento químico desdobra-se em suas três dimensões (macroscópica, microscópica, representacional).

Os sete professores concordaram que os experimentos propostos relacionam-se diretamente com o tema abordado permitindo trabalhar os conceitos expostos no texto de formas diversas. Quatro professores (A, E, F e G) apontaram que alguns experimentos permitem explorar outros conceitos que vão além do texto, tais como reações orgânicas, grupos funcionais e eletrólise.

Também foi consenso que a realização dos experimentos é imprescindível para a compreensão de muitos conceitos contidos no texto. O professor G, por exemplo, cita:

Olha quando eu peguei os experimentos bateu certinho, cada experimento dá para trabalhar o que tem no texto. Vai ficar mais fácil pro aluno entender muita coisa que ele leu. Por que tem coisa que o aluno não visualiza. (...) Por exemplo, o mordente: pra que ele serve? Ele nunca ouviu falar, aí vai estranhar quando ler. Se fizer o experimento vai melhorar o entendimento (Professor G).

Neste caso o professor está se referindo a necessidade de fazer o aluno vivenciar o fenômeno. Para ele esta vivência pode ajudar o aluno a compreender melhor o texto, pois quando da leitura do mesmo os termos não lhe seriam estranhos.

Neste sentido o experimento estaria fornecendo um conceito espontâneo para o aluno. E como discutimos anteriormente, segundo Vigotsky (2005) estes conceitos são fundamentais para o desenvolvimento dos conceitos científicos. Os conceitos espontâneos carregam a sensação da realidade vivida, enquanto os conceitos científicos correspondem às abstrações desta realidade.

A fala do professor F confirma estas observações, segundo o mesmo existem dois tipos de experimentos no material: os que contextualizam o tema; e os que exploram os conceitos. Em suas palavras:

Aqui tem dois tipos de experimentos, esse primeiro de tingir tecido é pra contextualizar. O das cores, aquele que o aluno vai entender as cores é pra explicar os conceitos. Cada um enfoca mais um aspecto. Ai o professor pode explorar de forma diferente cada um (Professor F).

Quando questionado sobre o significado do termo “contextualizar” o professor F explicitou dois sentidos diferentes. Para ele no primeiro aborda-se algo próximo da realidade do aluno. No segundo cria-se um referente com o qual o aluno vai estabelecer ligações com o que se apresenta no texto. Nas palavras deste professor:

o experimento contextualiza porque fala do tingimento de tecidos. Isto ta no dia-a-dia do aluno. Ele vai ver como é que faz. Vai saber como é que é tingir o tecido. Ai ele vai saber quando tiver lendo, não vai estranhar (Professor F).

Entendemos que é no segundo sentido que a fala deste professor se iguala a do professor G. O experimento pode trazer a dimensão fenomenológica ainda não vivenciada pelo aluno.

O que os professores F e G quiseram destacar foi a importância de se levar o aluno a ter contato com as diversas dimensões do conhecimento químico, tal qual apontado por Silva e Zanon (2000). Como já indicamos, estes autores consideram importante levar os alunos a reconhecerem que a Química busca descrever a realidade em três níveis: o macroscópico (fenomenológico); o microscópico (as teorias); e o representacional (os símbolos e fórmulas).

A importância de distinguir os três níveis do conhecimento químico também foi referendada pelos outros cinco professores, quando os mesmos fazem referência a discussão dos experimentos. Para eles debater os resultados separando as observações macroscópicas, das interpretações microscópicas e de suas representações pode tornar mais clara a compreensão dos conceitos envolvidos nos experimentos. Um comentário que expressa bem esta percepção é o do professor B:

Quando você parte diretamente de uma visão microscópica, falando logo de átomos moléculas, ele (o aluno) tem, realmente dificuldade. (...) Isto confunde demais, agora quando você pega a experimentação, você pega (diz): Olha, este aqui é o nosso produto formado. Esta é a cor que ele apresentou. Ai você vai lá e pega aquela parte do texto que explica sobre as cores, é ai que você vai apresentando a parte microscópica. Depois você escreve as fórmulas. Ele (o aluno) vai ver que palpável, é menos confuso (Professor B).

Os professores B e C apontaram que separar, na discussão dos experimentos, as dimensões do conhecimento químico também foi importante para que eles mesmos compreendessem os resultados mais claramente, e organizassem o próprio pensamento. Segue abaixo a fala dos dois professores:

Com relação a alguns livros didáticos que a gente vê com proposta de experimentos, a gente não entende bem, e mistura as coisas na explicação pro aluno. Ai fica confuso. Do jeito que ficou, está mais claro, eu entendi melhor (Professor B).

É, isso aqui (apontando para um roteiro de experimento na parte da discussão dos resultados) não é importante só para o aluno, é para o professor também. Para quem não tem contato com experimento é excelente. Quando você faz o experimento você tem determinada percepção, no caso você faz a análise, sai do visível para o que você não vê, não é? E assim seria a explicação. Ai eu posso explicar de uma forma melhor, desse jeito ajuda o professor (Professor C).

Como se pode perceber a forma como foram apresentados e discutidos os resultados dos experimentos pôde ajudar os professores a organizarem seus conceitos, e compreenderem com mais clareza as atividades propostas. De certa forma, segundo o professor C, isto pode ajudá-los a preparar suas aulas.

Sétimo questionamento

Com a questão de número sete (*Você considera os conceitos abordados muito complexos para o nível dos alunos de terceiro ano?*) tínhamos a intenção de verificar se o nível de complexidade dos conceitos abordados no módulo de ensino estaria adequado para os alunos do ensino médio. Esta questão tem uma natureza diferente da questão de número dois,

na qual procuramos verificar se a linguagem usada era acessível. Entendemos que vários conceitos científicos são difíceis de serem assimilados, mesmo quando expressos em linguagem clara, pois requerem grande quantidade de conhecimentos prévios, ou requerem um nível de abstração muito elevado.

Cinco professores consideraram que os conceitos científicos abordados no módulo estão de acordo com o nível dos alunos do terceiro ano, e que eles constam no programa de ensino do nível médio. Dois professores indicaram que teriam dificuldade em trabalhar alguns pontos abordados no material. A seguir indicamos suas ponderações.

O professor G considerou que trabalhar reações orgânicas seria difícil. Ele relatou ter tentado ensinar a seus alunos alguns esquemas de reações, mas disse não que teve sucesso.

Segundo ele:

No ano passado eu tinha uma turma muito boa. Eu falei pra eles: como vocês colaboram, eu vou avançar um pouco. E quando eu comecei com reações de adição eles falaram: não professor, vamos deixar este negócio ai de reação que ta muito complicado. (...) Pra eles (alunos) a Química orgânica que é de decorar ta no papo. Agora a parte de reação, o cara não vai pegar uma pronta. E ai tem a parte das probabilidades, tem que analisar as condições pra ver quanto vai gerar de cada um (produto) (Professor G).

Podemos constatar que a fala do professor G corresponde às críticas que reiteradamente fizemos ao ensino tradicional, focado na memorização e distante da realidade do aluno. O prisma pelo qual o professor G abordou a questão das reações orgânicas foi, como apontado por Fourez (2003), o da ciência dos laboratórios. Este professor ao trabalhar o tópico de reações orgânicas se referia aos problemas que os químicos vivem em sua prática profissional. Sua aula pode ser vista como um treinamento para esta prática. Talvez por isso sua experiência não tenha tido êxito. Aliás, como Cachapuz e colaboradores (2005) observam: o ensino de ciência voltado para formação de cientistas não tem tido muito sucesso em atrair atenção dos jovens para as carreiras ligadas à ciência.

A nossa proposta por outro lado é trabalhar a ciência do dia-a-dia. Não queremos que os alunos memorizem um algoritmo com o qual enquadrem questões já resolvidas.

Objetivamos fornecer ferramentas para que os alunos possam compreender os fenômenos que o cercam. Ao tratar das reações orgânicas estamos nos dirigindo aos problemas ligados a vida dos alunos, como por exemplo, o desbotamento da calça jeans.

Além deste tópico, reações orgânicas, os professores B e G consideraram que abordar a natureza ondulatória da luz seria muito complexo para os alunos. Para eles esse é um conceito muito abstrato e eles não teriam condições de trabalhá-lo com seus alunos.

Indicamos que nosso objetivo não era o de explicar em profundidade as propriedades da luz. Entendemos que este tópico pode requerer um estudo a parte, a ser desenvolvido pelo professor de Física de forma mais aprofundada. Talvez o nosso mérito, neste ponto, tenha sido o de suscitar um trabalho interdisciplinar. O que almejávamos era somente que o aluno soubesse que cada cor pode ser associada a um comprimento de onda.

