

NÍVEIS DE SIGNIFICAÇÃO DE CONCEITOS E CONTEÚDOS ESCOLARES QUÍMICOS NO ENSINO MÉDIO: COMPREENSÕES SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS

LEVELS OF CHEMICAL-SCHOLASTIC CONCEPTS AND CONTENTS SIGNIFICATION IN HIGH-SCHOOL: UNDERSTANDINGS ABOUT CHEMICAL CONNECTIONS

LAÍS BASSO COSTA-BEBER*
OTAVIO ALOISIO MALDANER**

RESUMO

Este artigo foi produzido no componente curricular Pesquisa em Ensino de Química II, Curso de Licenciatura em Química da Unijuí. O componente tem como objetivo construir aprendizagens para iniciar os acadêmicos na pesquisa em educação nas Ciências e para potencializar a significação de conceitos e conteúdos químicos. Investigaram-se níveis de significação atribuídos por estudantes concluintes do Ensino Médio (EM) ao conteúdo Ligações Químicas pela identificação de compreensões básicas que possuíam a partir da análise de questões abertas. Uma explicação considerada mais adequada para a compreensão de Ligações Químicas foi formulada, fundamentada em periódicos e livros didáticos do EM e Superior. Verificou-se que a mediação pedagógica produz boas aprendizagens se aceitarmos explicações simplistas para o processo da interação entre átomos na formação das ligações químicas. Estas passam longe da ideia básica que explica as ligações entre átomos, pois não houve relação com o princípio explicativo da energia mínima do sistema que as justifica.

Palavras-chave: Aprendizagem; Nível submicroscópico; Ligação química.

ABSTRACT

This article was produced in the curricular component Research in Teaching of Chemistry II, Degree in Chemistry of Unijuí. The component aims to build learning to begin the academics in educational research in the Sciences and to potentiate the signification of chemical concepts and contents. It were investigated levels of signification assigned by students that are finishing the High-School (HS) to the Chemical Connections content by identifying the basic understandings that had from the analysis of open questions. One explanation considered more appropriate to the understanding of Chemical Connections was formulated, based on journals and textbooks of HS and Higher-Education. It was realized that the pedagogical mediation produces good learning if we accept simplistic explanations for the process of interaction between atoms in the formation of chemical connections. These are far from basic idea to explain the connections between atoms, because there wasn't correlation with the explanatory principle of minimum energy of the system justifying them.

Keywords: Learning; Submicroscopic level; Chemical connection.

* Acadêmica do Curso de Licenciatura em Química da Unijuí. Bolsista de Iniciação Científica FAPERGS no Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências (Gipec-Unijuí).

** Professor Titular do Departamento de Biologia e Química da Unijuí. Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências. Coordenador do Gipec-Unijuí.

INTRODUÇÃO

A significação, pelo menos inicial, de alguns conceitos básicos químicos é considerada essencial para que um sujeito possa se dizer iniciado na Ciência Química. Dentre esses conceitos e conteúdos que podem ser pensados como necessários para a formação do pensamento químico básico, elegeu-se o conteúdo de **ligações químicas**. Considera-se esse conteúdo central ou estruturante para pensar quimicamente sobre o mundo material, pois a partir de um pouco mais de noventa elementos formaram-se milhões de compostos diferentes que constituem todos os materiais conhecidos. Essa diversidade de combinações entre os átomos é compreendida, por aqueles que pensam quimicamente, por meio das interações que ocorrem em nível atômico molecular, as quais permitem aos átomos estabelecerem ligações entre si. Compreende-se que

o meio material ao nosso redor, com suas formas, propriedades e valores, reflete a enorme variedade de maneiras como os átomos se ligam para formar compostos. Por isso, as ligações químicas representam um assunto de fundamental importância, e seu conhecimento é essencial para um melhor entendimento das transformações que ocorrem em nosso mundo. Algumas substâncias, como as que compõem os alimentos e combustíveis, fornecem energia mediante a quebra e a formação de ligações químicas; outras interagem dando origem a novos compostos ou facilitam a dissolução de resíduos em um meio fluido (solventes, detergentes). Desse modo, a dinâmica das ligações químicas acaba regendo a nossa vida (TOMA, 1997, p. 131).

Diante disso, acredita-se que o pensamento científico não pode fazer parte apenas da vida

dos sujeitos que têm o conhecimento das Ciências da Natureza e suas Tecnologias como inerente a suas profissões. Afinal, compreensões e tomadas de decisão em uma sociedade marcada por inovações tecnológicas e científicas requerem aprendizagens que possibilitem ir além de um discurso moralista vazio de conhecimentos. Nesse sentido,

mobilizar e difundir a cultura científica por meio da aprendizagem de elementos científicos e tecnológicos que permitam a compreensão e a incorporação de um mundo cada vez mais 'cientificado' deve ser também a meta da educação científica atual (MOURA; VALE, 2001, p. 136).

Afinal, a humanidade precisou de “noções científicas para produzir ciência e tecnologia, e um dos papéis da escola é promover a enculturação dos escolares nessas noções” (MACHADO; MORTIMER, 2007, p. 25). Desse modo, a aprendizagem de conhecimentos científicos básicos é cada vez mais necessária para que o sujeito tenha condições de se inserir, culturalmente, no contexto social, de maneira a participar de forma consciente das transformações do ambiente em que vive, melhorando a sua qualidade de vida e daqueles com que convive.

