

ORDENS DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

José Luis de Paula Barros Silva

Nídia Franca Roque

Instituto de Química da UFBA

40.170-290 Salvador Bahia

Resumo

Este trabalho apresenta *ordens de transposição didática* associadas aos níveis de ensino de pós-graduação, graduação e ensino médio. Elegemos a química como objeto de estudo, considerando o conhecimento científico de química representado pelas informações disponíveis em periódicos científicos de química, e o conhecimento escolar de química representado pelos materiais didáticos dominantes nos diversos níveis de ensino.

Os materiais didáticos revelam a existência da espiral curricular em que informações e complexidade de discussão teórica diminuem — da pós-graduação ao ensino básico — a cada volta descendente da espiral.

Nosso estudo sugere que as ordens de transposição didática constituem um instrumento de investigação mais profunda do processo de ensino/aprendizagem dos conceitos científicos.

Palavras-chave: Transposição Didática; Ensino de Ciências; Ensino de Química.

Introdução

Que os objetos de ensino das ciências não são os objetos de saber das ciências é ponto pacífico entre os educadores em ciências. O conhecimento escolar de ciências resulta da transposição didática das ciências, processo que gera significações próprias da atividade escolar.

Tomando a idéia de transposição didática em sentido amplo (Chevallard, 1998), entendemos que a divulgação do conhecimento científico já é didaticamente enviesada quando da passagem do implícito ao explícito, do pensamento privado ao conhecimento público (Ziman, 1979). A transposição didática começa quando o cientista, que deseja ser compreendido e aceito por seus pares, emprega algum esforço didático na divulgação de seus resultados, tanto em congressos quanto em periódicos de sua área de atuação.

A intenção didática muda de direção quando os mesmos cientistas escrevem manuais de ensino ou dão aulas de sua matéria. Os objetivos da transposição didática mudam a cada nível de ensino — pós-graduação, graduação e básico — como também mudam a relação professor-aluno, as avaliações, o material instrucional. O objeto de ensino das ciências difere de acordo com o nível de ensino, sugerindo a existência de *ordens de transposição didática*.

Nas seções seguintes procuraremos demonstrar que o conhecimento escolar de química é didaticamente ordenado de acordo com os níveis de ensino, conforme ilustra o diagrama abaixo.

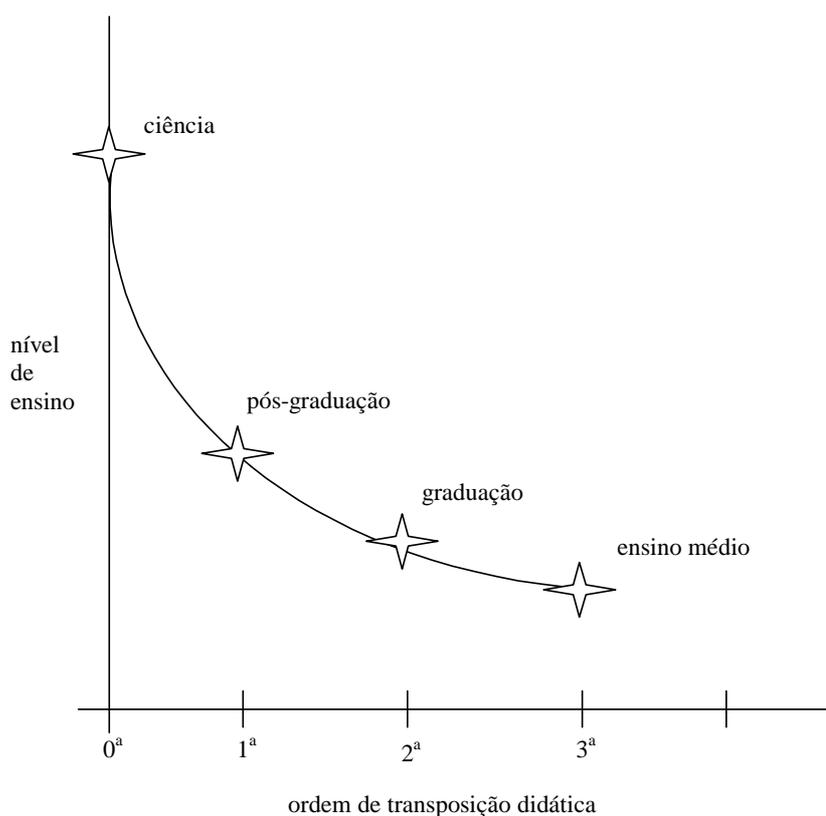


FIGURA 1 - A ESPIRAL CURRICULAR DA QUÍMICA

Ciência química

Hannaway (apud Russell, 1985) sugere que a origem da química como disciplina autônoma é, de fato, didática. A publicação do livro-texto *Alchemia*, por Andreas Libavius, em 1597, seria o primeiro sinal da existência de um corpo de conhecimentos a ensinar, ou seja, uma disciplina. Entretanto, a química só penetrou a academia e tornou-se uma disciplina formal durante o século XIX, na Europa. É quando afasta-se de suas raízes práticas (farmácia, medicina, etc.) e institui-se como conhecimento teórico e aplicado (Russell, 1985).

