

# ABORDAGEM DE LIGAÇÕES QUÍMICAS EM LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS APROVADOS NO PNLD 2011

## APPROACH CHEMICAL BONDS IN SCIENCE TEXTBOOKS APPROVED IN PNLD 2011

*Célio da Silveira Júnior<sup>1</sup>, Maria Emília Caixeta de Castro Lima<sup>2</sup>, Andréa Horta Machado<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>UFMG/FAE, [celiosilveirajr@yahoo.com.br](mailto:celiosilveirajr@yahoo.com.br); <sup>2</sup>UFMG/FAE, [mecdcl@uol.com.br](mailto:mecdcl@uol.com.br); <sup>3</sup>UFMG/COLTEC, [ahortamachado@gmail.com](mailto:ahortamachado@gmail.com)

### Resumo

Os livros didáticos desempenham papel fundamental nas relações de ensino e por isso são objeto de diversas pesquisas. Neste trabalho analisamos a abordagem de ligações químicas nas onze coleções de Ciências aprovadas pelo PNLD 2011 para os anos finais do Ensino Fundamental. Nossos enfoques foram de caráter epistemológico, metodológico e pedagógico, interessando-nos os expedientes utilizados nas coleções para a promoção da aprendizagem e avaliação do conteúdo, bem como a forma de organização e aprofundamento. Os dados analisados foram obtidos das sequências de conteúdo e orientações pedagógicas presentes nas obras. Os resultados encontrados nos permitiram organizar as coleções didáticas em três grupos quanto ao tratamento dado às ligações químicas. No grupo com maior número de obras, detectamos uma padronização e aspectos inadequados quanto aos critérios de análise elencados. As obras que não abordavam o tema ligações químicas ou davam um tratamento mais adequado a ele foram incluídas nos outros dois grupos.

**Palavras-chave:** Ligações químicas, livro didático, ensino fundamental.

### Abstract

Textbooks play a key role in the relations of teaching and therefore are the subject of much research. In this paper we analyze the approach of chemical bonds in the eleven collections of Sciences approved by PNLD 2011 for the final years of elementary school. Our approaches were epistemological, methodological and pedagogical, interested in the records used in collections for the promotion of learning and assessment content and form of organization and depth. Data were obtained from sequences of content and pedagogical orientations in the works. The results allowed us to organize the teaching collections of Sciences approved in PNLD 2011 into three groups regarding the treatment of chemical bonds. In the group with the largest number of works, we detect a pattern and inadequacies in the criteria for analysis listed. The works that did not address the subject chemical bonds or gave a more adequate treatment to it were included in the other two groups.

**Key words:** Chemical bonds, textbook, elementary school.

## AS PESQUISAS SOBRE LIVROS DIDÁTICOS

Os livros didáticos desempenham papel fundamental nas relações de ensino especialmente quanto ao planejamento e desenvolvimento das aulas. Não é o único recurso didático existente, mas sempre foi o mais utilizado, importante, disseminado e intensivo. Para alguns professores, são quase que determinantes da prática pedagógica em sala de aula, sendo ainda utilizado como um manual completo. Outros professores, de forma diversa, estabelecem uma interação pessoal e alternativa com o livro didático adotado, deixando de lado parte dos textos e atividades. Em um ou outro caso, porém, a importância dos livros didáticos está posta, principalmente agora que seu uso foi ainda mais intensificado nas salas de aula da educação básica a partir da implementação do PNLD - Programa Nacional do Livro Didático. (FRACALANZA e MEGID NETO (organ.), 2006; SILVA, QUADROS e AMARAL, 2009; LIMA e SILVA, 2010).

Por essa importância, os livros didáticos foram objeto de diversas pesquisas. Muito, e de há muito se tem falado sobre o livro didático<sup>1</sup>. Os enfoques de análise também foram os mais diversos, dentre outros, político, sócio-histórico, econômico, epistemológico, metodológico e pedagógico. A partir dessas análises, verifica-se que há um estoque razoável de críticas aos livros didáticos.

No que se refere aos de Ciências especificamente, as críticas são de que reforçariam estereótipos e preconceitos raciais e sociais, mitificariam a Ciência, favoreceriam o desenvolvimento de noções científicas equivocadas, não abordariam de maneira adequada aspectos fundamentais do ensino na área, utilizariam excessivamente simbologias, apresentariam sínteses teórico-conceituais muitas vezes reduzidas a definições enxutas, e não problematizariam os conteúdos, dentre outros. (FRACALANZA e MEGID NETO (organ.), 2006; SILVA, QUADROS e AMARAL, 2009; LEAL, 2010).