Mesmo considerados essenciais para a compreensão da cultura atual, os conhecimentos científicos, de maneira geral, não influenciam a tomada de decisões das pessoas, que acabam utilizando os conhecimentos do senso comum para pensar e agir fora do ambiente escolar. Isso ocorre porque o estudante não sabe o que fazer, fora desse ambiente, com aquilo que lhe é ensinado na escola. Assim, aceita e se submete a todas as informações que lhe são servidas prontas, sem discussão nem comprovação, tomando-se “massa de manobra” e de manipulação, nem crítico, nem criador (MARTINS,

2001). Os estudantes vêm mostrando atitudes passivas no processo de ensino e aprendizagem, marcado por seu conformismo cognitivo, em que não se percebe uma razão para se estudar a Ciência Química, mas que também não há questionamentos quanto à situação que lhe é apresentada. Acontece que

[...] o(a) professor(a) usa os termos e o pensamento científico e os alunos os termos e o pensamento do cotidiano. Em uma aula que trata do conhecimento científico este embate é tão inevitável quanto necessário (ANDRADE, 2004, p. 286).

Os pensamentos cotidianos tendem a resistir diante dos conhecimentos científicos, no entanto,

a verdadeira racionalidade, aberta por natureza, dialoga com o real que lhe resiste. Opera o ir e vir incessante entre a instância lógica e a instância empírica; é o fruto do debate argumentado das ideias, e não a propriedade de um sistema de ideias (MORIN, 2001, p. 23).

A interlocução entre conhecimento cotidiano e científico requer uma mediação com muita sabedoria por parte dos educadores. Os professores negociam os significados dos conceitos com os estudantes, que não superam o conhecimento cotidiano, mas passam a apresentar novos perfis conceituais (MACHADO; MORTIMER, 2007). O que se percebe é a necessidade de uma mudança de concepções e papéis, em que

muda a função da escola, agora preocupada em preparar o aluno para a vida, para atuar na sociedade e se integrar nela. Muda o papel do professor, que deixa de ser o centro do ensino e torna-se o orientador do estudo e do trabalho do aluno. Muda o trabalho do aluno, que deixa de ser um ouvinte e repetidor do que lhe informam e passa a ter participação ativa, interessada e criativa na construção de seus conhecimentos (MARTINS, 2001, p. 27).

Na medida em que essa mudança se mostra cada vez mais necessária para a melhoria da Educação Básica, compreende-se como é difícil reverter a ideia vigente que enfatiza os conteúdos organizados em sequência linear segundo uma lógica de quem conhece a matéria e não daquele que precisa aprendê-la (MALDANER, 2006). A dificuldade em promover as inovações propostas é agravada pela supervalorização do ingresso em cursos de nível superior, como se essa fosse a principal função da Educação Básica, a aprendizagem do mundo da vida fica em segundo plano. Por mais importante que seja a preparação dos estudantes para um novo grau de ensino ou para uma atividade profissional específica, ela não pode vir desacompanhada de uma boa formação básica (MALDANER; ZANON; AUTH, 2006). A qualidade das provas de seleção para Ensino Superior tem sido pouco questionada e refletida, as quais passam, sobretudo, a ter a função de selecionar, não necessariamente aqueles que construíram aprendizagens escolares relevantes, mas, por vezes, seleciona os mais bem preparados ou treinados para fazer a prova. O significado do processo avaliativo também parece estar deturpado no âmbito escolar, no qual os professores, muitas vezes, não refletem os resultados das avaliações para reorientar seu trabalho, como se a não aprendizagem pudesse ser atribuída somente ao estudante. Moura e Vale, fundamentando-se em Caldeira e Gazzoli, afirmam que

a avaliação deve avaliar o desenvolvimento do educando e sua evolução conceitual e não gerar atitudes de passividade pela simples memorização de conteúdos, conforme tem ocorrido (2001, p. 140).

A partir da análise da evolução conceitual dos estudantes, o professor percebe em quais conteúdos pode avançar e em quais é preciso fazer retomadas.

Na busca de analisar a evolução conceitual dos estudantes para o conteúdo ligações químicas, primeiramente, realizaram-se estudos na tentativa de posicionar-se sobre qual explicação considera-se mais adequada para compreender e explicar esse conteúdo. Embora se tenha tomado consciência de que os conhecimentos químicos podem apresentar diferentes respostas para uma mesma questão e que conceitos diversos podem se inter-relacionar e intercomplementar, acredita-se que as ligações químicas possam ser bem explicadas pelas propriedades eletrostáticas dos átomos quando interagem entre si, ao menos para os compostos iônicos. As características apresentadas pelos átomos em interação determinam a ocorrência da ligação química ou não, bem como a sua natureza. Corroborar-se com o pensamento de Mortimer (1996), fundamentado na teoria Quântica, para compreender e explicar as ligações químicas. De acordo com esse autor,

o átomo é representado como sendo constituído por duas regiões de cargas diferentes. O núcleo, situado numa região infinitamente pequena no centro do átomo, tem carga positiva, pois é constituído por prótons (de carga positiva) e nêutrons (de carga neutra). Ao redor desse núcleo situam-se os elétrons (de carga negativa), numa região cerca de 100.000 vezes maior que o núcleo, denominada eletrosfera. A ligação química passa a representar uma interação de natureza eletromagnética que ocorre entre os núcleos (carregados positivamente) e as eletrosferas (carregadas negativamente) de átomos vizinhos (ibidem, p. 20).

Tendo em vista a importância da compreensão do conteúdo de ligações químicas para a formação de um pensamento químico básico, busca-se investigar os níveis de significação atribuídos pelos estudantes do Ensino Médio a esse conceito em nível atômico molecular. Além disso, objetiva-se identificar as concepções dos estudantes para perguntas como: por que os átomos se unem uns aos outros? Por que as ligações químicas são específicas? Para tanto, utilizou-se uma metodologia qualitativa em que o material empírico foi coletado a partir de um questionário feito junto a estudantes do Ensino Médio.