Para efeito de discussão da transposição didática, consideraremos o conhecimento químico como representado pelas informações disponíveis em periódicos científicos de química [1]. Os primeiros jornais especializados em química iniciaram sua publicação com Lorentz von Crell. Seu conteúdo refletia as atividades de química na Alemanha no terceiro quarto do século dezoito, principalmente discussões sobre o problema do flogisto, e trazia sumários de trabalhos realizado em outros países (Ihde, 1984). Ao longo do século XIX o número de publicações cresceu e especializou-se ainda mais, em função da subdivisão do conhecimento, de tal modo que, hoje, os periódicos de química podem ser classificados como gerais e específicos.

Os periódicos de caráter geral incluem artigos de pesquisa de todas (ou quase todas) as especialidades, a exemplo de *Química Nova* e do *Journal of the Brazilian Chemical Society*

[1] Por simplificação, que não prejudica o argumento, não incluímos os anais de reuniões científicas e coletâneas de artigos inéditos.

[2]. Outros periódicos que também podem ser considerados gerais são os referentes às tradicionais grandes áreas em que a química se dividiu: química orgânica, química inorgânica, físico-química e química analítica. Exemplos desta classe são o *Journal of Organic Chemistry* e o *Journal of Physical Chemistry*.

Os periódicos específicos, por outro lado, cobrem apenas uma sub-área ou um conjunto de sub-áreas da química intimamente ligadas, que possuem grandes volumes de publicação, tais como *Phytochemistry* e *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*.

Os resultados de pesquisa contidos nesses periódicos constituem os objetos de saber da química, donde são selecionados os objetos a ensinar, matéria prima da transposição didática.

Pretende-se que os artigos científicos sejam exposições críticas e de amplitude do trabalho realizado em uma dada área (JBCS, 2003). Um artigo de química costuma ser organizado em quatro partes: uma introdução, onde é apresentada a natureza do problema sob estudo; a descrição dos métodos experimentais e/ou teóricos com que se abordou o problema; a discussão dos resultados obtidos e uma seção final, onde se faz um sumário das conclusões do trabalho.

Clareza e concisão devem ser as características básicas de um artigo. Permitem-se detalhes suficientes apenas para que o trabalho possa ser reproduzido. A descrição de um experimento, por exemplo, deve se resumir às especificações das condições e às contribuições dos autores. Procedimentos e técnicas padronizados e aparelhos comercialmente disponíveis devem apenas ser referidos, nunca descritos. Os detalhes também são necessários na caracterização das substâncias, especialmente, quando se trata de compostos novos.

Os artigos científicos de química são escritos para a um público leitor especializado na matéria, porque muitos elementos necessários à sua leitura estão implícitos, são supostamente conhecidos.

O ensino de química na pós-graduação

Ao ensino de pós-graduação corresponde a transposição de didática de primeira ordem. Acontece uma mudança qualitativa dos artigos científicos aos textos produzidos para os estudantes. Em primeiro lugar, não se pressupõe o futuro leitor do texto como alguém de igual conhecimento, ao contrário, o leitor será um estudante que desconhece o assunto exposto, ao menos nesse nível de profundidade. Portanto, a intenção didática é explícita.

Os programas de pós-graduação em química objetivam formar pesquisadores em química, de modo que, ao lado de textos didáticos, empregam-se artigos científicos como materiais instrucionais. O estudante de pós-graduação é, assim, colocado em contato direto tanto com os produtos da ciência, quanto com o processo de produção destes, através do seu trabalho de pesquisa.

Alguns programas de pós-graduação possuem disciplinas das quatro grandes áreas, que funcionam, em parte, como nivelamento. Nesses casos, nem sempre existe um livro adequado. Em química orgânica e inorgânica há livros intitulados *avançados* (Carey and Sundberg, 2001; Cotton, 1988), que tratam os assuntos no nível de profundidade pretendido nesses cursos, mas, em físico-química e química analítica é menos comum o uso de um único livro-texto num curso avançado de grande amplitude.