Todavia, concordamos com os professores que a maneira como havíamos descrito a teoria ondulatória tinha ficado muito sucinta, sendo compreensível somente às pessoas que já conhecessem esta teoria. Neste, sentido buscamos ampliar o tópico sobre a natureza ondulatória da luz, explicamos o que são ondas mecânicas e eletromagnéticas, o conceito de comprimento de onda e de frequência. E fizemos uma analogia entre cor e som, por meio da qual associamos as cores de pequeno comprimento de onda (violeta e azul) com sons agudos e as cores com grande comprimento de onda (laranja e vermelho) com sons graves.

Ainda sobre a complexidade de certos conceitos, tal como apontado pelos professores B e G, consideramos importante citar a opinião do professor E. Para ele, determinados tópicos contidos no módulo podem ser abordados em grau de profundidade diferentes, dependendo da realidade de cada turma. Ou seja, a complexidade com que cada conceito poderá ser trabalhado vai depender das discussões que vierem a acontecer na aplicação do material.

Segundo este professor:

Dependendo da turma, da realidade que tiver trabalhando o professor vai ter que adaptar. Ele pode explorar mais, colocar outros exemplos, ou apenas citar rapidamente algumas passagens. Vai depender das perguntas dos alunos (Professor E).

Oitavo questionamento

Com a pergunta: *Você acredita que o texto e os experimentos possam ajudar o aluno a compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade?* Tínhamos como objetivo verificar se o módulo de ensino tem a potencialidade de levar o aluno a compreender as inter-relações mútuas entre sociedade, tecnologia e ciência. A justificativa para esta questão surgiu do fato de que uma das motivações para o uso da História da Ciência é sua potencialidade para apresentar a ciência integrada a um dado contexto social e tecnológico.

Os sete professores apontaram que o material apresentado pode ajudar o aluno a perceber que a ciência, a tecnologia e a sociedade podem exercer influências uma sobre as outras. Para eles o texto mostra que alguns fatos históricos foram influenciados por descobertas científicas. Todos indicaram que no primeiro capítulo este enfoque é mais evidente quando se descreve a competição entre as indústrias inglesas, francesas e alemãs. Dois professores (A e C) deram destaque também para o impacto da produção de corantes em laboratórios. Esses professores fizeram os seguintes comentários:

Olha, a produção da garança. Tinha uma cidade, ou região da França que dependia da produção desta planta. Ai veio a produção do corante na indústria. Fico pensando como é que ficou aquela gente. Podia explorar mais. Isso ai da para discutir muita coisa com os alunos sobre o impacto da ciência na sociedade (Professor A)

Esta passagem (no texto) sobre o índigo dá para explorar com os alunos a importância de um país dominar a tecnologia e a ciência. Qual foi o impacto da descoberta do índigo? A Índia perdeu mercado, deve ter gerado muito desemprego (Professor C).

Como se pode notar, o texto pode fomentar discussões que ultrapassem a mera transmissão de conteúdos estritamente ligados à da Química, levando os alunos a perceberem a influência que a ciência exerce sobre a sociedade. Com isso pode-se levar o aluno a desenvolver sua capacidade crítica. Como já destacamos este é um dos objetivos proposto pelos PCNEM (Brasil, p. 87-89, 2002), que propõem uma abordagem mais abrangente para o

ensino de ciências, que se contraponha a mera memorização de conteúdo, e possibilite ao aluno compreender não só como a química explica à natureza, mas também como esta ligada ao sistema produtivo, social e econômico.

Nono questionamento

Ao solicitarmos que os professores respondessem a questão: *Para você qual a principal contribuição que o material apresentado traz para o ensino de química orgânica e em que ele se diferencia da abordagem tradicional?* Tínhamos como intenção perscrutar em que sentido nosso módulo de ensino se diferencia dos materiais tradicionais

Os sete professores reiteraram suas opiniões citadas no questionamento 1. Para eles o material pode ajudar a humanizar a ciência, tornando-a mais próxima do aluno, pelos motivos citados no início do capítulo.

Além disto, quatro professores declararam que o módulo de ensino aborda conteúdos que normalmente não são discutidos por falta de tempo. Estes professores declararam que o conteúdo de Química Orgânica que exploram com os alunos se restringe ao estudo das estruturas das cadeias carbônicas, nomenclatura e grupos funcionais. Destes quatro, apenas um informou que aborda também as biomoléculas, descrevendo as suas propriedades. Para estes professores a possibilidade de discutir algumas reações orgânicas é um avanço, pois normalmente não conseguem chegar neste tópico.

Outra característica do material, que foi ressaltada por todos os professores relaciona-se a tendência do mesmo buscar superar a lógica da fragmentação do conhecimento. Os professores A, D, E e F reconheceram abertamente que na abordagem pretendida os conceitos de Química que são tratados somente nas séries anteriores são resgatados ao longo do texto e

dos experimentos. Dois comentários significativos a esse respeito foram dos professores D e E:

Ao explorar conteúdos de atomística, oxidação / redução e da Química Orgânica em um mesmo tema (corantes), esse material contribui também para a desfragmentação da química e, por extensão, do próprio conhecimento (Professor D).

Esse material vai ajudar a superar alguns paradigmas, eu consegui perceber funções, orgânicas, reações orgânicas, a interação com a Química Inorgânica. O material mostra que tudo é uma coisa só. Não existe isso de que a Química Orgânica e Inorgânica, aqui fica claro que tem relação (Professor E).

Os professores B, C e G não fizeram referência direta a esta característica, mas apontaram que os experimentos poderiam ser trabalhados em séries anteriores, bastando fazer algumas adaptações. Isto implica que o módulo de ensino, de uma forma ou de outra, busca integrar os vários conceitos da Química. Uma fala que mostra isto claramente foi do professor C que, mostrando o roteiro do experimento 2, fez o seguinte comentário:

O objetivo aqui é trabalhar com o terceiro ano, não é? Aqui tem experimento que pode adaptar para o segundo. Você vê a questão da polaridade. Você diz que usa água e outro solvente, o álcool. Isso aqui agente vê lá no segundo ano (Professor C).

Com relação a possibilidade de integração do conhecimento químico, queremos fazer um aparte. Observamos que alguns professores ainda percebem a relação entre os conteúdos de uma forma, digamos, linear. Os professores, B, C e G acreditam que seja necessário fazer uma revisão antecipada dos conteúdos das séries anteriores ao terceiro ano para que os alunos compreendam o assunto tratado no texto ou nos experimento. Eles não perceberam que a idéia é a de que se busque resgatar conhecimentos anteriores à medida que questões específicas venham a surgir no desenvolvimento das atividades.

Gostaríamos agora de retomar o relato do professor G sobre aplicação do módulo em sala de aula. Como apontamos no início deste capítulo o mesmo estava bastante entusiasmado com material e trabalhou o primeiro capítulo com duas turmas de segundo ano. Ele dividiu as turmas em grupos e a cada um deles distribuiu uma parte do primeiro capítulo. Após a leitura, que durou 40 minutos, o professor promoveu um debate. Ele mostrou-se surpreso com as falas

dos alunos quando da discussão em um grande grupo. Segundo seu relato os alunos estavam surpresos por terem percebidos que muitos acontecimentos históricos tinham como motivação questões materiais. Em suas palavras:

Os alunos achavam que todos os fatos históricos eram associados a questões pessoais. Eles vêem a história como se fossem todas seqüências humanas. É o homem, desavenças, intrigas politicagem. Eles não conseguiam ver que as vezes uma industria fechou, um poderio industrial acabou por que alguém desenvolveu um fato químico, que gerou riqueza e se tornou mais eficiente que outro, e ai acaba desencadeando um monte de situações humanas. Eles não conseguem abstrair isto. Eles acham que não tem relação nenhuma (professor G).

É de se notar que os alunos, segundo a fala do professor G, possuíam uma visão particular sobre o conhecimento científico e sobre a história. Eles percebiam a ciência como desligada de um contexto social. E viam a história da humanidade apenas como fruto das paixões humanas, não tendo uma base material que as motivasse. Assim uma metodologia que permita aos alunos expressarem suas opiniões parece ser essencial para a aprendizagem.

Neste sentido o relato do professor G nos chama atenção para as potencialidades do material em superar as práticas do ensino tradicional de ciências, que colocam os alunos como meros receptáculos. O material por permitir a discussão de idéias entre alunos e professores pode contribuir para que se superem visões distorcidas sobre o mundo.

Uma última ponderação, que nos parece importante considerar, foi feita pelo professor C. Este professor nos disse que teria dificuldade para usar o módulo, pois não saberia como proceder com este tipo de material. Ele está acostumado a usar o quadro negro para expor o conteúdo, mas imagina que o módulo requer uma atitude diferente. Em suas palavras:

Eu fico pensando, qual a forma de fazer eles lerem. O que eu poderia fazer é pedir um resumo? É pedir uma dissertação? É cobrar uma observação, que eles registrem os apontamentos? Para mim, ir lá na frente e falar não funciona, vai ser chato. Eles vão achar chato. Vai ser um monólogo e tal (Professor C).