Em um primeiro momento, são apresentados os fundamentos teórico-metodológicos produzidos a partir de investigações em livros didáticos do Ensino Médio e Superior e em artigos sobre esse conteúdo e seu ensino, a fim de explicitar o que se compreende por aprendizagem de um conceito ou conteúdo científico escolar, bem como a forma com que os livros didáticos trazem o conteúdo de ligações químicas. Além disso, os dados selecionados para participar deste texto são apresentados e discutidos. Os resultados possibilitaram uma reflexão a partir da pesquisa realizada, sua importância, além de construções realizadas e suas implicações para o processo de ensino e aprendizagem em Química na Educação Básica. No final, são expostas as considerações realizadas durante a pesquisa.

FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Fernandez e Marcondes (2006), fundamentadas em Bodner e Nakhleh, afirmam que “mesmo após uma educação formal em Química, os estudantes apresentam falhas na compreensão dos conceitos químicos e não

conseguem fazer relações importantes” (2006, p. 20). O fato de frequentar o Ensino Médio e ser aprovado no componente curricular de Química não representa uma garantia de que o estudante construiu, ao longo desses anos, uma formação científica suficiente para ter condições de pensar e agir de acordo com o pensamento científico. A aprovação nos vestibulares também não é sinônimo de aprendizagens relevantes, é preciso rever o significado da Educação Química, pois tanto na Educação Básica quanto nos cursos superiores “a rigor, não se ensina/aprende o pensamento químico sobre o mundo; ensina-se ‘coisas’ que, de alguma forma, têm a ver com a Química” (MALDANER et al., 2007, p. 112). Questiona-se, no que diz respeito ao conhecimento científico/químico, que níveis de significação os sujeitos precisam atingir para serem considerados iniciados nesses saberes? De acordo com Maldaner (2006, p. 163), para o estudante ser considerado iniciado em Química,

não basta que saiba decifrar a simbologia química, é necessário que conheça também o tipo de pensamento usado nessa matéria e entenda as especificidades metodológicas da produção do conhecimento químico.

O conhecimento químico é formado por um sistema conceitual amplo e dinâmico, com características complementares que abrangem conceitos de outros componentes que fazem parte das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Essas relações intra, inter e multidisciplinares permitem a evolução conceitual, atribuindo sentidos e significados em níveis de maior complexidade. Nesse sentido,

a aprendizagem de conceitos passa necessariamente pela significação que da-

mos ao conhecimento – que passa pela linguagem e pelo pensamento. Um conceito sempre será determinado pelo significado que lhe damos, e sua aprendizagem vincula-se, necessariamente, ao nível da compreensão. Podemos, portanto, afirmar que aprender um conceito é compreender o seu significado, é entender o sentido do que se está aprendendo (MÜLLER, 2004, p. 220).

A linguagem assume uma posição de destaque nas interações intersubjetivas intencionais, tão desejadas para o ambiente escolar, porque a aprendizagem é um processo que se encontra em constante construção e reconstrução e ocorre por meio das interações entre os sujeitos, sendo proporcionalmente intensificada conforme as assimetrias de conhecimentos. De acordo com Andrade (2004, p. 25), considera-se

[...] pressuposto que a linguagem é a mediadora na constituição do pensamento que abrange uma área de conhecimento específico, tal como o conhecimento químico, porém isso só acontece se a linguagem for significada, não imediatamente, mas continuamente e sempre em novos níveis.

O aprender é algo singular a cada indivíduo, porque os sentidos atribuídos aos conceitos que explicam os fenômenos dependem dos contextos histórico sociocultural vivenciados pelos sujeitos. Tendo em vista a especificidade e o elevado nível de abstração próprios do conhecimento químico, em contrapartida com a complexidade das situações reais, percebe-se como é desafiador o ensino e a aprendizagem escolar da Química. A relação com o cotidiano, sem perder de vista os conceitos e conteúdos que permitem o pensamento químico, pode ser pensada pela significação dos

[...] conceitos de uma ciência em vários contextos diferentes para que o significado possa evoluir, atingir novos níveis e se consolidar. Esta forma de proceder permite formar o pensamento sobre uma situação sob o ponto de vista de uma ciência, superando a prática de exigir respostas únicas, diretas e fora de qualquer contexto (MALDANER, 2006, p. 213).

A recontextualização dos conceitos e conteúdos potencializa a aprendizagem, de forma que é possível utilizar esses conhecimentos tanto no âmbito escolar quanto extraescolar, pois “o conhecimento das informações ou dos dados isolados é insuficiente. É preciso situar as informações e os dados em seu contexto para que adquiram sentido” (MORIN, 2001, p. 36). Não basta citar, nas aulas de Química, informações que dizem respeito a esse saber, “o conhecimento não se reduz à informação, mas precisa ser entendido, significado e interiorizado pelos sujeitos, caso contrário ele representa muito pouco” (MÜLLER, 2004, p. 223). Formar um pensamento químico não é algo fácil, exige muito empenho e estudo por parte dos estudantes e mediação pedagógica de qualidade. Afinal,

as palavras, os signos, os métodos de ação e os equipamentos da Química não fazem parte do cotidiano das pessoas. Isso constitui uma dificuldade adicional para os iniciantes ao estudo de Química (MALDANER, 2006, p. 163).

Fernandez e Marcondes reafirmam esse pensamento ao mencionarem que “o tema ligação química, por ser abstrato, longe das experiências dos alunos, tem, conseqüentemente, grande potencial para gerar concepções equivocadas por parte dos estudantes”

(2006, p. 20). No entanto, em se tratando do conhecimento químico, pode-se dizer que algum conteúdo não possui caráter abstrato? Aprender Química requer pensamentos de elevado nível de abstração, os quais são utilizados para compreender a realidade, portanto, explicar o nível macroscópico através de uma racionalidade em níveis submicroscópicos não é uma tarefa fácil, pois “se a natureza possui uma ordem, a Química não se faz a partir dessa ordem: o químico constrói uma ordem artificial sobre a natureza” (LOPES, 2006, p. 43). Essas características da Ciência Química podem explicar a falta de compreensão e as concepções alternativas daqueles que passaram alguns anos na tentativa de serem iniciados nesse saber.