Por ter sido muito explorada, a questão do livro didático poderia parecer academicamente superada. Porém, com o advento de políticas de controle da qualidade dos livros didáticos implementadas pelo MEC – Ministério da Educação do Governo Brasileiro os estudos deslocaram o foco e estabeleceram novos olhares. Este novo cenário é constituído, por um lado, pelo MEC avaliando sistematicamente as coleções didáticas; por outro, pelos professores com a possibilidade de ter acesso às informações dessas coleções antes de indicá-las para adoção; e por outro ainda, pelos autores e editoras que passaram a dispor de critérios e parâmetros explícitos para orientar sua produção didática. A temática assim foi renovada com a inclusão de questões não consideradas pelas pesquisas anteriores. Uma das questões envolve a investigação das análises realizadas buscando verificar se as avaliações têm sido relevantes e consistentes quanto aos critérios e descritores utilizados. (FRACALANZA e MEGID NETO (organ.), 2006).

É por meio do PNLD que o MEC visa contribuir para a universalização do ensino e para a melhoria de sua qualidade, democratizando o uso e estabelecendo os critérios para adoção, aquisição e distribuição gratuita de livros didáticos para os alunos matriculados nas escolas públicas do Ensino Fundamental.

---

<sup>1</sup> Fracalanza e Megid Neto (2006), referindo-se aos livros didáticos de Ciências, afirmam que há pelo menos duas décadas pesquisadores vêm se dedicando a investigar a qualidade das coleções didáticas. Apenas a produção acadêmica brasileira sobre o tema seria constituída por cerca de uma centena de trabalhos. Em relação à Química, são exemplos as pesquisas empreendidas por Schnetzler (1981) que analisou livros didáticos para o ensino secundário no período de 1875 a 1978; Lopes (1992) que analisou os obstáculos ao aprendizado presentes em livros didáticos; Leal (2010) que analisou, no início dos anos 90, os aspectos epistemológicos e metodológicos presentes em livros didáticos.

No que se refere aos livros didáticos de Ciências, o PNLD tem recebido críticas positivas, dentre as quais, de ser um dos fatores de avanço em relação aos problemas encontrados nas pesquisas dos anos 80 e 90 e de se constituir como interessante e louvável preocupação do Governo em avaliar as coleções didáticas a fim de retirar do mercado livros de qualidade duvidosa. Em contrapartida, o PNLD tem também recebido críticas negativas, dentre as quais, de colaborar para minimizar apenas erros e deficiências periféricas das coleções didáticas e de assim não considerar aspectos essenciais derivados de fundamentos conceituais que determinam as peculiaridades do ensino no campo das Ciências. (FRACALANZA e MEGID NETO (organ.), 2006; BRASIL, 2010; LEAL, 2010).

## **A PROPOSTA DESTE TRABALHO**

O presente trabalho tem como proposta contribuir para a análise desse contexto que envolve as relações de ensino de Ciências, os livros didáticos, e os programas governamentais de avaliação. A análise se voltará para as coleções de Ciências aprovadas pelo PNLD 2011, mais especificamente para os livros destinados ao 9º ano do Ensino Fundamental no que se referem ao tema ligações químicas.

O estudo das ligações químicas tem como objetivo fundamentar o entendimento das propriedades e dos comportamentos dos materiais, tendo assim relação direta com os pilares da Química, ciência que estuda os materiais, as suas propriedades, a constituição e as transformações que eles sofrem. Conhecer os diferentes modelos de ligações químicas pode possibilitar a compreensão de diversos fenômenos que ocorrem ao nosso redor, como as reações químicas, a liberação de energia na combustão, a solubilidade de substâncias, etc. Assim, as ligações químicas constituiriam ideia poderosa ao possibilitar o estabelecimento de maiores nexos com outros conceitos ou ideias e por funcionar como aglutinador lógico, ou seja, sintetizador de outros saberes. Temos, porém, dificuldades associadas. Por ser um tema abstrato, longe das experiências dos alunos, as ligações químicas têm grande potencial para gerar concepções equivocadas por parte dos estudantes. Isso é especialmente preocupante quando voltamos nossa atenção para o Ensino Fundamental<sup>2</sup>. (CARVALHO e JUSTI, 2005; LIMA e BARBOSA, 2005; FERNANDEZ e MARCONDES, 2006; MILARÉ, 2007; SILVA, QUADROS e AMARAL, 2009).

Consideramos que esse estudo é importante na medida em que propõe investigar a abordagem de um tema complexo em um nível fundamental de ensino e que pode se constituir como um processo problemático, dependendo dos propósitos e da forma de abordagem. O foco são as ligações químicas nos livros que serão utilizados nas escolas públicas no triênio 2011-2013. O nosso interesse, além do que se refere ao desejo de contribuir para o conhecimento da área, é o de também embasar pesquisa que estamos desenvolvendo em escola da rede estadual da região metropolitana de Belo Horizonte, em turma do 9º ano que adota uma das coleções aqui avaliadas. Pretendemos verificar, no caso da pesquisa, que tipos de relações os sujeitos envolvidos estabelecem com o texto didático sobre ligações químicas, e que reflexos isso traz para o tratamento a ser dado ao tema, tomando-se como referência enfoques epistemológicos, e pedagógicos/metodológicos relacionados ao ensino de Ciências no segundo segmento do nível fundamental.