Em geral, as disciplinas de pós-graduação abordam conteúdos de áreas menores da química, como teorias (mecânica quântica, cinética), técnicas de investigação (análise em fluxo, espectroscopias diversas), um campo de interesse (estado sólido, estudos sobre classes

[2] O *Journal of the Brazilian Chemical Society* não aceita artigos de história, filosofia e ensino de química.

de compostos). Os materiais instrucionais podem ser livros didáticos específicos, quando os há e, certamente, incluem artigos de periódicos.

Uma diferença notável entre textos científicos e didáticos é que os artigos científicos relatam, em geral, estudos limitados a alguns sistemas, ao passo que os livros didáticos sistematizam os resultados de muitas investigações, possuindo um grau de síntese muito maior. Essa síntese somente é encontrada de modo comparável em grandes artigos de revisão. Os livros, porém, dispõem de mais espaço para impressão, podendo explorar mais detalhadamente o objeto a ensinar. De todo modo, embora se use artigos de revisão no ensino de pós-graduação, eles não são escritos visando o ensino, mas sim, a atualização de cientistas.

De modo geral, o uso de artigos como material instrucional faz parte da estratégia de aproximação do estudante ao conhecimento científico. Entretanto, as revistas cobram dos cientistas um texto o mais compacto possível, o que torna os artigos, muitas vezes, de difícil compreensão para o aluno de pós-graduação.

Os textos dos livros didáticos de química em nível de pós-graduação presumem-se livres de “conceitos equivocados” (Levine, 1991) e trazem referências a artigos científicos em grau variado, alguns mais, outros menos. Porém, no processo de transposição didática, estabelece-se uma diferença decisiva entre ambos: os artigos têm como ponto de partida os problemas que deram origem às pesquisas e os livros, em geral, não explicitam tais problemas, restringindo a discussão aos resultados e métodos empregados nas investigações. É um corte radical no conhecimento.

A ausência de origem dos conhecimentos introduz um caráter dogmático no ensino de química, induzindo à aceitação dos resultados das pesquisas de forma acrítica, o que é indesejável na formação de qualquer profissional. Os textos didáticos acríticos carregam, de modo implícito, estereótipos dos pesquisadores que os escreveram: estes seriam experientes, sábios e confiáveis, de modo que, não haveria porque duvidar de seus escritos.

Com a retirada dos problemas científicos da cena, somem as especificações das experiências, ficando apenas as características comuns ao conjunto. Esse truncamento de informações pode redundar em estranheza do estudante frente ao trabalho de pesquisa. Para que venha a se tornar um cientista crítico, deverá compreender essa ordem da transposição didática, no que os exercícios devem cumprir um papel importante.

Os livros de caráter mais amplo trazem exercícios ao final dos seus capítulos. Na pós-graduação, muitos dos exercícios são simulações de problemas de pesquisa e requerem o estudo de artigos de química, sem o que torna-se impossível sua resolução. Estes exercícios conduzem aos problemas científicos e podem dar uma idéia da distância que separa a simulação da realidade.

Outros exercícios são mais simples, constituindo-se em recurso de facilitação da aprendizagem que visa a consolidação das informações contidas no capítulo estudado.

O ensino de química na graduação

Ao ensino de graduação corresponde a transposição de didática de segunda ordem. De fato, os materiais instrucionais voltados para a graduação apresentam os conteúdos de química diferentemente da pós-graduação. O livro didático é dominante na instrução e o contato sem mediação com a ciência é feito apenas em alguns cursos de finalização.

O ensino superior de química visa formar profissionais para a indústria, o ensino e, através da pós-graduação, para a pesquisa. Os currículos dos cursos de graduação em química nacionais possuem uma estrutura comum. As disciplinas dividem-se em avançadas e básicas das grandes áreas da química — química orgânica, química inorgânica, físico-química e química analítica — e incluem uma criação didática, a química geral. Divisões semelhantes

ocorrem no ensino de física, de biologia, de geologia, e, possivelmente, em outras áreas do conhecimento.

A formação universitária de química é caracterizada por um ensino em espiral que, descendo da pós-graduação, penetra a graduação, atravessa as disciplinas avançadas, as básicas e chega à química geral. A espiral avança, ainda, pelo ensino médio. Os livros didáticos refletem esse movimento em termos da gradação de informações e complexidade de discussão teórica, que diminuem a cada volta descendente da espiral. Mas, não se deve presumir, pela idéia da espiral como linha contínua, apenas continuidade entre os níveis de ensino, porque as mudanças de nível de complexidade dos assuntos requerem novas configurações cognitivas que se estabelecem por ruptura com o nível anterior. A gradação no tratamento dos conteúdos visa reduzir a grandeza dessas descontinuidades. Deve-se considerar também que, à medida que os estudantes avançam no curso, são cada vez mais exigidos a exibir o conhecimento adquirido através da aplicação dos conteúdos básicos a problemas propostos.