Para a realização desta pesquisa sobre o conteúdo de ligações químicas, inicialmente, estudou-se artigos e livros didáticos do Ensino Médio e Superior sobre o assunto. A explicação considerada mais adequada para compreender esse conteúdo foi explicitada a partir de artigos publicados em revista eletrônica de ensino de Química¹. Essa concepção pode evoluir com o estudo de um livro do Ensino Superior que trata especificamente das ligações químicas, enquanto os dois livros didáticos de Ensino Médio apresentam concepções mais distantes e superficiais se comparados com os demais materiais pesquisados.

O **livro didático do Ensino Superior** explica as ligações químicas e suas propriedades por meio de um modelo simplificado, que se fundamenta nas interações submicroscópicas referentes a atrações e repulsões entre cargas dos átomos. Segundo esse modelo, a natureza da ligação é justificada pelas características dos átomos quando aproximados uns dos ou-

¹ **Revista Química Nova na Escola**. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/>>.

tro: um mesmo átomo pode adquirir características distintas ao se aproximar de átomos, diferentes. A ligação covalente se estabelece quando, ao aproximar os átomos, a atração entre os núcleos e elétrons dos átomos envolvidos é maior do que a repulsão elétron-elétron, núcleo-núcleo. Os elétrons são simultaneamente atraídos pelos diferentes núcleos. Esse tipo de ligação acontece quando se descarta a possibilidade de ser uma ligação iônica. A ligação iônica ocorre quando a atração dos elétrons externos pelos núcleos dos átomos é muito diferente, assim os elétrons pouco atraídos passam a sofrer atração somente pelo núcleo dos átomos que têm maior atração sobre os elétrons da última camada, que ficam com carga negativa. A outra espécie envolvida fica com carga positiva e une-se ao íon negativo pela atração eletrostática. Esse tipo de ligação ocorre entre elementos com baixa energia de ionização e alta afinidade eletrônica, o que explica a formação de íons. A ligação metálica pode ser explicada pela fraca atração dos elétrons pelo núcleo. Assim, formam-se íons positivos que atraem os elétrons livres entre os núcleos.

Esse livro atribui maior ênfase aos compostos iônicos (trata dos tipos de retículos cristalinos, energia reticular e propriedades) e covalentes (aborda hibridização, ordem de ligação, estruturas de Lewis e geometria). Apresenta um complemento que trata de exceções a Regra do Octeto e ressonância. Propõe um experimento que compara compostos iônicos e covalentes pelos pontos de fusão. Apresenta uma série de exercícios dissertativos, alguns solicitam explicar o porquê de algumas propriedades, outros solicitam explicar situações entre partículas e outros possuem nível bastante abstrato e requerem a simples definição

do conceito, sem precisar recontextualizá-lo. Ainda faz pouca referência às propriedades dos compostos metálicos.

O **livro didático do Ensino Médio 1** aborda as ligações químicas em uma unidade sobre interações atômicas e moleculares, apresenta discussões, inclusive, sobre geometria molecular, polaridade e forças moleculares. A grande variedade de substâncias é justificada pelas combinações que os átomos podem fazer, o que só não ocorre com os gases nobres. A ligação química é condicionada ao contato entre os elétrons dos níveis de valência de mais de um átomo. Quanto à pergunta: por que os átomos ligam-se? O livro esclarece que é devido à força de atração eletrostática entre cargas elétricas de sinais opostos e pela tendência que os elétrons apresentam de formar pares. O tipo de ligação dependerá das características dos átomos envolvidos, o que é explicado pela Teoria do Octeto e a valência dos átomos. A ligação iônica é explicada pela atração eletrostática entre íons, os quais são formados pela tendência que alguns metais têm de perder elétrons e que alguns ametais têm de ganhar. Essa tendência se deve à falta de estabilidade pela Teoria do Octeto. Cita exemplos, além do NaCl. As características dos compostos iônicos são citadas, mas não há uma explicação sobre porque isso acontece. Faz-se uma relação entre os conhecimentos de química e saúde. Há uma grande variedade e quantidade de exercícios, incluindo exercícios resolvidos, de interpretação, dissertativos e optativos. Chama a atenção que, mesmo com muitos exercícios, o que cada um solicita é diferente, não são perguntas que requerem o mesmo pensamento para responder. Sugere uma experimentação sobre a produção de

macrocristais. A ligação covalente, segundo a abordagem do livro, ocorre apenas entre átomos que tendem a receber elétrons, portanto, eles acabam compartilhando elétrons e formando pares eletrônicos. As partículas formadas por este tipo de ligação são denominadas moléculas. A Teoria do Octeto justifica os compartilhamentos. Aborda a alotropia e discute as propriedades dos compostos covalentes. Apresenta um complemento que trata de exceções a Regra do Octeto e ressonância. Propõe um experimento que compara compostos iônicos e covalentes pelos pontos de fusão. O texto sobre a ligação metálica é bem mais sucinto que os demais. Começa falando de algumas características dos metais, cita que, experimentalmente, através dos raios X, verificou-se que os metais são constituídos por cátions fixos e elétrons deslocalizados, o que explica algumas propriedades dos metais. Traz as ligas metálicas como solução para agregar características desejáveis aos metais e associa os metais aos períodos históricos. Finalmente, apresenta exercícios diversos. Em cada capítulo, associa-se o grupo da tabela periódica dos elementos que participam os átomos envolvidos nas ligações com a natureza da ligação.