---

<sup>2</sup> Milaré (2007) discorre que as ligações químicas também são tratadas na última série do Ensino Fundamental, embora haja alerta consignado nos Parâmetros Curriculares Nacionais de que os estudantes dessa fase de ensino têm dificuldade para compreenderem fenômenos no nível molecular e atômico. Nesse sentido, afirma que há de se repensar os conteúdos de Química e sua forma de abordagem no Ensino Fundamental.

## AS COLEÇÕES ANALISADAS

Foram analisadas todas as onze coleções didáticas de Ciências aprovadas pelo PNLD 2011, especialmente os livros destinados ao 9º ano do Ensino Fundamental, onde normalmente está inserido o tema ligações químicas. Os dados de identificação dos livros são apresentados no Quadro 1 na mesma ordem em que as coleções aparecem no Guia de Livros Didáticos (BRASIL, 2010):

Quadro 1 – Dados de identificação dos livros didáticos analisados

<b>Livro</b>	<b>Título</b>	<b>Autor (es)</b>	<b>Editora</b>	<b>Ano da edição</b>
I	Ciências – Matéria e Energia	Fernando Gewandsznajder	Editora Ática S.A	2010
II	Ciências: Física e Química	Carlos Augusto Barros e Wilson Roberto Paulino	Editora Ática S.A.	2010
III	Ciências Integradas	Jenner Procópio de Alvarenga <i>et al.</i>	Editora Positivo	2010
IV	Ciências: Atitude e Conhecimento	Maria Teresinha Figueiredo e Maria Cecília Guedes Condeixa	Editora FTD S.A.	2009
V	Ciências BJ	Nélio Bizzo e Marcelo Jordão	Editora do Brasil	2010
VI	Ciências Naturais	Olga Aguilar Santana e Aníbal Fonseca de Figueiredo Neto	Editora Saraiva	2009
VII	Ciências Naturais – Aprendendo com o cotidiano	Eduardo Leite do Canto	Editora Moderna Ltda.	2009
VIII	Ciências, Natureza & Cotidiano: criatividade, pesquisa, conhecimento	José Trivellato Júnior <i>et al.</i>	Editora FTD S.A.	2009
IX	Construindo Consciências	Carmen Maria De Caro <i>et al.</i>	Editora Scipione S.A.	2010
X	Ciências - Coleção Perspectiva	Ana Maria Pereira <i>et al.</i>	Editora do Brasil	2010
XI	Projeto Radix: ciências	Leonel Delvai Favalli <i>et al.</i>	Editora Scipione S.A.	2009

O Guia de Livros Didáticos faz também uma comparação entre todas as coleções em relação a cinco categorias de análise. O quadro 2 reproduz essa comparação, substituindo a escala de cores utilizada no original por uma escala numérica de avaliação:

Quadro 2 – Comparativo de avaliação das coleções didáticas – PNLD 2011\*

Livro	Proposta pedagógica	Conteúdo	Pesquisa Experimental	Manual do professor	Projeto gráfico
I	2	3	1	1	4
II	3	3	2	2	3
III	2	1	2	1	3
IV	3	3	3	3	3
V	3	3	3	4	4
VI	4	3	4	4	4
VII	2	3	3	3	4
VIII	3	3	3	4	4
IX	4	3	4	4	3
X	3	1	1	3	3
XI	2	3	3	2	3

\* Níveis de qualificação conforme BRASIL, 2010: 1, mais baixo; 4, mais alto (adaptados).

## A METODOLOGIA E OS DADOS PARA ANÁLISE

Há críticas no sentido de que o ensino para os últimos anos do nível fundamental tem um programa escolar de modo geral extenso, com um excesso de informações de caráter pseudo-científico, injustificado e ineficiente. Os conteúdos são apresentados como uma versão resumida e inadequada daqueles que são ministrados no ensino do nível médio, e são trabalhados de forma superficial, pouco contribuindo para a formação de competências de caráter cognitivo, comunicativo e atitudinal dos educandos. Assim, o ensino em um nível se transforma em mera preparação para o ensino do próximo nível (LIMA e AGUIAR JR, 2000; MILARÉ e ALVES FILHO, 2010).

Neste trabalho, justifica-se portanto que os nossos enfoques de análise tenham um caráter epistemológico, metodológico e pedagógico. Estaremos interessados nos expedientes utilizados nas coleções didáticas para a promoção da aprendizagem e avaliação do conteúdo, bem como forma de organização e aprofundamento. Pretendemos na prática verificar, entre outros: Que tipos de ligações foram abordadas? Em que sequência? Como se conferiu sentido ao conteúdo? Como foram feitas as escolhas pelos autores? Onde recaiu o foco? Que relações foram estabelecidas entre modelos propostos para as ligações e propriedades dos materiais? Que importância foi dada à construção de modelos? A análise se baseará também nos resultados e recomendações de importantes trabalhos que envolveram essa temática, dentre eles: MORTIMER *et al.* (1994), CARVALHO e JUSTI (2005), FERNANDEZ e MARCONDES (2006), MILARÉ (2007), MILARÉ e ALVES FILHO (2010).