Esta dificuldade, relatada por este professor, coincide exatamente com o apontado por Herron (1977), para o qual uma das dificuldades para inserir a História da Ciência no ensino

de ciência é o fato de que se faz necessário uma nova prática. Os professores estão habituados com resolução de problemas de lápis e papel, e resumem seu trabalho a apresentarem algoritmos para resolução dos mesmos. Assim, uma abordagem que envolva História da Ciência vai demandar, além de materiais adequados, que o professor de ciências aperfeiçoe suas habilidades.

Compreendendo esta dificuldade incluímos na introdução do módulo de ensino um plano de ensino, que poderá auxiliar o professor a desenvolver as atividades propostas. Nele inserimos algumas estratégias que envolvem leitura de textos, e pelas quais o professor poderá, ainda, acompanhar o nível de entendimento dos alunos.

Concluindo, podemos considerar que o módulo de ensino foi bem aceito pelos professores. O mesmo apresenta potencialidade para superar as práticas tradicionais, pois pode permitir discussões entre alunos e professores sobre temas ligados ao dia-a-dia dos alunos. O material, segundo os professores, possibilita abordar conteúdos que não são tratados no ensino médio por falta de tempo, mas que constam no currículo, pois ao trabalhar com um tema dá uma organização diferente ao programa de ensino de Química Orgânica. O material pode permitir, também, uma abordagem interdisciplinar, a medida que faz referencia a conceitos de outras áreas do saber. Além disto, pode permitir romper com a fragmentação do conhecimento que tem caracterizado o ensino de Química, já que retoma conteúdos abordados em momentos diversos ao longo do ensino médio. E, finalmente, como enfatizado pelos professores, o módulo pode ajudar a humanizar a ciência, apresentando-a como uma construção humana.

7 A QUÍMICA ORGÂNICA NOS LIVROS DO PNLEM/2008: UM OLHAR SOBRE A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E A EXPERIMENTAÇÃO

Tendo em vista as discussões feitas nos capítulos anteriores, e o fato de que para o ano de 2008 o Governo Federal, por meio Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), irá disponibilizar aos alunos do ensino médio livros didáticos de Química, consideramos importante averiguar o papel atribuído a História da Ciência e a experimentação no que se refere ao ensino dos conteúdos inerentes a Química Orgânica.

7.1 Critérios para análise

Para averiguar de que maneira os autores fizeram uso da História da Química na produção de cada material nos apoiamos no trabalho de Leite (2002). Esta autora desenvolveu uma lista de critérios que permite estabelecer comparação, entre obras diferentes, no que se refere ao uso da História da Ciência. Nesta lista os critérios a serem observados estão divididos em 7 dimensões, e cada uma destas em outras subdimensões. Abaixo descrevemos aquelas que acreditamos estarem de acordo com nossos propósitos:

1- Tipo de organização do material histórico:

Nesta dimensão verificamos se o material enfoca a vida dos cientistas, ou se, por outro lado, dá atenção ao processo de evolução do conhecimento.

2- Material usado pelo autor para apresentar o conteúdo histórico:

São considerados materiais ligados ao conteúdo histórico textos originais, ou textos do próprio autor sobre uma ou outra situação histórica; figuras, tais como, de cientistas ou

de equipamentos de laboratório; ou ainda roteiros de experimentos históricos.

3- Contexto em que a história da ciência é relatada:

Aqui verificamos se o conteúdo histórico apresentado destaca elementos ligados a tecnologia, a política, a religião, a sociedade de forma mais geral ou a outras informações científicas que de alguma maneira se relacionem com o conteúdo de Química Orgânica.

4- Status da informação histórica:

Questionamos através desta dimensão se a leitura do material histórico apresentado é ou não fundamental para a compreensão do capítulo, ou se consiste em uma leitura complementar.

5- Tipo e status da atividade de aprendizagem ligado ao conteúdo histórico:

Acreditando que o conteúdo ligado a História da Ciência seja importante para o aprendizado de Química, nos parece imprescindível a existência de atividades de aprendizagem que estejam ligadas ao material histórico. Assim averiguamos se estas atividades são propostas pelos autores.

O uso destas dimensões para a análise dos livros não se deu sob um viés quantitativo. Não procuramos, por exemplo, verificar quantas biografias, ou figuras de equipamentos um autor apresentou a mais que outro em seu livro. A comparação entre livros não nos pareceu conveniente, pois analisamos dentro das obras escolhidas apenas os capítulos referentes a Química Orgânica. Como cada autor destinou um o espaço diferente ao estudo desta disciplina da Química, a comparação deixa de ter sentido. Assim, entendemos que seja mais importante averiguar a forma como a História da Ciência é apresentada aos alunos, e quais tipos de vínculos são estabelecidos com o conteúdo de Química a ser ensinado. Assim as dimensões supracitadas serviram apenas para orientar nosso olhar quanto ao material histórico contido nos livros.

Relativamente ao uso da experimentação procuramos verificar se os autores incluíram sugestões de experimentos no corpo, ou mesmo no manual do professor. Em caso positivo procuramos identificar qual o papel proposto pelo autor para o uso da experimentação como atividade de ensino. Se ela ainda continua a ser vista como proposto pela visão empírico-indutivista, sendo elemento de validação do conhecimento, ou se é percebida como elemento capaz de provocar o questionamento, e o diálogo. Verificamos, ainda, se os autores fornecem orientações aos professores quanto a realização dos experimentos.

Em nossa análise procuramos descrever também como o conteúdo de Química Orgânica é apresentado em cada livro, e o espaço relativo ocupado por este tópico da Química.

7.2 Resultados e discussão da análise dos livros didáticos do PNLEM/2008

Dentre os seis livros selecionados pelo PNLEM/2008 para a disciplina de Química fizemos nossa análise sobre cinco obras, que eram as disponíveis em nossa escola. Na descrição dos resultados da nossa análise estaremos nos referindo a estas obras pelos códigos LD1, LD2, LD3, LD4 e LD5. Entre estas obras três são apresentadas no formato de volume único, e outras duas constituem-se obras em três volumes. Nestas últimas o conteúdo de Química Orgânica é apresentado no terceiro volume.

7.2.1 A História da Ciência nos livros didáticos do PNLEM/2008

No livro LD1 o conteúdo de Química Orgânica é abordado em 6 capítulos. Como os próprios autores apontam no manual do professor (p. 7), o conteúdo químico não é trabalhado a partir de temas. Na obra, a opção adotada foi a de acrescentar material que aborde o

contexto econômico e social mais amplo, porém deles não se derivam problemas para serem explicados pelo conteúdo químico. O desenvolvimento dos conceitos é feito a partir da descrição de fenômenos, que não guardam relação direta com o contexto apresentado.

Um aspecto considerado como avanço nesta obra foi a preocupação em se estabelecer relações entre os conteúdos de Química, tornando os limites entre as áreas menos marcantes. Temos um primeiro exemplo no estudo das classificações das substâncias, feito no capítulo 12, no qual se apresentam conjuntamente os ácidos e as bases orgânicos e inorgânicos. Outro exemplo é o estudo dos grupos funcionais dos compostos orgânicos que se aborda pelo prisma da oxidação-redução.

Em relação ao ensino da Química Orgânica, o primeiro uso da História da Ciência é feito no capítulo que trata das funções químicas. Apresenta-se aos alunos de forma abreviada como era feita a classificação dos materiais até o início do século XVII, e rapidamente se comenta o impacto acarretado nesta classificação por conta da invenção do microscópio. Este mesmo texto continua abordando a História ao fazer referência a teoria da força vital defendida por Berzélius, e indicando que a superação desta teoria ocorreu devido a produção da uréia por Wöhler.

Observamos que os autores, neste primeiro uso da História da Ciência, não fizeram nenhuma referência ao contexto social vivido na época. Não apresentam o trabalho de Wöhler com parte de uma obra maior. Não chegam a citar, inclusive, que este cientista foi aluno de Berzélius. E também não indicam que tipo de problema Wöhler pretendia resolver quando preparou o primeiro produto sintético derivado de materiais inorgânicos. Em síntese o trabalho de Wöhler é visto como a obra de um gênio isolado.