Descendo pela espiral, a partir da pós-graduação, encontramos as disciplinas avançadas da graduação. (Atualmente, tem-se proposto disciplinas que são oferecidas simultaneamente para alunos pós-graduação e de graduação avançada.) Estas utilizam livros didáticos específicos e empregam, muitas, vezes, livros de pós-graduação e artigos de periódicos científicos. Os conteúdos dos livros avançados são constituídos por tópicos das grandes áreas ou sub-áreas da química.

Um pouco mais abaixo, as disciplinas básicas das quatro grandes áreas da química empregam livros algo padronizados. Por exemplo, os conteúdos dos textos básicos de físico-química são divididos, em geral, em três partes: equilíbrio, dinâmica e estrutura (não necessariamente nesta ordem), correspondendo às sub-áreas de termodinâmica, cinética e teoria quântica, que possuem textos específicos utilizados em disciplinas avançadas de graduação e pós-graduação.

A maioria dos livros de química de graduação básica exibe um texto ilustrado, subdividido em capítulos que costumam conter exercícios ao final. Alguns indicam bibliografia complementar. Nem todos trazem respostas dos exercícios propostos. Os livros básicos tratam das grandes áreas, com cada conjunto de capítulos correspondendo a uma sub-área.

Comparando-se os livros da graduação com os da pós-graduação, nota-se que os primeiros são mais generosos nos detalhes das explicações, exemplificam mais. Quanto mais fundamental o nível de ensino (pós-graduação → graduação avançada → graduação básica → graduação geral) mais gerais os exemplos, menos exceções são citadas, reduz-se a complexidade teórica dos casos estudados. A par das simplificações, divulgam-se concepções de ciência cada vez mais próximas da falta de dúvida, da palavra final, da verdade incontestável, pois os casos são escolhidos para corroborar as teorias.

A química geral é uma disciplina sem correspondente área de pesquisa, portanto, uma criação didática. Seus objetos de ensino derivam dos conteúdos tidos como mais fundamentais das grandes áreas, trabalhados didaticamente com a intenção de introduzir os estudantes calouros nos estudos superiores. É uma iniciação, uma preparação para as disciplinas básicas de química orgânica, química inorgânica, físico-química e química analítica subsequentes.

Os temas dos capítulos dos livros universitários de química geral apresentam correspondência com as subdivisões dos livros didáticos tradicionais do ensino médio, embora estudados de modo mais detalhado e penetrante. O núcleo de conteúdos comuns é constituído por: caracterização química da matéria e de suas transformações, relações entre quantidades de matéria, energia e tempo envolvidos nas transformações, modelos microscópicos para explicação dos fenômenos macroscópicos. Em geral, existem alguns

capítulos sobre química inorgânica e, nem sempre, sobre química orgânica e bioquímica, embora a tendência atual seja incluí-los.

Os textos de química geral refletem preocupações com a aprendizagem dos estudantes. Esperam-se leitores com formação heterogênea: “seus conhecimentos em ciência e matemática, suas leituras e compreensão, seus hábitos de estudo e suas motivações variam grandemente. (...) Entretanto”, diz o autor, “eu creio que este problema pode ser minimizado — a organização e muitos outros aspectos deste texto foram planejados para fazê-lo” (Russell, 1994). Características especiais são introduzidas com a intenção de facilitar o estudo dos alunos: esquemas, exemplos em profusão, ilustrações, comentários adicionais, glossário, notas, resumos, apêndices.

O estilo didático da química geral começa a penetrar os textos básicos de química: um livro de físico-química básica muito festejado atualmente traz, como o autor afirma, vários “instrumentos pedagógicos” (Atkins, 1998). Cada capítulo apresenta, no início, uma pequena sinopse; no corpo, caixas de texto, exemplos detalhados com auto-testes, ilustrações gráficas e representações de moléculas; ao final, uma lista com as idéias-chave, leitura complementar e exercícios de diversos níveis de complexidade, com respostas. Há, ainda, seções de micro-projetos propostos, que requerem estudo de literatura científica. Como complemento, existe um manual para o instrutor em volume separado. Não é um livro padrão, é um produto que procura diferenciar-se no mercado adotando elementos dos livros didáticos próprios do ensino de química geral.

A química geral é uma disciplina de caráter ambíguo, que se remete ao ensino médio e ao ensino superior, como que procurando estabelecer uma continuidade entre os dois níveis (Silva, Eichler e Del Pino, 2003). Uma questão em aberto é da existência de uma ordem de transposição didática própria de disciplinas deste tipo — química geral, física geral, biologia geral, etc. — que um estudo epistemológico pode vir a revelar.