Os dados para análise foram reproduzidos a seguir, por livro analisado. A primeira parte diz respeito à sequência com que o conteúdo foi tratado e aparece sublinhada. Em seguida, ainda na primeira parte, apresentou-se um resumo por tópicos sobre esse conteúdo.

Na segunda parte, são apresentadas de forma resumida as orientações que os autores dirigiram aos professores sobre o tema ligações no livro de Assessoria Pedagógica:

**LIVRO I - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - Estabilidade dos gases nobres - Regra do octeto - Ligação iônica- Ligação covalente - Ligação metálica - Tipos de ligação e propriedades. Estabilidade dos gases nobres: máximo de elétrons na última camada. Regra do octeto: átomos ao se ligarem buscam essa estrutura estável. Ligações: podem ocorrer por transferência (tipo iônica) ou por compartilhamento de elétrons (tipo covalente). Ligação metálica: íons positivos imersos em uma “nuvem” de elétrons explicariam a boa condução de eletricidade pelos metais. Estados físicos comuns de substâncias iônicas e covalentes nas condições ambientais.

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - Há exceções à regra do octeto. Nas reações e ligações químicas ocorrem mudanças no número de elétrons das camadas mais externas dos átomos. Exemplos de conexões entre o conceito de ligações químicas e os fenômenos do dia a dia. Exemplos para demonstrar que as propriedades da substância formada são diferentes das dos elementos constituintes. Sugestão de atividade prática para representação das ligações, utilizando palitos e pequenas esferas de isopor ou de massa de modelar.

**LIVRO II - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - Estabilidade dos gases nobres - Regra do octeto - Ligação iônica - Ligação covalente – Metais – Propriedades. Estabilidade dos gases nobres: relacionada à distribuição eletrônica. Nas ligações, a busca por essa estabilidade envolve a perda ou ganho de elétrons: regra do octeto. Podem ser iônicas (se há transferência de elétrons) ou covalentes (se há compartilhamento). Metais: redes de cristais com íons positivos rodeados por “nuvem” de elétrons. Descreve os estados físicos comuns das substâncias iônicas e covalentes na temperatura ambiente.

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - Não encontradas.

**LIVRO III - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - Uma questão de estabilidade - Regra do octeto - Ligações iônicas - Ligações covalentes - Ligações metálicas. Estabilidade dos gases nobres: relacionada à energia dos elétrons da última camada (completa). Regra do octeto: teoria proposta para explicar a ligação entre átomos. Eles se ligam uns a outros até completar a última camada com o número máximo de elétrons. Ligações iônicas: atração entre íons de cargas opostas e com estruturas estáveis semelhantes às dos gases nobres. Dissolução de substâncias iônicas e condução de eletricidade. Ligações covalentes: compartilhamento de elétrons entre átomos que precisam receber elétrons para completar a última camada. Ligações metálicas: liberação parcial de elétrons com formação de cátions e estrutura cristalina. Elétrons livres: nuvem que envolve e neutraliza os cátions formados.

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - Átomos, exceto gases nobres, não se encontram isolados na natureza, mas agrupados com outros átomos formando os diversos materiais e substâncias que nos rodeiam.

**LIVRO IV - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - Conteúdo excluído do livro

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - A compreensão de aspectos básicos da tabela significa a conclusão dos estudos de Química no Ensino Fundamental. Ao final do texto são fornecidas algumas informações sobre os avanços do conhecimento do átomo do século XX a título de ampliação. Não se pretende discutir os assuntos apontados, o que exigiria um novo capítulo.

Também não consideramos que tais discussões sejam adequadas aos alunos do Ensino Fundamental, que geralmente decoram informações sobre orbitais ou tipos de ligação química, assuntos que demandam aprofundamento compatível com a abordagem realizada no Ensino Médio.

**LIVRO V - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - Elétrons - Regra do octeto - Ligação iônica - Ligações covalentes - Características das substâncias iônicas e moleculares. Transformações químicas: alteram configurações de elétrons dos átomos que obedecem à regra do octeto, de forma a ficarem com oito elétrons em sua última camada. Ligação iônica: ocorre quando dois ou mais íons de cargas opostas permanecem juntos por atração elétrica. Ligações covalentes: átomos ligados compartilhando um ou mais elétrons. Substâncias moleculares. A corrente elétrica é conduzida por metais, substâncias iônicas fundidas ou misturas de substâncias iônicas em água, pois a corrente elétrica necessita de íons com mobilidade para ser conduzida por uma substância.