O livro didático do Ensino Médio 2 apresenta as ligações químicas de uma forma diferenciada, é feita uma abordagem sobre a separação dos elementos em três grupos: metais, não metais e gases nobres, observando alguns aspectos como ponto de fusão, condutividade elétrica no estado sólido e condutividade elétrica no estado líquido. Os elementos da tabela periódica e algumas substâncias são divididas em três grupos: 1º Grupo: substâncias que conduzem corrente

elétrica no estado líquido, mas não no estado sólido; 2º Grupo: substâncias que não conduzem corrente elétrica no estado sólido, nem no líquido; 3º Grupo: substâncias que conduzem corrente elétrica tanto no estado sólido quanto no estado líquido.

Partindo disso, explicou-se a natureza das ligações químicas pela Regra do Octeto. Na natureza, existem apenas seis elementos considerados estáveis, denominados gases nobres, que não se ligam entre si nem com outros elementos. Já os átomos não estáveis se unem uns aos outros a fim de adquirirem essa configuração de estabilidade. Na busca da estabilidade, os átomos tendem a ganhar ou perder elétrons. Quanto mais próximos na tabela periódica dos gases nobres, maior a facilidade de ganhar elétrons e, quanto mais distante na tabela periódica dos gases nobres estiver o átomo, maior sua facilidade de perder elétrons. Nas ligações iônicas (metais e não metais), ocorre a formação de íons, formados pela perda ou pelo ganho de elétrons. A ligação covalente é formada por não metais (traz exceções à Regra do Octeto). A ligação metálica é formada por metais (discute corrente elétrica, ligas metálicas e propriedades dos metais). Ao final da explicação de cada tipo de ligação, são propostos exercícios sobre os conteúdos trabalhados.

Em todos os livros analisados, predomina uma abordagem abstrata, na qual os conteúdos são desenvolvidos de maneira descontextualizada, o que faz parecer que a química não é útil na vida das pessoas, afinal, são apresentados exemplos clássicos e não uma explicação do mundo com a química. Os livros de Ensino Médio abordam os conhecimentos científicos e depois citam algumas aplicações desses conhecimentos,

não introduzem os conhecimentos científicos/químicos para o entendimento de situações reais, mas citam exemplos na tentativa de demonstrar que o livro contempla aspectos do cotidiano. Essas características não estão presentes somente nos livros didáticos, mas também nos programas e materiais de ensino, os quais

[...] pouco mudaram nesses últimos anos. Prevaecem roteiros tradicionais de ensino que se consolidam em livros didáticos que conservam, em essência, as mesmas sequências lineares e fragmentadas de conteúdos, mesmo que sempre enriquecidos com novas ilustrações que lhes dão um certo status de atualização (MALDANER; ZANON; AUTH, 2006, p. 53).

Os livros investem forte na resolução de exercícios, tendo como característica a grande quantidade e a diversidade. Os níveis de complexidade dos exercícios variam muito e vão desde aqueles que requerem a simples cópia do que foi dito no texto a exercícios que exigem a retomada de conceitos diversos. As questões não priorizam a resolução de problemas e, assim como o texto, detêm-se mais ao conhecimento químico abstraído e não a sua recontextualização em situações reais. É preciso ter muito cuidado na seleção dos exercícios propostos para os estudantes de Química no Ensino Médio, com quantidades excessivas e com qualidade questionável, pois a aprendizagem pode passar “[...] a ser vista como capacidade de resolver repetidamente os inúmeros exercícios propostos para os mesmos itens de conteúdo, concebidos de forma linear e fragmentada” (MALDANER; ZANON; AUTH, 2006, p. 53).

As propostas de experimentações apresentadas por alguns livros são bem interessantes para o ensino e a aprendizagem,

caso sejam aliadas à mediação adequada do professor, na medida em que é criado um contexto para explicá-lo quimicamente. Não há relações significativas entre o conhecimento químico e a história, não é explicitado quando passou a se pensar dessa forma ou quais cientistas chegaram a tais conclusões ou, ainda, se algum dia se pensou de forma diferente. Apresenta-se apenas uma forma de pensar, não trazendo alternativas que foram ou que estão sendo pensadas. É importante que se diga que o conhecimento foi e está sendo construído ao longo do tempo e, portanto, que nem sempre se pensou da mesma maneira, assim como muitos cientistas não acreditam nas mesmas concepções. Os aspectos históricos contribuem muito para que os estudantes não percebam a ciência como algo certo, pronto e acabado, que não precisa ser questionado e não evolui. É preciso esclarecer, também, que a ciência evolui, mas que nem sempre se avança, pois, muitas vezes, retifica-se o que já foi dito.

Quanto aos níveis de compreensão, o livro do Ensino Superior está mais de acordo com a possibilidade de formação do pensamento químico, pois explica as ligações químicas e as propriedades dos compostos pelas características das partículas submicroscópicas. Esclarece a razão pela qual o conhecimento químico é aceito, apresenta uma lógica, tenta negociar com o leitor uma explicação coerente, enquanto os livros do Ensino Médio trazem muitas informações, mas não explicam os porquês de forma mais lógica. Fala-se nas propriedades dos diferentes compostos, que as diferentes ligações ocorrem entre átomos de determinados grupos, mas não se explica o motivo. Quanto às ligações

químicas, embora as justifiquem pela tendência dos elétrons formarem pares e pela atração de cargas opostas, parece essencial dizer que a atração de cargas opostas ocorre entre os prótons do núcleo de um átomo sobre os elétrons de valência dos outros átomos, isso não fica claro. A questão de explicar a ligação entre átomos pela tendência de receber ou doar elétrons para atingir a estabilidade poderia ser mais bem explicada pela energia envolvida. Acredita-se que a abordagem dos livros de Ensino Médio em questão tende a incentivar a memorização de informações e não a significação dos conceitos fundamentais para o entendimento de situações reais. Um exemplo é a afirmação de que a água é o melhor solvente para o cloreto de sódio sem explicar a razão. Já o livro do Ensino Superior demonstrou ser um bom material para estudos do professor, mas, em certos momentos, apresenta uma linguagem e uma complexidade incompatível com iniciantes em Química.