O ensino médio de química

A finalidade da educação básica é formar o cidadão e o ensino médio faz parte dessa formação. Nesse nível de ensino a cada área de conhecimento corresponde apenas uma disciplina: química, física, biologia, etc. Hoje, muitas experiências de ensino têm sido feitas nas escolas onde são empregados materiais instrucionais dos mais variados, por exemplo: modelos, softwares, textos de publicações especializadas e não-especializadas, materiais de uso cotidiano e baixo custo, televisão. Contudo o livro didático permanece como o tipo de material instrucional dominante, a partir do qual discutiremos uma ordem de transposição didática própria do ensino médio.

As orientações decorrentes das mudanças na legislação brasileira sobre educação que aconteceram nos últimos anos estão provocando alterações nos livros didáticos de química tradicionais, que procuram adequar-se “às exigências destes novos tempos” (Feltre, 2000). As edições mais recentes acenam com possíveis relações da química com o cotidiano dos alunos (Tito e Canto, 2002), com o ambiente (Feltre, 2001), com “assuntos que afetam sua [dos alunos] vida, sua comunidade e o planeta como um todo” (Usberco e Salvador, 2000). Alguns desses livros explicitam relações com orientações contidas em documentos como os parâmetros curriculares nacionais e o exame nacional do ensino médio. Entretanto, a conexão da química com temas sociais deixa muito a desejar, resumindo-se à inclusão de alguns parágrafos no corpo do livro que não são analisados do ponto de vista educacional.

É prática comum que os livros tradicionais tenham seus conteúdos subdivididos em três partes: química geral, físico-química e química orgânica, correspondentes aos três anos

do ensino médio. Nesses livros, química inorgânica e química analítica não existem como áreas da química. Algumas classes de compostos inorgânicos são incluídas na química geral.

Os assuntos tratados nos livros tradicionais do ensino médio correspondem aos estudados na química geral de nível superior, embora com menor complexidade. Entretanto, vários dos tópicos abordados contêm uma desnecessária quantidade de informações que dificulta a compreensão dos assuntos pelos alunos.

Os livros didáticos tradicionais do ensino médio empregam vários artifícios para prender a atenção dos leitores e dirigir seus estudos: muitas ilustrações coloridas, listas de conteúdos importantes, observações, mapas conceituais, destaques. Os exercícios, em geral, são aplicações diretas de fórmulas, pedidos de definições e recapitulações. Utilizam-se muitas questões das provas dos exames vestibulares nacionais como exercícios, a título de treinamento dos alunos para o ingresso no ensino superior. Alguns livros tradicionais propõem atividades práticas simples, que podem ser realizadas em casa.

Por outro lado, textos contendo propostas radicalmente diferentes (GEPEQ, 2000; Mortimer e Machado, 2002; PEQUIS, 2003), fundamentadas em teorias educacionais contemporâneas têm chegado à praça. São materiais que fogem ao padrão tradicional, cada qual propondo organização de conteúdos e metodologia de ensino próprias. Possuem, em comum, a característica de resultarem de pesquisas em ensino de química realizadas por seus autores e buscarem articular, efetivamente, o conhecimento científico com questões socialmente importantes, pondo em evidência o papel da química na vida das pessoas. Esses novos materiais influenciarão, certamente, no debate dos próximos anos sobre o livro didático de química para o ensino médio.

Um traço comum a todos os livros — tradicionais e novos — é o acompanhamento do guia ou manual do professor. Tais apêndices explicam as orientações pedagógicas e o uso dos materiais em maior ou menor grau.

A transposição didática que percorre a espiral curricular visa facilitar a compreensão do conhecimento químico. No entanto, se o ensino pode facilitar a aprendizagem, não a assegura, pois só o aluno pode, efetivamente, internalizar o conhecimento. Em nossa experiência, notamos que, com certa frequência, o estudante se apropria mecanicamente da linguagem de certo nível de ensino sem incorporar os significados correspondentes.

Na seção seguinte discutiremos a transposição didática do conceito de ressonância no âmbito da química orgânica.

Transposição didática do conceito de ressonância

O conceito de ressonância foi introduzido na química por Linus Pauling (1928) como explicação para as ligações químicas, a partir do tratamento quântico realizado por Heitler e London com a molécula do hidrogênio, em 1927. O termo havia sido empregado por Heisenberg na descrição físico-matemática do átomo de hélio, cujas expressões matemáticas assemelham-se formalmente às expressões que descrevem a ressonância de sistemas oscilantes.