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - Usar a regra do octeto para explicar a ligação química é suficiente para os alunos do 9º ano. Mas, uma melhor explicação é a de que a energia dos núcleos e elétrons combinados é menor que dos átomos isolados. Compostos iônicos produzem íons quando dissolvidos em água, e por isso conduzem corrente elétrica. Substâncias moleculares não conduzem corrente elétrica quando dissolvidos em água, mas há exceções (ácidos, por exemplo).

**LIVRO VI - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - Formação dos materiais - Substâncias diferentes – Propriedades. A formação dos materiais ocorre a partir dos átomos. Molécula é a menor porção de uma determinada substância. Os mesmos tipos de átomos podem formar substâncias diferentes. Átomos do mesmo elemento químico também podem se agrupar de maneiras diversas, dando origem a uma substância diferente. A quantidade de átomos e a maneira como eles se agrupam conferem características próprias à substância resultante.

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - Linhas que ligam os átomos nas representações da molécula são recursos usados para dar forma à estrutura, pois o que segura os átomos em suas posições são forças elétricas. Um mesmo átomo pode fazer parte de substâncias bem diferentes. Nosso intuito foi abordar aos poucos e de forma contextualizada os conceitos de química que achamos adequado ao Ensino Fundamental. De maneira alguma, pretendemos explorar a fundo essas funções, propondo definições e representações que consideramos além do alcance de estudantes dessa faixa etária. A parte que desenvolvemos aqui é fundamental para iniciar a aprendizagem desses conceitos, que será complementada no Ensino Médio, momento em que os alunos terão condições de sistematizar plenamente esses conhecimentos.

**LIVRO VII - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - Gases nobres: modelo de estabilidade - Ligação iônica - Ligação covalente - Ligação metálica - Comparação entre os tipos de substâncias. Possuir uma eletrosfera semelhante à de um gás nobre permite um átomo se estabilizar. Ligação iônica: átomos entre os quais ocorre transferência de elétrons adquirem eletrosferas iguais a de gases nobres. Retículo cristalino iônico. Ligação covalente: compartilhamento de elétrons na quantidade suficiente para que passem a ter eletrosfera semelhante à de gás nobre. Moléculas. Fórmula estrutural. Ligação metálica: núcleo de cada átomo exerce atração sobre elétrons de sua eletrosfera e também sobre os elétrons dos vizinhos, mantendo toda a estrutura unida; os elétrons não estão totalmente presos e podem

transitar por toda a estrutura; “mar de elétrons”. Ligas metálicas. Descreve os estados físicos comuns das substâncias iônicas, moleculares e metálicas nas condições ambientais.

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - A obra apresenta noções sobre distribuição eletrônica em camadas e regra do octeto, mas essa abordagem é totalmente opcional pois o tema é geralmente desenvolvido na 1ª Série do Ensino Médio. Tentou-se evitar a concepção errônea de que todas as substâncias são formadas por moléculas. Espera-se que os alunos adquiram a noção de que há três tipos de substâncias - iônicas, moleculares e metálicas -, que esses tipos diferem na maneira como os átomos se unem e que o tipo de ligação química tem implicação nas propriedades de uma substância. Tentou-se evitar a concepção errônea relacionada à condutividade elétrica da água.

**LIVRO VIII - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - Interações elétricas entre átomos - Tipos de ligação química: metálica, iônica e covalente - A estrutura metálica - A ligação iônica - A ligação covalente - Interações intermoleculares. Ligação química e os seus tipos dependem da intensidade das forças de atração e repulsão entre os átomos que interagem. Estrutura metálica: núcleos exercem forças de atração sobre muitas eletrosferas e com isso há elétrons que ficam relativamente livres. Propriedades dos metais: relacionadas a esse modelo de estrutura metálica. Ligação iônica: ocorre quase sempre entre átomos de elementos químicos diferentes, quando o núcleo de um átomo exerce maior força de atração sobre os elétrons do outro átomo do que seu próprio núcleo, ocorrendo transferência de elétrons de um átomo para outro. Ligação covalente: ocorre quando a diferença entre as forças de atração entre o núcleo de um átomo e os elétrons do outro não é grande o suficiente para que exista transferência de um ou mais elétrons entre eles. Interações intermoleculares: a existência dos estados condensados da matéria indica que devem existir atrações entre as moléculas com intensidade suficiente para mantê-las próximas. Essas atrações também resultam de interações elétricas núcleo-eletrosferas, neste caso, núcleos de átomos de uma molécula atraem eletrosferas dos átomos de outra molécula.