Outra situação em que se aproveita a História da ciência para desenvolvimento do conteúdo de Química Orgânica, no livro LD1, é a explanação sobre a teoria das tensões em ligações dos compostos cíclicos, que fora proposta por Bayer em 1885. Os autores, ao longo

de uma página, indicaram os dados que Bayer tinha disponível e a conclusão a que chegou. Neste mesmo texto os autores também mostram que a hipótese assumida inicialmente por Bayer, de que os compostos cíclicos eram planares, teve de ser revista quando se demonstrou que o ciclo-hexano era pouco reativo.

Este texto é um bom exemplo de que é possível trabalhar, junto aos alunos, questões relativas à construção do conhecimento, levando-os a perceberem que a ciência não trabalha com verdades inquestionáveis, mas sim com proposições transitórias que podem ser superadas quando dados novos são apresentados.

A última situação em que se faz uso explícito da História da Química, no livro LD1, consistiu na citação do discurso de Kekulé quando da comemoração dos cinquenta anos da estrutura do benzeno. Neste discurso Kekulé nos conta sua versão do processo pelo qual chegou aos postulados do carbono e sobre como formulou a teoria sobre a estrutura do benzeno. Apesar de o texto apresentar uma citação feita pelo próprio cientista, que tem valor em si mesma, pois leva o aluno a tomar contato com um documento histórico, acreditamos que poderia ser melhor explorado, caso fosse apresentado o contexto científico da época. Tendo uma noção sobre os conhecimentos existentes na época a respeito dos compostos orgânicos, os alunos poderiam compreender porque Kekulé deu significado tão preciso aos seus sonhos, quando poderiam ter sido interpretados de maneira completamente diversa.

A análise destes dois textos nos leva a concordar com Niaz e Rodrigues (2001) para os quais a História da Química faz parte da própria Química. Para estes autores é fundamental apresentar o processo pelo qual um determinado conceito se desenvolveu, levando os alunos a conhecerem as informações que os cientistas dispunham para sua elaboração. Acreditamos que a História da Ciência também seja importante para levar os alunos a perceberem que o conhecimento científico deriva não somente da lógica matemática, mas também de outras fontes, como a criatividade e a imaginação.

Os livros didáticos LD2; LD3; LD4 apresentam organização do conteúdo muito semelhante. Nestes livros a abordagem do conteúdo segue a divisão tradicional. Iniciam pela classificação das cadeias carbônica, em seguida apresentam os hidrocarbonetos e sua nomenclatura, e logo após os haletos orgânicos e as funções orgânicas oxigenadas e as nitrogenadas. Feito isto passam ao estudo da isomeria, das interações intermoleculares, e das reações dos compostos orgânicos. Os livros finalizam o estudo apresentado as biomoléculas e os polímeros artificiais. A obra LD4 por consistir em um livro de volume único, apresenta todo este conteúdo de forma resumida em três capítulos. Nas obras LD3 e LD4 a Química Orgânica é tratada de forma mais extensa ao longo de todo volume 3, ocupando 17 e 11 capítulos respectivamente.

Nestes dois livros, LD3 e LD4, é apresentada uma grande quantidade conteúdo estritamente Químico. A extensão é tão marcante que no catálogo do PNLEM/2008 (p. 23) para a área de Química, na análise da obra LD4 advertem-se os professores para que sejam cautelosos quanto a escolha dos conteúdos, recomendando que se atenham aos objetivos que venham a estabelecer para seus cursos. Os autores deste livro também fazem o mesmo aviso no manual do professor (p. 02), recomendando que cada docente procure adequar o material apresentado a realidade local de cada escola.

Estas três obras, LD2, LD3 e LD4, semelhantemente ao livro LD1 apresentam na introdução ao estudo da Química Orgânica um texto que aborda a teoria vitalista, tal como defendida por Berzélius, porém acrescentam uma cronologia dos fatos que ajudaram a constituir aquela área de pesquisa. Esta necessidade de apresentar aos alunos o objeto de estudo da Química Orgânica é o que diferencia aquelas três obras do primeiro livro analisado, pois neste, como já indicamos, buscava-se mostrar ao aluno que uma das preocupações do químico é a classificação dos materiais. Percebe-se, assim, que um mesmo fato histórico pode servir a propósitos didáticos diferentes.

No livro LD2 há outro texto, seguido a esta introdução, no qual se faz uma rápida referência a influência da revolução industrial sobre o desenvolvimento científico, e aponta-se a importância da Química Orgânica para a economia citando o caso da produção de corantes. O autor também elaborou outros textos que se referem a História da Ciência, que se procurou descrever o contexto social da época, mostrando assim a influência da ciência sobre a sociedade. Estes textos abordam os seguintes tópicos: Os explosivos e o prêmio Nobel, O trabalho de Louis Pasteur, A história da aspirina. Também encontramos neste livro alguns textos que se referem ao trabalho de cientistas considerados importantes, por meio dos quais se apresentam conteúdos específicos, como é o caso do uso dos reagentes de Grignard.

Os autores do livro LD3, como menos ênfase, seguem o mesmo caminho do autor anterior, e ao longo da obra apresentam alguns textos de cunho histórico que apresentam dados ligados ao contexto social e econômico de cada época. Os temas abordados desta maneira foram: O petróleo e o antigo Egito; A história do nylon; Explosivos e o Prêmio Nobel.

Além destes casos explícitos de uso da História da Química os autores lançam mão de pequenas biografias e imagens de cientistas proeminentes, que são distribuídas ao longo dos capítulos. Estas biografias, e figuras, constituem-se apenas em um recurso gráfico cuja leitura não acrescenta muito ao entendimento do conteúdo abordado.

O livro LD4 praticamente negligencia a História da Ciência no ensino de Química Orgânica, pois, com exceção da introdução, não faz referências a fatos históricos.

O último livro analisado, LD5, apresenta uma organização do conteúdo bastante diferente em relação aos demais. O conteúdo de Química Orgânica é tratado a partir de um tema - A química das drogas e dos medicamentos e as funções orgânicas. Pelo desenvolvimento deste tema é que surgem os conceitos, conseqüentemente a ordem de apresentação é distinta daquela feita pelos outros autores. A primeira função apresentada para

estudo é a função amina, pois as drogas alucinógenas são em geral alcalóides. Na seqüência são abordadas as formas de representação das moléculas orgânicas, tendo como objetivo levar os alunos a compreenderem as fórmulas das aminas. Neste estudo das representações faz-se menção, também, ao fenômeno do isomerismo, ao mesmo tempo em que são apresentados os hidrocarbonetos. A menção a este último grupo de compostos leva a retomada do tema, passando-se a focar os componentes do cigarro e seus efeitos sobre a saúde. Após apresentação destes grupos de substância é discutido rapidamente algumas regras de nomenclatura, gastando-se não mais que duas páginas. O restante do capítulo se desenvolve discutindo a ação de algumas drogas sobre o organismo. Nesta discussão são apresentadas as fórmulas químicas das drogas referidas, destacando-se os grupos funcionais presentes em cada uma delas. O capítulo encerra abordando a fisiologia do sistema nervoso, procurando levar aluno a compreender que a ação das drogas sobre o organismo depende de uma complementaridade estrutural entre fármaco e bio-receptores. Para isto apresentam o modelo chave-fechadura de Emil Fischer.

Queremos destacar que os autores apesar de apresentarem uma visão geral sobre a Química Orgânica, o fizeram de maneira objetiva, atendo-se a alguns dos conceitos mais importantes da área. De certo modo o capítulo pode ser visto como um exemplo de como o professor pode organizar um programa de ensino. Como fica claro nesta obra não é necessário abordar todos os conceitos de uma área para levar o aluno a compreender a Química. Ou seja, a seleção de conteúdos deve, na verdade, atender as necessidades do contexto em que o professor trabalha.

Com relação a História da Ciência, neste capítulo em que se aborda a Química Orgânica, os autores do livro LD5, fizeram uso poucas situações, mas com fins diversificados. No primeiro texto apresentam a história do tabaco e do hábito de fumar. Em outro contam a história do vinho e da cerveja. Estes dois textos não se referem diretamente a conceitos da

Química, mas buscam contextualizar no tempo o tema estudado. Os autores também citaram, de forma abreviada, o papel de Wöhler na constituição da Química Orgânica como disciplina, o trabalho de Louis Pasteur sobre o ácido tartárico, e de Albert Niemann, assistente de Wöhler, sobre a cocaína. Estas passagens faziam parte de textos de leitura compulsória, e buscavam levar ao entendimento de conceitos da Química Orgânica.