A idéia foi aplicada com sucesso na explicação de grande número de fatos químicos. No período de 1931 a 1933 Pauling publicou sete artigos intitulados *The Nature of the Chemical Bond*, onde estabeleceu a conceituação básica da teoria da ressonância. Alguns anos depois, publicou o livro homônimo, uma das obras mais influentes na literatura química.

A grande popularização da teoria da ressonância entre os químicos, especialmente os químicos orgânicos, deveu-se à possibilidade de explicar propriedades de moléculas para as quais existia mais de uma fórmula estrutural possível. Em lugar de condenar a representação

usual das estruturas moleculares e criar outra, Pauling advogou em favor de sua manutenção como uma atitude prática, introduzindo a idéia de que a estrutura correta seria híbrida das várias fórmulas convencionais possíveis.

O caso mais difundido é o do benzeno, que apresenta várias possibilidades de representação:

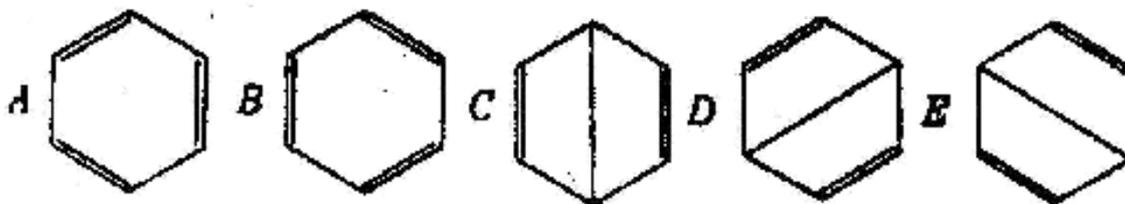


FIGURA 2 - FORMAS RESSONANTES DO BENZENO, DE ACORDO COM PAULING (1945)

As fórmulas A, B, C, D, E são denominadas formas ressonantes do benzeno e a cada uma corresponde uma função de onda. A estrutura correta do benzeno, coerente com dados empíricos, seria um híbrido de ressonância das cinco fórmulas. A função de onda correspondente a esse híbrido seria a combinação linear das cinco funções de onda das formas ressonantes.

A ressonância entre estruturas tornou-se, em Pauling, a idéia teórica dominante: cada distribuição de elétrons diferente configurava uma estrutura do sistema que ressoava entre suas diversas estruturas. No centro do conceito de ressonância estava a concepção de movimento dos elétrons do sistema, fosse um átomo, uma molécula, um íon ou um cristal. Através desse movimento é possível identificar a distribuição de carga elétrica pelo sistema e localizar centros reativos. No caso dos metais o movimento eletrônico adquiria feição mais nítida pois, além de explicar a interação dos átomos, também justificava a condução elétrica. A ressonância era um fenômeno relacionado ao movimento eletrônico interno aos sistemas materiais (Pauling, 1945). Uma idéia com grande poder de explicação dos fatos químicos a partir da representação das estruturas moleculares.

Este conceito de ressonância foi duramente criticado, pelo excessivo realismo. Na extinta União Soviética, a teoria foi desacreditada. Na Inglaterra, os físico-químicos orgânicos negaram a idéia de ressonância como movimento eletrônico. Nos Estados Unidos, George Wheland foi, talvez, o maior dos críticos da ressonância como fenômeno. Lembrando a analogia matemática que deu origem ao termo ressonância, Wheland argumentava que as funções de onda empregadas na construção da estrutura do sistema sob estudo não tinham significado físico-químico. Por isso, as fórmulas empregadas na representação das moléculas, como as cinco fórmulas do benzeno da Figura 2, acima, não representavam estruturas reais. A teoria da ressonância reduzia-se ao método da ressonância, as fórmulas de ressonância seriam instrumentos para resolver problemas. Wheland publicou *Resonance in Organic Chemistry* (Wheland, 1955), um tratado sobre o método da ressonância.

Há toda uma problemática a cercar o conceito de ressonância que remete às concepções de molécula e representação do mundo microscópico. São questões delicadas porque a passagem do território da matéria macroscópica para o dos modelos microscópicos não é tranqüila, requer um modo de raciocínio que relacione grandezas observáveis e características dos modelos, algo difícil, porém, necessário a todo químico e professor de química.

Se Pauling passou à história como o criador da ressonância, as idéias de Wheland terminaram por definir seu significado entre os químicos orgânicos. No *Advanced Organic*

Chemistry de Jerry March (1985), um livro de referência para pesquisadores em química orgânica que contém um texto didático introdutório de cada capítulo, a ressonância é introduzida como um modo de representar estruturas de substâncias que possuem ligações deslocalizadas. A referência apontada como definitiva é o livro de Wheland.