Para verificar os níveis de significação que os estudantes atribuem ao conteúdo de ligações químicas, elaborou-se um questionário com três questões discursivas diferentes, com quatro itens cada uma e com níveis de dificuldade diversificados. Tais questões foram aplicadas individualmente com 31 estudantes do 3º Ano do Ensino Médio. Após, o resultado da pesquisa foi compartilhado com a professora da escola. Justifica-se a escolha do conteúdo de ligações químicas por ser importante para a compreensão dos fenômenos químicos estudados em todas as séries da Educação Básica Média. Visando a motivar a participação, solicitou-

se a colaboração de todos na resolução do questionário com as possíveis respostas. Dos alunos que participaram da interação, todos responderam, pelo menos parcialmente, ao questionário. Para preservar a identidade dos estudantes, eles foram numerados de 1 a 31. Algumas questões propostas solicitavam explicações de fenômenos vivenciais sob a ótica da Química, enquanto outras possuíam caráter mais tradicional, conforme proposto na maioria dos livros didáticos e exigiam a solução de problemas químicos essenciais. O teste foi realizado durante a aula de Química em escola estadual pública. A professora analisou as questões propostas anteriormente ao desenvolvimento; combinou-se a permissão para utilizar a tabela periódica dos elementos. Vale lembrar que o questionário limita a produção de dados por não avaliar os estudantes, conforme estão habituados. Desse modo, suas respostas podem variar consideravelmente, o que dificulta a análise e permite grande influência da interpretação dos pesquisadores. Questões abertas permitem ao aluno exercer o seu raciocínio e expressar o seu pensamento, no entanto, é preciso formular bem esse tipo de questões e, ainda, estar preparado para aceitar respostas diversas (MALDANER, 2006).

Grande parte do período dedicado a essa pesquisa foi utilizado para a elaboração das perguntas e para a interação do conteúdo a ser pesquisado. O estudo buscou apontar as diferenças apresentadas na abordagem do assunto e como isso influencia no desenvolvimento do pensar químico do educando. As questões propostas aos estudantes estão em anexo. Foram selecionadas e analisadas apenas algumas respostas, considerando-se a necessidade de síntese deste artigo.

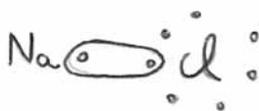
APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS

A seguir, apresentam-se algumas reflexões feitas a partir de recortes do material empírico. De acordo com a Andrade (2004), a análise é sempre condicionada pela interpretação singular, individual, pela sua história de interações que constituíram seu pensamento. Foram exigidas doze respostas por aluno, sendo que a porcentagem de questões respondidas pelo grupo de estudantes foi de, aproximadamente, 67%. A análise dos dados permitiu a construção de duas categorias: “natureza da ligação química” e “base teórica das ligações químicas”.

NATUREZA DA LIGAÇÃO QUÍMICA

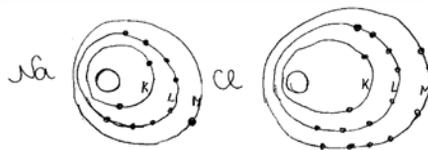
Quando solicitados para explicitar a natureza da ligação química de um composto, como do cloreto de sódio, 58% dos estudantes afirmam que se trata de ligação iônica, enquanto 12% dos estudantes citaram como resposta ligações interpartículas diversas. Respostas esperadas para essa pergunta seriam os tradicionais modelos de ligação: iônica, covalente e metálica. Ao responderem, por exemplo, dipolo-dipolo como o estudante de número 2, podem confundir ligação intra com intermolecular ou interpartículas. Parece confundir várias coisas, como indica a resposta dada:

NaCl	Dipolo-dipolo	Na $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$ Cl $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^5$
------	---------------	--



De acordo com Fernandez e Marcondes, “muitos estudantes [...] se mostram confusos em relação à diferença entre forças intermoleculares e intramoleculares” (2006, p. 21). Embora as respostas apresentadas sejam alternativas, acredita-se que a compreensão de ligação química como interações atrativas entre átomos já pode ser considerada um avanço. Percebeu-se, também, que a distribuição dos elétrons em níveis de energia, de maneira geral, não contribuiu para que os estudantes soubessem indicar a natureza da ligação química, pois muitos faziam a distribuição eletrônica correta, mas não sabiam identificar a ligação química correta, como é o caso do estudante 3, que deu a seguinte resposta:

NaCl	Ligação covalente
------	-------------------



Percebe-se que a distribuição eletrônica não explica o tipo de ligação química que se estabelecerá. São necessárias mais explicações por parte do professor, pois o que pode parecer simples e evidente para ele não é para o aluno. Além disso, alguns estudantes explicam que o cloreto de sódio conduz eletricidade em meio aquoso porque ocorre uma dissociação de seus íons, mas não identificam a ligação química desse composto como sendo de natureza iônica, o que demonstra falta de atenção ao responder as questões. A condutividade elétrica também foi explicada pela polaridade da molécula de água e do cloreto de sódio. 22% dos estudantes responderam a questão sobre a condução de eletricidade

de dos compostos iônicos em meio aquoso, mas apenas 10% podem ser consideradas respostas coerentes. Para identificar o tipo de ligação química das substâncias: $Al_{(s)}$; $CO_{2(s)}$ e $Na_2CO_{3(s)}$, muitos estudantes mencionaram ligação dativa, uma classificação que tem sido pouco utilizada atualmente. Ainda, nenhum estudante mencionou a ligação metálica, possivelmente, pela pouca ênfase que se atribui a esse tipo de ligação nos livros didáticos do Ensino Médio analisados. Pode-se inferir, portanto, que os livros didáticos influenciam o tipo de ensino e de ênfase que são dados às aulas de Química.