Talvez por ser o último capítulo do livro em que se trate do desenvolvimento de conceitos da Química, no desenvolvimento do tema o conhecimento científico é apresentado como produto acabado. Por exemplo, ao apresentar o modelo de chave-fechadura de Emil Fischer não é indicado aos alunos o processo pelo qual este cientista desenvolveu esta idéia. Uma visão mais abrangente do livro demonstra que os autores tiveram esta preocupação em outros capítulos, todavia, pela riqueza da História da Química Orgânica acreditamos que os autores perderam uma boa oportunidade de levar os alunos a perceberem como o conhecimento químico é produzido. Isto pode ser entendido como um contra-senso, pois como os próprios autores indicam no Caderno de Apoio Pedagógico (p. 7), que se encontra anexo ao livro do professor, uma deficiência do ensino de ciências, de maneira geral, é que se tem “reforçado a visão de ciência como algo estático, um conjunto de verdades imutáveis”.

7.2.2 A experimentação nos livros didáticos do PNLEM/2008

Em relação a experimentação foi possível perceber que os autores atribuem certa importância a este recurso de ensino. Todos os livros apresentam sugestões de atividades experimentais para serem desenvolvidas com os alunos. Porém ainda persistem certas limitações.

Os autores do LD1 sugerem, no manual do professor, a realização de 30 experimentos, dos quais 2 se referem à Química Orgânica: Produção do acetileno; Obtenção do álcool etílico. Eles indicam possuírem um posicionamento, em relação à experimentação, que supera o discurso tradicional. Como apontam no manual do professor (p. 7), para eles é importante discussão sobre os experimentos e sobre os resultados “para a partir deles fluir a teoria”. Todavia uma análise das propostas de experimentos leva-nos a perceber que esta visão não se confirma. Em todos os experimentos sugeridos, as questões propostas aos alunos apontam para conhecimentos estudados previamente, nenhuma tem como propósito levar o aluno a questionar o que já sabe abrindo espaço para conhecimentos novos. Como consequência, acreditamos que o professor que chegue a usar o laboratório seguindo os roteiros, tal como elaborados, o fará unicamente no intuito de confirmar as teorias estudadas antecipadamente.

Outra limitação que encontramos nos experimentos do livro LD1 consiste no fato de necessitarem um laboratório bem equipado com vidraria e reagentes específicos, que não são encontrados no dia-a-dia das pessoas.

Os autores, ainda, não fazem comentários a respeito do desenvolvimento dos experimentos e nem sobre os resultados a serem obtidos. Assim o professor não tem uma idéia das possíveis dificuldades que poderá encontrar na realização das atividades, e nem como poderá explorá-las com seus alunos.

O livro didático LD2, apesar de consistir em um volume inteiramente dedicado a Química Orgânica, propõe a realização de apenas quatro experimentos, ao longo de 17 capítulos. A queima da vela; produção da vela; Aquecimento do acetato de cálcio; e produção de sabão.

Para o autor deste livro a importância da experimentação consiste em ser uma forma de desenvolver no aluno uma compreensão do método científico. No suplemento do professor ele afirma claramente que:

É importante perceber que a Química é uma ciência experimental, não significando que todos os tópicos devam ser realizados experimentalmente em sala de aula, como demonstração, ou em laboratório, mas que alguns o sejam para que o aluno compreenda o que é ciência e o método científico (LD2, p.3).

Neste sentido ele indica ainda ser imprescindível solicitar aos alunos que elaborem relatórios sobre cada experimento desenvolvido. Ao analisarmos os roteiros dos relatórios percebemos que há ainda uma forte tendência para formação do profissional em Química. A estrutura sugerida para os relatórios é a mesma daqueles solicitados a alunos de graduação, consistindo em: introdução, objetivo, materiais, reagentes, procedimento, dados experimentais, análise e discussão de resultados.

Nos roteiros dos experimentos, as questões sugeridas aos alunos referem-se as observações macroscópicas, não fazendo referencia as interpretações microscópicas que se possa dar aos fenômenos.

O autor não apresenta também nenhum comentário sobre o resultado dos experimentos. Isto, a nosso ver, consiste em um fator desestimulante ao professor. Ele terá que buscar informações extras para poder preparar a aula, e mesmo assim poderá ficar em dúvida se a sua interpretação é a mais plausível para os resultados observados.

O livro LD3, mesmo apresentado a Química Orgânica em todo volume 3, não propõe no corpo do texto a realização de experimentos. É apenas no manual do professor que os autores sugerem a realização de quatro atividades de laboratório: Investigando o paladar; Tinta invisível (com suco de limão); Produção de pão caseiro; e Sabão versus tensão superficial. Para estes experimentos são fornecidas, juntamente com os roteiros, as interpretações microscópicas dos fenômenos envolvidos, buscando associa-las com o conteúdo específico de cada capítulo. Porém não se indicam as representações dos fenômenos, como tampouco questões para debate com os alunos.

Uma estratégia usada pelos autores do livro LD3, que se associa a importância dos experimentos na Química, consistiu na apresentação de esquemas de arranjos experimentais

em vários capítulos. Com base nestes esquemas são apresentados os resultados que podem se obtidos quando da realização dos experimentos. Os resultados aludidos servem como base para o desenvolvimento de vários conceitos da Química. Isto parece ser uma retomada de uma característica dos livros didáticos do início do século, que segundo Mortimer (1988, p. 26), embora não apresentassem sugestões de experimentos para serem realizados pelos alunos “eram ricos em fatos experimentais muito bem descritos”.

No nosso entender, esta parece ser uma boa estratégia quando imaginamos escolas carentes de laboratório e de material adequado à realização de atividades experimentais. A inclusão de fatos experimentais no decorrer dos textos, certamente, pode contribuir para a aquisição de conceitos. Mas, por outro lado, não pode ser usada como argumento para exclusão da experimentação no ensino, sob pena de se levar o aluno a ter uma visão distorcida do que é a ciência.

O Livro LD4 apresenta, no manual do professor, a proposta de 2 experimentos para serem desenvolvidos. O primeiro experimento proposto é a reciclagem do papel, o segundo é a produção do álcool a partir do caldo de cana. Para a realização de cada atividade é sugerido o uso de materiais alternativos. Propõe ainda que se procure trabalhar estes experimentos no contexto de projetos interdisciplinares, envolvendo disciplinas como Arte, Biologia e História. Para tanto, os autores fornecem orientações sobre atividades a serem desenvolvidas nestas disciplinas e que se vinculem com os experimentos.

Apesar do avanço nas propostas de experimentos sugeridas pelos autores do LD4, pois incluem a idéia de interdisciplinaridade, podemos indicar algumas limitações. No experimento que envolve a produção do álcool a representação do processo é feita de forma muito simplificada, não enfatizando a estrutura dos compostos envolvidos, fazendo, assim, com que a relação entre a atividade e o conteúdo do capítulo fique enfraquecida. Uma leitura mais abrangente da obra nos levou a perceber que este tipo de problema se repete em outros

capítulos. Por exemplo, ao abordar o tratamento quantitativo das soluções o autor propõe um experimento sobre extração de corantes, contudo na discussão sobre o experimento não se faz referencia alguma a respeito das propriedades das soluções, mas, por outro lado, faz comentários a respeito da estrutura dos componentes dos corantes, que são substâncias orgânicas.

Outro problema percebido nas sugestões de experimento encontradas no livro LD4 é o fato de que os autores não propõem questões para serem discutidas com os alunos no início, ou no termino da atividade. Assim tanto o professor quanto o aluno poderão ser perder quanto a objetivo do experimento, e como o mesmo pode ser explorado.

O livro LD5 propõe um único experimento, este se refere às substâncias encontradas no cigarro. O propósito deste experimento, segundo o que consta no manual do professor, é iniciar a discussão sobre as drogas, não objetivando uma discussão mais profunda sobre conceitos da Química. Assim podemos afirmar que em relação ao conteúdo de Química Orgânica este livro não deu atenção significativa à experimentação. Talvez isto tenha ocorrido por conta da escolha do tema (Drogas) que implica em abordar substâncias cuja manipulação requer equipamentos adequados.

Podemos perceber por esta análise que houve alguns avanços na produção dos livros didáticos. A referência a fatos históricos se mostrou presentes em todas as obras, mesmo que em gradações diferentes. Assim elementos de natureza mais humanística começam a fazer parte do livro didático de Química. Mortimer (1988) havia observado que os livros das décadas de 70 e 80 haviam excluídos estes elementos por conta da influência do tecnicismo sobre a educação brasileira.

Apesar deste avanço, a História da Ciência aparece apenas como elemento extra, cujo estudo pelo aluno não é tido como fundamental, ou intrínseco a própria aprendizagem dos conceitos científicos, mas sim como um artifício motivador, capaz de levar o aluno a se

interessar pelo conteúdo que lhe é apresentado.