Ainda em nível de pós-graduação, *Advanced Organic Chemistry*, de Carey (2001), segue na mesma linha: um método útil para representar a deslocalização de elétrons e discutir a estabilidade das estruturas de substâncias. Toda a problemática que cerca o conceito é ignorada. A importância do método se revela pela aplicação a casos exemplares.

Pontos comuns aos livros universitários de pós-graduação e de graduação, são: a) a introdução da ressonância pela citação do problema histórico original: a limitação das fórmulas de Lewis para representar estruturas de substâncias; b) a falta de explicação para emprego do termo ressonância e sua controversa polissemia; c) a afirmação de que as fórmulas de ressonância não possuem significado real é feita de forma dogmática, sem justificativa. Enquanto na pós-graduação a ressonância é discutida em termos gerais, os livros de química orgânica básica da graduação recorrem à discussão de casos concretos: radical alila (Morrison e Boyd, 1996); íon carbonato (Allinger et al., [s.d.]; Solomons, 1996); benzeno (Moura Campos, 1976 e 1980; Amaral, 1981). Nos dois níveis de ensino, a representação estrutural é considerada resolvida pelo método da ressonância e a problemática em torno da idéia de ressonância não é claramente exposta.

Na química geral de ensino superior a ressonância é, também, introduzida a partir de casos particulares: ozônio e benzeno (Russell, 1994; Chang, 1994; Brown, 1999), óxidos de enxofre (Brady, 1983), nitrato e benzeno (Atkins e Jones, 2001), óxidos de nitrogênio, nitrato, carbonato, ozônio, benzeno (Rozemberg, 2002). São apresentações curtas onde é explícita a idéia de método de representação estrutural, sem explicações da elaboração conceitual.

Nos livros didáticos tradicionais de química do ensino médio os resultados da transposição didática da ressonância são variados. Tito e Canto (2002) procuram defini-la de modo simples, como “o termo usado para descrever uma situação na qual, sem mudar a posição dos átomos, podemos escrever mais de uma fórmula estrutural diferente, mudando apenas a posição de alguns elétrons”, considerando híbrido de ressonância como “um misto” de estruturas. A distinção entre ressonância e equilíbrio resume-se à diferença dos tipos de setas usadas na representação, sem qualquer discussão. Não distingue entre fenômeno e método.

Há quem apresente a ressonância como movimento eletrônico. Para Feltre (2001) “as ligações duplas saltam espontaneamente de suas posições” nas fórmulas de Kekulé do benzeno. Para Fonseca (1993) os elétrons “mudam de lugar o tempo todo”.

Os novos livros didáticos de química do ensino médio não discutem o conceito de ressonância. Mortimer e Machado (2002) tratam o benzeno do ponto de vista da teoria do orbital molecular, ao passo que o livro do GEPEQ (2000) emprega fórmulas de Kekulé. O material do PEQUIS (2003) publicado até agora (1º módulo) não discute ligações químicas, de modo que o problema da representação de estruturas ainda não se apresentou.

Conclusão

Com exemplo acima procuramos ilustrar a afirmação mais geral de que toda comunicação científica carrega uma intenção didática e que esta muda nos diversos níveis de ensino, produzindo significados decorrentes das correspondentes ordens de transposição didática.

Pauling e Wheland desenvolveram, âmbito da ciência, conceituações diferentes da ressonância: movimento e método de representação, instrumento teórico. Como resultado da controvérsia, venceu a noção de instrumento.

Na transposição didática de 1ª ordem, os manuais da pós-graduação espelham o resultado da disputa científica, mas, escondem o processo de elaboração conceitual do método. Essa mudança equipara a ciência a outras formas de conhecimento dogmático, como as religiões, o que é contrário à prática da pesquisa científica.

A 2ª ordem de transposição didática mantém-se fiel ao conceito de ressonância como método. Entretanto, privilegia uma visão de ciência muito difundida, a de que o conhecimento provém da experiência particular e depois é generalizado. Esta posição está em desacordo com as principais correntes da epistemologia de base histórica, que têm explicitado a construção dos conceitos científicos.

A 3ª ordem de transposição didática mostra alguns traços de realismo ingênuo presentes no conceito de ressonância estudado no ensino médio. De fato, não nos parece que a ressonância seja um problema relevante para este nível de ensino.

Como conseqüência, é preciso rever a posição de Chervel (1990), de que “o ensino superior transmite diretamente o saber”. Caso fosse assim, a 1ª ordem de transposição didática corresponderia ao ensino médio, o que verificamos ser inexato.