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - A ligação química é primeiramente tratada com uma visão sistêmica como resultado de interações elétricas entre átomos e, a partir dessa ideia mais ampla, são comparadas as ligações iônica, covalente e metálica. Um dos conteúdos procedimentais planejados é de “relacionar propriedades de substâncias com sua estrutura”. Os alunos devem ser levados a perceber que as ligações entre átomos resultam de forças de atração e repulsão elétrica entre eles. A explicação do porquê das proporções em que eles se unem deve ser assunto do Ensino Médio. É mais do que suficiente que os alunos tenham essa visão ampla da ligação química como resultado de atrações elétricas que superam repulsões, e é nela que se deve insistir. Querer mostrar quantos elétrons há na camada de valência, quantos são transferidos ou compartilhados, fazer previsão de fórmulas são procedimentos inócuos quando não se tem a compreensão da ligação química como sendo de natureza elétrica. Resultaria apenas em simples mecanização, em que os alunos até podem “pensar que aprenderam”, pois resolvem exercícios. É melhor que no Ensino Fundamental seja bem desenvolvida essa forma de encarar as ligações químicas. Certamente, os alunos terão menos dificuldades e menos rejeição para com a disciplina Química no Ensino Médio.

**LIVRO IX - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - Os átomos ligam-se uns aos outros - As ligações entre os átomos de um metal - Modelos de ligação química para materiais não metálicos - Comparando forças de interação a partir das propriedades dos materiais. Os materiais tendem ao estado mais estável, de menor energia. A ligação entre os átomos se dá

por meio da interação entre os elétrons das camadas mais externas e os núcleos dos respectivos átomos. Os átomos unidos apresentam maior estabilidade do que os que se encontram separados e têm portanto um nível de energia menor do que possuíam anteriormente. A ligação metálica resulta da aproximação dos átomos do metal carregados positivamente unidos entre si por uma grande quantidade de elétrons livres que se movimentam entre esses átomos. As propriedades dos metais estão relacionadas ao movimento dos elétrons livres. Nos materiais que não conduzem bem a corrente elétrica, as ligações devem ser diferentes das utilizadas para explicar as propriedades dos metais. Podemos pensar em termos de transferência de elétrons de um átomo para outro ou de compartilhamento de elétrons de átomos vizinhos. Para explicar as diferenças entre as propriedades dos materiais, precisamos recorrer a outros modelos de ligações. Isso é um convite para que se continue a aprender Ciências. As forças de ligação que mantêm unidos os materiais podem ter diferentes intensidades: as ligações ou interações eletrostáticas que ocorrem entre átomos e entre íons são fortes, são difíceis de serem rompidas e por isso suas temperaturas de fusão e de ebulição são tão altas; as forças que mantêm as moléculas unidas entre si, ao contrário, são fracas.

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - O ensino de ligações químicas é criticado pelas simplificações feitas pelos textos didáticos que acabam ocorrendo em erros conceituais. Cientes disso, algumas ideias orientadoras do entendimento das ligações: a) a ligação não é algo físico b) nas ligações ocorrem abaixamento de energia do sistema c) a estabilidade deve ser entendida como um estado baixo de energia em oposição à ideia de que um composto se estabiliza por adquirir uma configuração semelhante à de um gás nobre, o que costuma estar associado à apresentação da regra do octeto d) para o modelo de ligação metálica, usa a analogia do mar de elétrons. Na natureza não existem compostos 100% iônicos ou ligados por um caráter exclusivamente covalente ou metálico. Modelos de dissolução são muito importantes na aprendizagem de vários conceitos químicos que serão objeto de atenção no Ensino Médio. Uma propriedade específica isolada não é suficiente para caracterizar um material, precisando para isso se analisar um conjunto de propriedades.

**LIVRO X - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - O comportamento dos átomos - Regra do octeto - Ligação iônica - Ligação covalente - Ligação metálica. Gases nobres: elementos estáveis e com oito elétrons na última camada (exceto o hélio). Regra do octeto: elementos que não têm oito elétrons podem perder, receber ou compartilhar elétrons para obter estabilidade. Ligação iônica ocorre por atração eletrostática de íons formados. Ligação covalente: par eletrônico passa a fazer parte de ambos os átomos, ficando estabelecido o octeto e alcançada a estabilidade. Ligação metálica: metais tendem a perder elétrons para se tornarem cátions estáveis que se agrupam. Elétrons perdidos ficam ao redor dos cátions, servindo para uni-los e evitando a repulsão entre as cargas positivas.

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - Não encontradas.

**LIVRO XI - SEQUÊNCIA DE CONTEÚDO** - Ligações químicas - Gases nobres - Regra do octeto - Ligações iônicas - Ligações covalentes – Propriedades. Ligação química: combinação química entre átomos. Gases nobres: átomos estáveis - último nível de energia com oito elétrons (exceção- hélio). Regra do octeto: átomos instáveis tendem a ganhar, perder ou compartilhar elétrons no último nível de energia até completarem 8 elétrons, atingindo estabilidade. Ligações iônicas: um ou mais elétrons de valência de um átomo são transferidos para outro, produzindo íons positivos e íons negativos que se atraem por possuírem cargas

opostas. Ligações covalentes: átomos tendem a compartilhar elétrons até adquirir estabilidade. Muitas das propriedades das substâncias são determinadas pelas ligações químicas nela existentes.

**ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS** - A força de atração que surge entre os íons é a força eletrostática.

## DADOS: ANÁLISE E DISCUSSÃO

A partir dos dados verificamos que duas das coleções didáticas, IV e VI, não tratam de ligações químicas. Por isso, foram incluídas no **Grupo A**. No livro IV, entende-se que os estudos de Química no Ensino Fundamental se encerrariam com a compreensão de aspectos básicos relacionados à tabela periódica e que discussões sobre orbitais ou tipos de ligação química exigiriam aprofundamento a ser realizado no Ensino Médio. O livro VI aborda a formação de materiais a partir dos átomos no volume destinado ao 8º ano. A preocupação neste caso foi a de explicitar que um mesmo átomo ou grupo de átomos podem fazer parte de substâncias diferentes. Não há, porém, referências às ligações químicas, decisão também explicitada nas orientações pedagógicas. Nelas, descrevem-se conceitos considerados adequados ao Ensino Fundamental e entre eles não está incluído o modelo de ligações químicas.

As coleções que tratam explicitamente das ligações químicas o fazem no volume destinado ao 9º ano. Na maioria dessas coleções, verifica-se um padrão na apresentação dos tópicos que compõem o conteúdo, que podemos resumir por: estabilidade dos gases nobres – regra do octeto – ligações iônicas – ligações covalentes – ligações metálicas – propriedades das substâncias. Podemos considerar que seguem esse padrão, ainda que com diferenças pontuais, os livros I, II, III, V, VII, X e XI. Portanto, esses livros integram o **Grupo B**.

Um aspecto relevante a ser analisado em relação ao Grupo B se refere à utilização da estabilidade dos gases nobres e da regra do octeto para condução do conteúdo analisado. Em trabalho de MORTIMER, MOL e DUARTE (1994), de quase duas décadas de existência, já se dizia que a crítica ao uso da regra do octeto como explicação para a origem da estabilidade nas ligações químicas não era nova, mas que, apesar disso, ela continuava sendo utilizada na maioria dos livros didáticos. O problema com essa regra, um procedimento útil para a previsão da valência e de fórmulas de compostos, é que ela se transforma em um ritual, um verdadeiro dogma a explicar a estabilidade dos compostos químicos, substituindo princípios mais gerais como as variações de energia envolvidas na formação de ligações entre átomos.

Outro ponto a ser analisado diz respeito aos tipos de ligação química. São apresentadas na seguinte ordem: iônicas-covalentes-metálicas. Poderíamos nos perguntar primeiramente porque esse padrão de apresentação e não outro? Neste grupo de livros isso não é explicitado no texto didático nem nas orientações pedagógicas. No que diz respeito à ligações covalentes, nenhuma das obras se referiu à possibilidade de compartilhamento dos elétrons de forma não igualitária pelos átomos, para explicitar a ideia corrente apontada por FERNANDEZ e MARCONDES (2006). Para explicar a formação das ligações metálicas, foi freqüente o uso da analogia do “mar” ou “nuvem” de elétrons. No entanto, CARVALHO e JUSTI (2005) demonstraram que esse modelo apresentado aos alunos dá ênfase à liberdade de elétrons, deixando de lado outros aspectos fundamentais, o que torna difícil a conciliação dessa ideia com a da existência de forças de atração. Em outras palavras, o único aspecto enfatizado seria o da mobilidade de elétrons.

Há de se analisar também os conteúdos dos livros do Grupo B no que se refere às propriedades. Para LEAL (2010), a Química pode ser definida como a ciência que estuda a

composição e as propriedades dos materiais. Devemos considerar a constituição dos materiais (aí incluídos os modelos de ligações químicas), as propriedades físicas daí decorrentes (temperaturas de fusão e ebulição, solubilidade, condutividade térmica, condutividade elétrica, aparência, etc) e as transformações químicas nas quais estão envolvidos. Para CARVALHO e JUSTI (2005), o objetivo principal do estudo de modelos de ligações químicas é fundamentar a compreensão das propriedades e dos comportamentos dos materiais. Dada essa importância, era de se esperar que os livros dedicassem atenção especial a esse tópico, relacionando os modelos propostos para as ligações com as propriedades dos materiais. Isso também não poderia ser bem feito se omitindo o papel que as interações intermoleculares desempenham nesse contexto, como descrito por ROCHA (2001). Para LEAL (2010), o tema interações intermoleculares é parte do núcleo conceitual central de toda a Química. No entanto, não é essa a realidade verificada nos livros desse grupo. Em alguns, não há sequer descrição das propriedades. São eles: X e XI. Nos demais, a descrição é quase sempre limitada ao estado físico que as substâncias apresentam em condições ambientais. Em nenhum, há menção às interações intermoleculares.