Uma consequência deste caráter acessório é o fato de uso da História da Ciência ser feito de maneira inconsistente. Como visto, os textos que se referem a fatos históricos não são de leitura obrigatória, estão dispersos ao longo dos capítulos e não possuem relações entre si. Como exemplo disto, lembramos a maneira como é apresentado o trabalho de Pasteur, seu estudo sobre o ácido tartárico parece não ter relação alguma com aqueles desenvolvidos por Wöhler sobre a uréia, mas como se pode depreender de Bensaude-Vicent e Stenger (1992, p. 205-211) este trabalhos ressaltam o problema do isomerismo, e revelam a importância da disposição espacial dos átomos, fato este que muito incomodou Berzélius. Uma decorrência que pode ser esperada deste uso fragmentado da História da Ciência é que o aluno não superes visões distorcidas sobre a ciência, e continue a percebê-la como trabalho de agentes isolados, e obra de gênios.

Estes resultados corroboram os de Tavares e Rogado (2006), que indicaram haver ineficiência do uso de material histórico nos livros didáticos de Química quando abordam o conceito de substância. Para estes autores o excesso de conteúdo abordado nos livros pode ser visto como um dos fatores que implicam nesta subutilização da História da Ciência.

Concordamos com estes autores, e acreditamos que uma explicação para este uso da História da Ciência como acessório, e o excesso de conteúdo presente em algumas obras, consiste no fato de que livros como o LD2 e LD3 são adaptações de materiais didáticos que a muito circulam no mercado, e, com o passar do tempo, buscaram agregar algumas modificações para atender aos novos parâmetros da educação.

A importância de um material didático que não tome como ponto de partida obras cuja estrutura respalda-se em concepções ultrapassadas sobre o ensino de ciências, para apenas readaptá-lo, pode ser sentida em obras como LD1, e mais marcadamente em LD5. No primeiro livro a reorganização do conteúdo implicou em uma re-significação de um trecho da

História da Ciência dentro do contexto didático. No livro LD5 a proposta de se trabalhar com um tema redefine os conteúdos a serem abordados, e demonstra que não é necessário trabalhar uma vasta gama de conceitos, mas que o importante é dar significado a eles.

Gostaríamos de frisar que embora sejam tímidas as tentativas de uso da História da Ciência, e careçam de uma consistência maior, elas expressam o potencial desta abordagem para o ensino dos conceitos da Química Orgânica, tanto quanto para compreensão de como o conhecimento químico é produzido.

Com relação a experimentação indicamos também haver avanços. Os livros didáticos passaram a incluir sugestões de experimentos para serem desenvolvidos pelos professores e alunos. Alguns estudos (Schnetzler,1981, e Mortimer, 1988) haviam demonstrado que os livros didáticos de Química das décadas de 70 e 80 não faziam referências a este recurso. Embora este avanço seja louvável, foi possível constatar a existência de certas deficiências nas abordagens sugeridas por alguns autores.

Em alguns livros percebemos que os experimentos encontram-se descontextualizados em relação ao conteúdo abordado. A experimentação entra assim apenas como uma atividade lúdica, mas que não acrescenta uma compreensão mais apurada dos temas estudados.

Mesmo sendo os experimentos descontextualizados, há uma tendência, na maioria dos livros, de usá-los segundo a lógica da confirmação. Isto pode ser ratificado pela análise das questões propostas aos alunos, estas se referiam sempre a conteúdos já estudados. Além disto, nenhum autor apresentou questões para serem discutidas previamente com os alunos, de maneira a fazê-los apresentarem suas hipóteses iniciais sobre os resultados, ou que de algum modo motivasse a discussão entre os mesmo. Os experimentos propostos visavam apenas a aplicação de conceitos estudados em sala previamente.

Por fim indicamos que faltam também experimentos que levem a compreensão dos conceitos próprios da Química Orgânica. Isto fica claro quando observamos que alguns

autores, apesar de fornecerem as interpretações microscópicas para os fenômenos, não indicam as representações dos mesmos, e quando o fazem não levam em conta a estrutura dos compostos. Isto acaba sendo uma contradição, pois o que os autores mais enfatizam no estudo dos compostos orgânicos são as representações. Como consequência os experimentos mais serviriam a outros temas, do que propriamente à Química Orgânica.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A origem da motivação para realização deste trabalho partiu de uma dificuldade vivida em sala de aula: a falta de interesse e o baixo desempenho dos alunos em relação ao conteúdo de Química Orgânica. Da revisão da literatura foi possível perceber que os problemas enfrentados por nós em sala de aula são muitos semelhantes àqueles enfrentados por outros educadores, mesmo fora de nosso país. O desinteresse pelo estudo das disciplinas da área de ciência parece ser um problema crônico tem despertado a atenção de diversos pesquisadores.

A superação desta situação envolve romper com um modelo de ensino repleto de distorções, dentre as quais destacamos o fato ser focado na transmissão de saberes distantes da vida dos alunos e objetivar somente a formação para carreiras científicas. Como consequência tem-se um ensino pouco estimulante, sem valor prático e que não ajuda os alunos a se constituírem como pessoas capazes de compreender a sociedade e atuar junto a mesma.

Visando superar esta abordagem produzimos um módulo de ensino que buscou explorar a história e a química dos corantes, associando este estudo com a experimentação.

O material apresenta um diferencial em relação às abordagens tradicionais, pois a História não foi tratada como mero apêndice, ou alegoria que enfeita o conteúdo, mas sim com parte essencial e integrante do próprio saber químico. Além disto, a abordagem histórica dada ao conteúdo de Química, orientada pelo estudo do tema corantes, permitiu superar a fragmentação do conhecimento químico, apresentar de forma clara a interação entre ciência, tecnologia e sociedade, aproximar o conteúdo da realidade do aluno e mostrar a ciência como um empreendimento humano.

Com as sugestões de experimentos a serem realizados, quando do estudo do texto, acreditamos que cobrimos também uma lacuna existente em outras propostas. Nos livros didáticos existentes no mercado, como demonstramos no capítulo sete, as atividades práticas

propostas, em sua maioria, tem como intuito demonstrar o conteúdo apresentado nos livros, ou seja, ainda são marcadas pela visão empírico-indutivista da ciência. Por outro lado, acreditamos que os experimentos propostos no módulo poderão ser utilizados com outros fins: fornecer a vivência de vários fenômenos e permitir iniciar discussões que possibilitem aprofundar o conteúdo trabalhado no texto ou resgatar outros (como óxido-redução), de forma a integrá-los ao contexto da Química Orgânica.

Acreditamos que o módulo de ensino, ao ser aplicado junto aos alunos possa contribuir para superar as dificuldades apresentadas pela abordagem tradicional, por que as características que buscamos imprimir ao mesmo foram identificadas pelos professores que o avaliaram. Sendo que eles consideraram estas características como positivas pois implicam em um avanço em relação ao trabalho que desenvolvem com seus alunos. Os professores reconheceram que ao abordar a Química Orgânica limitam-se ao nível representacional do conhecimento químico. Para eles o material proposto além de permitir contextualizar e humanizar o ensino de Química traz a possibilidade de trabalhar o nível fenomenológico do conhecimento químico.

Mesmo considerando os aspectos positivos apresentados no módulo de ensino acreditamos que alguns pontos podem ser melhorados. No material discutimos a química e história dos corantes, porém demos pouca atenção ao impacto que a indústria de corantes, assim como a indústria têxtil, provoca sobre o meio ambiente. Para tratar desta questão, que a nosso ver já seria um tema para outro estudo, necessitaríamos de produzir ao menos mais um capítulo. Todavia entendemos que este tipo de informação seja de mais fácil acesso, de forma que o professor que se interessar em um aprofundamento sobre a questão pode encontrar material para estudo.

Com a elaboração do referencial teórico, com a produção do módulo de ensino e pela análise do resultado de sua avaliação, algumas questões novas emergiram, e imaginamos que mereçam ser exploradas em outro momento.

Um ponto que nos chamou atenção, durante as entrevistas com os professores, foi o fato de que nenhum deles fez referência a possibilidade de o material propiciar uma melhor compreensão sobre o processo de construção dos conceitos pela ciência, embora no módulo de ensino haja um momento em que abordamos claramente esta questão. Lembremos que os professores, ao argumentarem sobre a importância do uso da História da Ciência para o ensino, apresentaram motivos diversos para aplicação do módulo de ensino nas aulas de Química. Assim o “silêncio” dos professores sobre a natureza do conhecimento científico nos pareceu significativo e abre espaço a questionamentos. Primeiramente indagamos se seriam as representações dos professores sobre o processo de construção do conhecimento que estariam afetando a leitura do material, e, conseqüentemente, a significação dada a passagem em que descrevemos as diversas formas como a luz foi explicada ao longo da História.