Entendemos que ainda não é possível estabelecer uma relação entre posições epistemológicas e níveis de ensino, o que deve ser objeto de estudo mais detalhado das ordens de transposição didática. O fato é que cada conceito traz em si todo o espectro de filosofias dispersas que o cerca desde sua primeira formação e as posições epistemológicas contidas nos materiais instrucionais refletem como seus autores vêem o conhecimento, a ciência química, o ensino de química. Pauling, por exemplo, defendia um conceito realista da ressonância, tanto em *The Nature of the Chemical Bond*, que usava no ensino de pós-graduação, quanto no livro de química geral que escreveu. Desse estudo poderiam emergir, também, relações entre ordens de transposição didática e perfil conceitual (Mortimer, 1992).

Concluimos, portanto, que o conceito de ordens de transposição didática possibilita, lado a lado com o emprego da história e da epistemologia no ensino de ciências, um trabalho de investigação mais profundo do processo de ensino/aprendizagem dos conceitos científicos.

Referências

- ALLINGER, Norman L. et al. *Química Orgânica*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, [s.d.]. 2v.
- AMARAL, Luciano do. *Química Orgânica*. São Paulo: Moderna/EDUSP, 1981.
- ATKINS, P. W. *Physical Chemistry*. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- ATKINS, Peter W.; JONES, Loretta. *Princípios de Química*. Porto alegre: Bookman, 2001.
- BRADY, James E.; HUMINSTON, Gerard E. *Química Geral*. Rio de Janeiro: LTC, 1983.
- BROWN, Theodore L.; LEMAY, H. Eugene.; BURSTEN, Bruce H. *Química Ciência Central*. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- CAMPOS, Marcello de Moura (coord.) *Fundamentos de Química Orgânica*. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP, 1980.
- CAMPOS, Marcello de Moura (coord.) *Química Orgânica*. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP, 1976. 4v.
- CAREY, Francis A.; SUNDBERG, Richard J. *Advanced Organic Chemistru*. 4th ed. New York: Plenum, 2001.

- CHANG, Raymond. *Química*. 5a ed. Lisboa: McGraw-Hill, 1994.
- CHERVEL, André. *Teoria & Educação*, v.2, p.177-225, 1990.
- CHEVALLARD, Yves. *La transposición didáctica*. Buenos aires: Aiqué, 1998.
- COTTON, Frank Albert; WILKINSON, Geoffrey. 5th ed. *Advanced Inorganic Chemistry*. New York: John Wiley, 1988.
- FELTRE, Ricardo. *Química*. 5. ed. São Paulo: Moderna, 2000. 3v.
- FELTRE, Ricardo. *Fundamentos da Química*. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2001.
- GEPEQ. *Interações e Transformações*. São Paulo: EDUSP, 2000.
- IHDE, Aaron J. *The Development of Modern Chemistry*. New York: Dover, 1984.
- JBCS, 2003. Disponível em: <http://jbc.sbc.org.br/jbc/instr-authors.html#1>
- LEVINE, Ira N. *Quantum Chemistry*. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.
- MARCH, Jerry. *Advanced Organic Chemistry*. 3rd ed. New York: John Wiley, 1985.
- FONSECA, Martha REIS Marques da. *Química Integral*. São Paulo: FTD, 1993.
- MORRISON, Robert T.; BOYD, Robert N. *Química Orgânica*. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1996.
- MORTIMER, Eduardo. *Química Nova*, v.15, n.3, p.242-249, 1992.
- MORTIMER, Eduardo; MACHADO, Andréa Horta. *Química para o Ensino Médio*. São Paulo: Scipione, 2002.
- PAULING, Linus. *Chemical Reviews*, v.5, p.173-213, 1928.
- PAULING, Linus C. *The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals*. 2nd ed. Ithaca-NY: Cornell University Press, 1945.
- PEQUIS. *Química e Sociedade*. São Paulo: Nova Geração, 2003.
- PERUZZO, Francisco Miraglia; CANTO, Eduardo Leite do. *Química: na Abordagem do Cotidiano*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2002.
- ROZEMBERG, I. M. *Química Geral*. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.
- RUSSELL, Colin A. (ed.) *Recent Developments in the History of Chemistry*. London: The Royal Society of Chemistry, 1985.
- RUSSELL, John Blair. *Química Geral*. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1994. 2v.
- SILVA, Shirley Martín da; EICHLER, Marcelo Leandro; DEL PINO, José Cláudio. *Química Nova*, v.26, n.4, 585-594, 2003.
- SOLOMONS, T. W. Graham. *Química Orgânica*. 6^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. *Química*. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2000. 3v.
- NOVAIS, Vera. São Paulo: Atual, 1996.
- WHELAND, George W. *Resonance in Organic Chemistry*. New York: John Wiley, 1955.
- ZIMAN, John. *Conhecimento Público*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979.