Os dois livros restantes, VIII e IX, apresentam uma estrutura que difere do padrão verificado nos demais e por isso eles integram o **Grupo C**. Esses livros apresentam como pontos comuns: uma abordagem que não atribui a estabilidade das ligações químicas à obediência da regra do octeto, mas sim como resultado de interações elétricas entre átomos, com conseqüente abaixamento de energia do sistema; uma apresentação dos tipos de ligação que se inicia com a metálica; uma abordagem das ligações metálicas que vai além do uso apenas da analogia do “mar” de elétrons; uma vinculação entre os modelos propostos para as ligações e as explicações para as propriedades apresentadas pelas substâncias, incluindo o tratamento da influência das interações intermoleculares; a proposição de realização de atividades práticas; a incorporação das recomendações das pesquisas acadêmicas relacionadas ao tema.

## CONCLUSÕES

Organizamos as coleções didáticas de Ciências aprovadas no PNLD 2011 em três grupos, A, B e C, quanto ao tratamento dado às ligações químicas.

Para o Grupo B, 64% do total das obras aprovadas, detectamos uma padronização e aspectos inadequados quanto aos critérios de análise que elencamos. Alguns aspectos inadequados permanecem mesmo já se tendo disponíveis análises críticas e possibilidades de abordagem de forma diferenciada. Resultado que nos deixa perplexos considerando que todos foram igualmente avaliados pelo PNLD.

Os dois outros grupos, cada um com 18% do total dos livros, ou não tratam o conteúdo em sua coleção - Grupo A, ou dão um tratamento mais adequado ao tema, Grupo C, fugindo da padronização comum e incorporando elementos que são alvo de preocupações e recomendações das pesquisas acadêmicas na área.

Outros critérios podem ser estabelecidos e gerar outras análises. A antecipação do tema ligações químicas deve ou não ser feita no Ensino Fundamental? Como deve ser essa antecipação? Outros temas tratados comumente no Ensino Fundamental também fazem parte desse contexto problemático? Como o PNLD vem contribuindo para a qualificação dos livros didáticos? Essas e outras questões ficam em aberto para futuras pesquisas.

De todo modo, entendemos que a melhoria desse quadro aqui delineado exige um professor mais crítico e reflexivo de sua prática pedagógica, capaz de problematizar suas opções metodológicas e curriculares. Como se vê, a escolha de livros didáticos pressupõe uma

análise mais cuidadosa tanto por parte dos avaliadores do PNLD, quanto dos professores sobre quem recai, em última instância, a escolha dos livros.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. *Guia de Livros Didáticos – PNLD 2011 – Ciências: anos finais do ensino fundamental*: Brasília: MEC/SEB/FNDE, 2010.

CARVALHO, N. B. e JUSTI, R. S. *Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica*. Enseñanza de las Ciencias, 2005. Número extra VII Congresso, 2005.

FERNANDEZ, C., e MARCONDES, M. E. R. *Concepções dos estudantes sobre ligação química*. Química Nova na Escola, São Paulo, n. 24, novembro 2006.

FRACALANZA, H. e MEGID NETO, J. (orgs.). *O Livro Didático de Ciências no Brasil*. Editora Komedi: Campinas, 2006.

LEAL, M. C. *Didática da Química – fundamentos e práticas para o Ensino Médio*. Editora Dimensão: Belo Horizonte, 2010.

LIMA, M. E. C. C. e AGUIAR JR., O. *Ciências: física e química no ensino fundamental*. Presença Pedagógica, Belo Horizonte, v. 6, n. 31, p. 39-49, 2000.

LIMA, M. E. C. C. e BARBOZA, L. C. *Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate*. Química Nova na Escola, São Paulo, n. 29, agosto 2008.

LIMA, M. E. C. C. e SILVA, P. S. *Critérios que professores de Química apontam como orientadores da escolha do livro didático*. Ensaio Pesquisa Em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, 2010

LOPES, A. R. C. *Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química- I obstáculos animistas e realistas*. Química Nova. v. 15, n. 3, p. 254-261. 1992.

MILARÉ, T., e ALVES FILHO, J. P. *A Química Disciplinar em Ciências do 9º Ano*. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 32, n. 1, fevereiro 2010.

MILARÉ, T. *Ligações iônica e covalente: relações entre as concepções dos estudantes e dos livros de Ciências*. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. Atas... Florianópolis, 2007.

MORTIMER, E. F.; MOL, G. e DUARTE, L. P. *Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciência?* Química Nova, São Paulo, v. 17, 1994.

ROCHA, W. R. *Interações intermoleculares*. Cadernos temáticos de Química Nova na Escola, São Paulo, n. 4, maio 2001

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. 1981.

SILVA, D. C., QUADROS, A. L. e AMARAL, L. O. F. *Os metais e a ligação metálica na dinâmica dos livros didáticos*. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. Atas... Florianópolis, 2009.