De outra forma, se os professores possuem representações sobre a natureza da ciência que supere a percepção empírico-indutivista, podemos entender que estariam apenas indicando darem mais importância a outros aspectos apresentados pelo material, que se vinculam mais diretamente aos problemas vividos pelos mesmos. Isto nos levaria a perceber que na prática dos professores pode haver outros determinantes que as representações sobre ciência, e nos conduz também a necessidade de averiguar junto aos docentes quais são os objetivos que eles estabelecem para o ensino de ciências.

Para finalizar este ponto indicamos que, segundo entendimento, os professores fizeram a leitura de todo o texto com a mesma atenção. Isto pôde ser confirmado pelos comentários que fizeram com relação às pequenas correções necessárias aos três capítulos. Como isso, descartamos problemas relativos à forma como se deu a avaliação do módulo.

Outras questões estão ligadas à própria aplicação do material em sala de aula. Uma delas foi evidenciada na fala de um dos professores que avaliou o módulo. Ele indicou que teria dificuldade para trabalhar com o material, pois o mesmo implica em ter uma postura diferente em sala de aula. Este professor apontou a necessidade de usar outra metodologia que não a mera exposição de conteúdo no quadro negro. Isto implica em se fazer estudos sobre estratégias de ensino que sejam mais adequadas ao uso do material proposto.

De fato devemos concordar com este professor, durante a graduação pouco se discute sobre uso de textos nas aulas de Química. Assim ao professor resta apenas imitar seus colegas de outras áreas, mesmo que de forma acrítica. Entendemos que isto deva ser superado, e que outros trabalhos possam trazer luz sobre a questão.

Do relato dos professores, foi possível observar, ainda, que o texto ajudou alguns a organizarem as próprias idéias, em relação à forma de discutir os resultados das atividades experimentais. Assim seria importante averiguar o potencial do material em relação à formação inicial e continuada de professores. É sabido que um grave problema que ainda carece de ser superado refere-se à preparação de futuros docentes, e quanto ao aperfeiçoamento daqueles que já se encontram no exercício da profissão. O uso do módulo de ensino no processo de formação de professores talvez possa contribuir para superar este quadro à medida que se diferencia dos materiais tradicionais que em geral são voltados para formação do profissional em Química, voltado ao trabalho na pesquisa ou na indústria.

Para finalizar gostaríamos de indicar a potencialidade do módulo de ensino em produzir uma nova dinâmica na sala de aula. O seu uso pode permitir ao professor estabelecer diálogo com os alunos, de forma que perceba as interpretações que eles fazem sobre o mundo e sobre a ciência. Ao tomar contato com as idéias dos alunos o professor pode ajudá-los a refletirem sobre o que pensam. Assim, talvez, os alunos não fiquem na triste situação apontada por Matthews (1995): a de ter de decidir entre os seus conhecimentos e aqueles apresentados pela ciência.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR JR., O. O papel do construtivismo na pesquisa em ensino de ciências. *Investigação no Ensino de Ciência*. v. 3, n. 2, ago. 1998. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol3/n2/v3_n2_a2.htm >. Acesso em: 20 out. 2005.
- ANDERY, M. A. e colaboradores. *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*. Rio de Janeiro: Espaço Tempo, 1996.
- ALMEIDA JR., J. B. de A evolução do ensino de Física no Brasil. *Revista de Ensino de Física*, v. 2, n. 1, p. 55-73, fev. 1980.
- ASTOFI, J. P. e DEVELAY, M. *A didática das ciências*. São Paulo: Papirus, 1991.
- AZENHA, M. G. *Construtivismo de Piaget a Emília Ferreiro*. São Paulo: Ática, 2000.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BELTRAN, N. O. e CISCATO, C. A. M. *Química (Coleção Magistério para o 2º Grau)*. São Paulo: Cortez, 1991.
- BENSAUDE-VICENT, B. E STENGERS, I. *História da Química*. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.
- BIACHI, J. C. de A., ALBRECHT, C. H. e DAL TAMIR, J. M. *Universo da Química: livro do professor*. São Paulo: FTD, 2005.
- BRITO, A. de J.; NEVES, L. S. de; MARTINS, A. F. P. A História da Ciência e da Matemática na formação de professores. In: NUÑEZ, I. B. e RAMALHO, B. L. (orgs.). *Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio*. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 284-296.
- BRASIL, MEC/SEB. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*, Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- _____. *PCN+ do Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos PCN. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias.* Brasília: MEC; SEMTEC, 2002. p. 87-111. Disponível em: < <http://www.mec.gov.br> > Acesso em: 10 abr. 2007.
- _____. *Química: catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio*. Brasília: MEC, SEB, 2007.
- BRITO, A. J. A história da ciência e da matemática na formação de professores. In: NUÑEZ, I. B. e RAMALHO, L. R. (orgs.) *Fundamentos da ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática : o novo ensino médio*. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 284-296.
- CACHAPUZ, A., GIL-PEREZ, D., CARVALHO, A. P. de, PRAIA, J., VILCHES, A. *A necessária renovação no ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.

- CANTO, E. L. e PERUZZO, F. M. *Química na abordagem do cotidiano*: livro do professor. São Paulo: Moderna, 2003. (v. 3.)
- CARVALHO, A. M. P. e GIL-PEREZ, D. *Formação de professores de ciências*, São Paulo: Cortez, 2003.
- CASTANHO, M. Objetivos da educação. In: VEIGA, I. P. A. (coord.) *Repensando a Didática*. Campinas. Papirus, 1992. p. 53-64.
- CHAGAS, A. P. As ferramentas do químico. *Química Nova na Escola*. n. 5, p. 18-20, maio 1997.
- CHASSOT, A. Uma historia da educação química brasileira: sobre seu início discutível apenas a partir dos conquistadores. *Episteme*, v.1, n. 2, p. 129-145, 1996. Disponível em: < <http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/portal/index.php> > . Acesso em: 10 dez. 2005.
- _____. Fazendo uma oposição ao presenteísmo com o ensino de filosofia e história da ciência. *Episteme*. v. 3, n. 7, p. 97-107, 1998-a. Disponível em: <<http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/portal/index.php>> . Acesso em: 10 dez. 2005.
- _____. Inserindo a história da ciência no fazer educação com a ciência. In: CHASSOT, A & OLIVEIRA, R. J. *Ciência ética e cultura na educação*. São Leopoldo: Unisinos, 1998-b. p. 73-93.
- _____. Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.
- CHALMERS, A.F. *O que é ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.
- DIAS, J. J. C. T. O ensino experimental em Química. In: PORTUGAL, Ministério da Educação, Departamento de Ensino Secundário. *Comunicar Ciência*. ano 1, n. 1, 1998. Disponível em: < http://dgide.min-edu.pt/public/ciencias/publicacoes_boletim_01.pdf > . Acesso em: 01 jul. 2007.
- DRIVER, R. e OLDHAM, V. A. A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, n. 13, p. 105-122, 1986.
- _____. , ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E., SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*. n.9, p. 31-39, maio de 1999.
- DYSON, F. *De eros a gaia*: o dilema ético da civilização em face da tecnologia. São Paulo: Best Seller, 1992.
- ERDURAN, S. e DUSCHL, R. A. Interdisciplinary characterization of models and the nature of chemical knowledge in classroom. *Studies in Science Education*. n. 40, p. 105-138, 2004.
- FELTRE, R. *Química*: livro do professor. São Paulo: Moderna, 2004. (v. 3.)
- FLÔR, C. C. e SOUZA, S. C. A história da ciência presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais. In: *Atas do V ENPEC*. Bauru: CDROM, 2006.

- FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? *Investigação no Ensino de Ciência*. v. 8, n. 2, ago. 2003. Disponível em: < www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n2/v8_n2_a1.html >. Acesso em: 10 out. 2004.
- FREIRE JR., O. A relevância da filosofia e da história das ciências para a formação dos professores de ciências. In: SILVA FILHO, W. J. da (editor) *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, p. 13-30, 2002.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários a prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GALIAZZI, M. C. e GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova*. v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.
- GIL-PEREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de um modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*. v. 11, n. 02, p.197-212, 1993.
- GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. Imersion em lá cultura científica para la tomada de decisiones? Necesidade o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* . v.2 , n. 3, p. 302-329, 2005. Disponível em : <<http://www.oei.es/decada/>>. Acesso em 07 jul. 2006.
- GORDON, N. E. Editor's Outlook. *Journal of Chemical Education*. v. 64, n. 11, p. 931-933, nov. 1926.
- HERRON, J. D. The Place of History in the teaching of chemistry. *Journal of Chemistry Education*. v. 3, n. 9, p. 969-972. sep. 1977.
- HODSON, D. Hacia um trabalho más crítico del trabalho de laboratório. *Enseñanza de las ciencias*. v. 12 , n. 3, p. 299-313, 1994.
- HOFSTEIN, A. The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education: Research and Practice*. v. 5, n. 3, p. 247-264, 2004. Disponível em: <http://www.uoi.gr/ceip/2004_October/pdf/06HofsteinInvited.pdf > Acesso em: 20 jan. 2007
- JAFFE, B. The history of chemistry and its place in the teaching of high-school chemistry. *Journal of Chemical Education*. n. 15 p.383-389. 1938.
- KANSAR, J. W. Utilizing historical perspective in the teaching of chemistry. *Journal of Chemical Education*. v. 64, n. 11, p. 931-933, nov.1987.
- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2005.
- LAVILLE, C. e DIONNE, J. *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Porto Alegre: Artes Médicas; Belo Horizonte Editora: UFMG, 1999.
- LEITE, L. History of Science in Science Education: Development and Validation of a Checklist for Analysing the Historical Content of Science Textbooks. *Science and Education*. n. 11, p. 303-359, 2002.