Reafirma-se o pensamento de que cursar o Ensino Médio não significa que aprendizagens básicas em química tenham se consolidado. Por isso, cada vez mais decisões importantes que envolvem ciência e tecnologia são tomadas por pessoas que não possuem conhecimentos científicos básicos para isso. Mudar essa realidade é um desafio para os atores que fazem a Educação Química brasileira. Percebe-se a importância do professor acompanhar suas aulas pela pesquisa, além de elaborar avaliações que realmente permitam ao estudante expressar suas aprendizagens sobre determinados conteúdos escolares. Essa postura por parte dos professores diante dos “resultados da aprendizagem, como a reflexão e a pesquisa sobre questões de prova, pode levar a mudanças pedagógicas, bem como à mudança da concepção epistemológica sobre o melhor programa a ser desenvolvido para que a aprendizagem ocorra” (MALDANER, 2006, p. 265). As concepções alternativas e a terça parte das questões sem resposta podem ser explicadas pelo fato de que os estudantes são motivados a

responder e a estudar por uma necessidade, que não foi ocasionada durante a realização da avaliação. Porque não valia nota, que é a forma geralmente utilizada pelos professores para causar a necessidade, os estudantes não responderam as questões ou não houve efetivo empenho para respondê-las, mesmo com a motivação provocada.

BASE TEÓRICA DAS LIGAÇÕES QUÍMICAS

Com o objetivo de identificar respostas que contemplem a questão de pesquisa, quanto aos níveis de significação dos estudantes para o conteúdo de ligação química e para perguntas como: por que os átomos se ligam e essas ligações são específicas?, foram motivados a responder e empreender maior esforço na seguinte questão (item 4 da questão 3):

d) As combinações entre os átomos para formar as substâncias são específicas e dependem muito da energia envolvida nas interações; um átomo não se liga com qualquer outro átomo. O que determina um átomo fazer ligação com outro?

Apenas 16% dos estudantes não responderam essa questão. 80% das questões respondidas podem ser consideradas coerentes com o ensino proporcionado da forma tradicional e que atende a uma regra e não a um princípio, que, no caso, refere-se à mínima energia do processo. A maioria dos estudantes compreende que as ligações químicas ocorrem para completar a camada de valência, formando dueto ou octeto ou, ainda, para se estabilizar ou neutralizar. Na constatação de Fernandez e Marcondes, “os

estudantes usam a Regra do Octeto como base para explicar as reações e as ligações químicas” (2006, p. 21); ainda de acordo com essas autoras, “as ligações seriam formadas apenas para satisfazer a regra do octeto” (p. 23). Cabe destacar que um estudante respondeu “Suas características em comum”, o que não pode ser considerado incoerente, talvez, parcialmente. Muitos estudantes afirmaram que a ligação química também é determinada pela temperatura e pela força de impacto (uma relação desconhecida).

Nenhum estudante mencionou a atração dos prótons presentes no núcleo de um átomo sobre os elétrons da eletrosfera de outro. Acredita-se que esse raciocínio seja essencial para entender o pensamento químico, ou seja, as características submicroscópicas da matéria. Compreende-se que o que se faz nas escolas é uma simplificação dos conhecimentos, lembrando que

o importante é que se passe a tratar as situações práticas, o mundo da vida e os contextos estruturais como um complexo global, sem fazer as simplificações e reduções próprias do paradigma positivista (MALDANER, 2006, p. 142).

Portanto, a justificativa para as ligações químicas ocorrerem é a mesma contemplada na maioria dos livros didáticos, sem mencionar a atração entre cargas de sinal oposto e atrações eletrostáticas, somente a Regra do Octeto. Isso que demonstra a forte influência do livro didático sobre as aulas do Ensino Médio. A compreensão submicroscópica dos constituintes da matéria é pouco contemplada nos livros didáticos e parece não predominar no pensamento dos estudantes, que explicam as transformações e propriedades da matéria por informações memorizadas e não pelo

pensamento científico/químico. Reafirma-se a ideia de que

não basta termos dados ou informações sobre determinado assunto. Isso não nos garante a sua compreensão. Precisamos compreender conceitos e, ao mesmo tempo, estabelecer relações significativas entre eles (MÜLLER, 2004, p. 219).

A análise dos dados permitiu perceber que a questão em que os estudantes mais expressaram seu entendimento sobre ligação química foi a transcrita anteriormente, sobre o que determina a ocorrência a ligação química. O índice de respostas coerentes para essa questão mostrou-se elevado, os estudantes demonstraram um nível de significação adequado com a proposta de ensino que lhe foi apresentada, segundo a Regra do Octeto. Portanto, questiona-se não mais a aprendizagem dos estudantes, mas a base teórica sobre ligação química que é desenvolvida no Ensino Médio. Acredita-se que pelo princípio de energia mínima dos átomos em interação seria possível significar conceitos mais direcionados a formar o pensamento químico, devido ao caráter submicroscópico. Acredita-se, também, que essa base teórica apresenta maior potencialidade de compreensão, de entendimento dos motivos que levam a comunidade científica a pensar dessa forma atualmente. Os estudantes conseguiriam compreender, pela razão, como ocorrem as ligações químicas, o que pode motivá-los a buscar aprendizagens no campo da química pela satisfação intelectual proporcionada por sua compreensão. Conforme Lopes,

uma vez superado o irracionalismo, a ele não se retorna. Essa obstrução de irracional é marca de uma ruptura nítida e clara na ciência, ruptura essa que também pode ser identificada entre conhecimento comum e conhecimento científico (2006, p. 39).