- LOMBARDI, O. I. La pertinência de la historia em la enseñanza de ciências: argumentos e contra argumentos. *Enseñanza de las Ciências*. v. 15, n. 3, p. 343-349, 1997.
- MACHADO, A. H. *Aula de Química: discurso e conhecimento*. Ijuí: UNIJUI, 1999.
- MALDANER, O. A. Concepções epistemológicas no ensino de ciências. In: SCNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. (org.). *Ensino de ciência: fundamentos e abordagens*. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora, 2000. p. 60-81.
- MARTINS, R. A. Sobre o papel da História da Ciência no ensino de ciência. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*. n. 9: p. 3-5, 1990. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc>> Acesso em: 28 fev. 2007.
- MATTHEWS, M. R. “History, Philosophy and Science Teaching: The Present Rapprochement”. *Science & Education*, v.1 n. 1, 11-47. Traduzido pelo PROLICEN-UFBA e publicado no *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- _____. O tempo e o ensino de ciências: como o ensino da história e filosofia do movimento pendular pode contribuir para a alfabetização científica. Tradução SAID, F. M. In: SILVA FILHO, W. J. da (editor) *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, 2002. p. 31-47.
- MILLAR, R e DRIVER, R. Beyond processes. *Studies in Science Education*. n. 14, p. 33-62, 1989.
- MORAIS, R. *Filosofia da ciência e da tecnologia*. Campinas: Papyrus. 2002.
- MORAES, R. É possível ser construtivista no ensino de ciências? In: MORAES, R. (org.). *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre: EDIPURS, 2000. p. 103-130.
- MORTIMER, E. F. , MACHADO, A. H. e ROMANELLI, L. I. A. Propostas Curricular de Química do Estado de Minas Gerais: Fundamentos e Pressupostos. *Química Nova*, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: E. P. U. , 1999.
- MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. *Em Aberto*, Brasília, ano 7, n. 40, out/dez. 1988.
- _____. Concepções atomistas de estudantes. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 01, p. 23-26, maio de 1995.
- _____. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigação no Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, abr. 1996. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/2artigo.htm>>. Acesso em: 20 out. 2005.
- _____. e MACHADO, A. H. *Química, volume único: ensino médio (livro do professor)*. São Paulo: Scipione, 2005.
- NARDI, R. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física.

- Investigação em ensino de ciências*. v. 10, n. 1, março, 2005. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10_n1_a4.htm>. Acesso em: 01 maio 2007.
- NIAZ, M. E RODRÍGUES, M. A. Teaching chemistry as rhetoric of conclusions or heuristic principles – a history and philosophy of science perspective. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*. v. 1, n. 3, p. 315-322, oct. 2000. Disponível em: <http://www.uoi.gr/cerp/2000_October/03.html>. Acesso em: 10 dez. 2006.
- _____. Do we have to introduce history and philosophy of science or is it already “inside” Chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*. v.2, n. 2, p. 159-164, 2001. Disponível em: <www.uoi.gr/cerp/2001_May/pdf/10Niaz.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2006.
- NÓBREGA, O. S., SILVA, E. R. e SILVA, R. H. *Química, volume único*: livro do professor. São Paulo: Ática, 2005.
- PELUSO, L. A.. *Filosofia de Karl Popper*: Epistemologia e racionalismo crítico(a). Campinas: Papirus, 1995.
- PESSOA JR., O. Quando a abordagem histórica deve ser usada no ensino de ciências? *Ciência & Ensino*, v.1, outubro de 1996.
- PEREIRA, C. L. N. e SILVA, R. R. A formação de professores e a Química Orgânica nos livros didáticos. *Anais da 29ª Reunião Anual*. Águas de Lindóia: SBQ, 2006. Disponível em: <<https://sec.sbq.org.br/resumos/29RA/T1583-2.pdf>> Acesso em: 10 maio 2007.
- PIETROCOLA, M. Construção e Realidade: O Papel do Conhecimento Físico no Entendimento do Mundo. In: PIETROCOLA, M. (Org.). *Ensino de Física: conteúdo e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2001. p. 9-32.
- PORTELA, S. I. C. *Uso de casos históricos no ensino de física: exemplo em torno da temática do horror da natureza do vácuo*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Brasília: UnB, 2006.
- RAMOS, M. G. Epistemologia e ensino de ciências: Compreensões e perspectivas. In: MORAES, R. (Org.). *Construtivismo e o ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre, Edipucrs, 2000. p. 13-35.
- ROSITO, B. A. O ensino de ciências e a experimentação. In: MORAES, R. (org.) *Construtivismo e ensino de ciências*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000. p. 195- 208.
- SANTOS, W. L. P. dos. e MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos da abordagem C-T-S (ciência tecnologia e sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*, v. 2, n. 2, p. 133-162, dez. 2000.
- _____; e Colaboradores. *Química e sociedade: guia do professor*. São Paulo: Nova Geração, 2000.
- _____. Letramento em Química, educação planetária e inclusão social. *Química Nova*, v. 29, n. 3, p. 611-620, maio/jun. 2006.

- SAVIANI, D. *Escola e democracia*. Campinas: Autores Associados, 2006.
- SCHNETZLER, R. P. Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de química de 1875 a 1978. *Química Nova*, v. 4, n. 1, p. 6-15, jan. 1981.
- SCHWARTZ, A. T. The history of chemistry: education for revolution. *Journal of Chemistry Education*. v. 54, n. 8, p. 467-468, aug. 1977.
- SILVA, L. H. A. e ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. (org.). *Ensino de ciência: fundamentos e abordagens*. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora, 2000. p. 120-153.
- SILVA, S. F. E NÚÑEZ, I. B. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes: reflexões teórico-metodológicas. *Química Nova*. v. 25, n. 6B, p. 1197-1203, 2002.
- SOUZA, R. A. *O pragmatismo de John Dewey e sua expressão no pensamento e nas propostas de Anísio Teixeira*. Dissertação (Mestrado em Educação). Centro de Teologia e Ciências Humanas. Paraná: Universidade Católica. 2004. Disponível em: <http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/3275090.html>. Acesso em: 10 maio 2007.
- TAVARES, L. H. W. e ROGADO, J. A história da ciência e seus fundamentos históricos, epistemológicos e culturais no livro didático de Química: o conceito de substância. In: *Atas do V ENPEC*. Bauru: CDROM, 2006.
- TEITELBAUN, K. & APPLE, M. John Dewey. *Currículo sem Fronteira*. v.1, n. 2, p.194-201, jul/dez 2001. Disponível em: <<http://www.curriculosemfronteiras.org/classicos/teiapple.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2007.
- TUNES, E., SILVA, R. R., CARNEIRO, M. H. da S., BAPTISTA, J. de A. O Professor de ciências e a atividade experimental. *Linhas Críticas*. v. 5, n. 9, p. 59-66, jul-dez. 1999.
- VALENTE, J. A. *Porquê computador na educação?* Disponível em: <http://edutec.net/textos/alia/proinfo/prf_txtie09.htm>. Acesso em: 20 jan. 2007.
- VEIGA, I. P. A. Didática uma retrospectiva histórica. In: VEIGA, I. P. A. (coord.) *Repensando a didática*. Campinas: Papyrus, 1992. p. 25-40.
- VIEIRA, F. M. S. A utilização das Novas Tecnologias na Educação. Disponível em: <<http://www.proinfo.gov.br/>>. Acesso em: 14 jul. 2006.
- VIGOTSKI, L. S. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2005.
- WANG, A. e MARSH, D. D. Science instruction with humanistic twist: teachers' perception and practice in using the history of science in their classrooms. *Science & Education*. n. 11, p. 169-189, 2002.
- WORFMANN, M. L. C. É possível articular a epistemologia, a história da ciência e a didática no ensino científico? *Episteme*. v. 1, n. 1, p. 59-72, 1996. Disponível em: <<http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/portal/index.php>>. Acesso em: 10 jan. 2007.