Julga-se que a seleção de conteúdos e a organização curricular das escolas em geral precisam ir mais ao encontro da formação desse pensamento, que permite usufruir dos conhecimentos químicos/científicos além dos muros da escola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Grande parte dos estudantes não lembrou ou não sabia conceitos que fazem parte do conteúdo de ligações químicas, como a natureza das ligações, o que pode ser atribuído ao fato de professores e estudantes não acharem conveniente a realização do questionário sobre ligações químicas no 3º ano do Ensino Médio, pois esse é um conteúdo do 1º ano. Essa é uma constatação preocupante, pois se espera que os conteúdos e conceitos centrais que constituem o pensamento químico estejam presentes na vida dos estudantes para sempre e não somente durante o Ensino Médio ou em alguns anos dele. Isso demonstra a visão fragmentada do conhecimento químico; o professor precisa esclarecer para os estudantes e para si mesmo que o conhecimento é para a vida inteira e não apenas para passar de ano. Não basta saber para o ano escolar ou para passar no vestibular, os conceitos fundamentais precisam ser compreendidos. A fragmentação do conhecimento contrapõe-se à realidade complexa multidimensional; segundo Morin,

esse problema confronta-se a *educação do futuro*, pois existe inadequação cada vez mais ampla, profunda e grave entre, de um lado, os saberes desunidos, divididos, compartimenta-

dos e, de outro, as realidades ou problemas cada vez mais multidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais e planetários (2001, p. 36).

Como os estudantes não veem o conhecimento como um todo inter-relacionado, eles não apresentam condições de recontextualizar suas aprendizagens escolares na vida real. Zuliani e Ângelo (2001, p. 70), fundamentados em Watson et al., explicam que essa postura faz com que os escolares “desenvolvam duas estruturas explanatórias separadas: a pessoal e a da ciência escolar”. O que se ensina na escola não é adequado à realidade e a educação escolar passa a ter uma função para si própria. Essa é uma problemática ampla, muito discutida, pois

a pedagogia científica atual ainda não descobriu uma forma adequada que permita aos mais jovens se apropriarem do saber elaborado, patrimônio da humanidade. Não descobriu como estimular seu intelecto, proporcionando-lhes uma série de novos objetos e caminhos para que o seu raciocínio consiga atingir estágios de desenvolvimento cognitivo mais elevados (MOURA; VALE, 2001, p. 140).

Os resultados indicam, mais uma vez, a necessidade dos professores terem o máximo cuidado com aprendizagens iniciais em Química para que novas capacidades mentais constituam brotos de desenvolvimento, segundo Vigotski. Isso pode significar cortar muitos conteúdos desnecessários e supérfluos na significação inicial da Química, impedindo boa aprendizagem inicial e ocasionando consequente desmotivação. Reafirma-se a importância do professor acompanhar sua prática pela pesquisa para perceber os níveis de significação de seus estudantes e reorien-

tar o seu trabalho. Isso pode ser feito a partir da reflexão sobre a prática dos professores,

mas esta tem que ser realizada à luz de teorias mais amplas, como aquelas capazes de analisar a natureza do conhecimento que está sendo veiculado, de mostrar as possibilidades de compreensão e abstração dos alunos, de estimar a importância do pensamento químico no aluno, avaliar a importância dos conteúdos na compreensão das vivências e do meio social dos alunos, etc. (MALDANER, 2003, p. 269).

Consiste em uma possibilidade da educação “favorecer a aptidão natural da mente em formular e resolver problemas essenciais e, de forma correlata, estimular o uso total da inteligência geral” (MORIN, 2001, p. 39). Dessa forma, os estudantes atingirão níveis de significação de conceitos químicos básicos suficientes para formar o pensamento químico, que passará a influenciar as transformações realizadas no contexto social em que estão inseridos. Espera-se que a educação química/científica escolar possibilite aos estudantes a inserção na recriação cultural, para propiciar melhor qualidade de vida às “comunidades locais e à sociedade em geral. Afinal, para que serve a educação se não para melhorar a qualidade de vida das pessoas e de seu entorno?” (MALDANER; ZANON; AUTH, 2006, p. 71).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Joana de J. de. Na linguagem química a produção de conhecimentos e a construção de subjetividades no espaço escolar. In: SANTIAGO, Anna Rosa Fontella et al. (Orgs.). **Educação nas ciências: pesquisas discentes** 2003. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004. p. 277- 293.
- FERNANDEZ, Carmen; MARCONDES, Maria Eunice R. Concepção dos Estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 24, p. 20-24, nov., 2006.
- LOPES, Alice C. **Currículo e epistemologia**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2007.
- MACHADO, Andréa H.; MORTIMER, Eduardo F. Química para o Ensino Médio: Fundamentos, Pressupostos e o Fazer Cotidiano. In: ZANON, Lenir Basso; MALDANER, Otavio Aloisio (Orgs.). **Fundamentos e propostas de ensino de Química para a Educação Básica no Brasil**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007. p. 21-41.
- MALDANER, Otavio A. **A formação inicial e continuada de professores de Química**. 3. ed. rev. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.
- _____ et al. Currículo Contextualizado na Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: a Situação de Estudo. In: ZANON, Lenir Basso; MALDANER, Otavio Aloisio (Orgs.). **Fundamentos e propostas de ensino de Química para a Educação Básica no Brasil**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007. p. 108-138.
- _____; ZANON, Lenir B.; AUTH, Milton A. Pesquisa sobre educação nas Ciências e formação de professores. In: SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos; GRECA, Ileana María (Orgs.). **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.
- MARTINS, Jorge S. **O trabalho com projetos de pesquisa: do ensino fundamental ao ensino médio**. Campinas: Papirus, 2001.
- MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Tradução de Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya; Revisão técnica de Edgard de Assis Carvalho. 3. ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2001.

MOURA, Graziella R. S.; VALE, José M. F. do. O ensino de Ciências na 5ª e na 6ª séries da Escola Fundamental. In: NARDI, Roberto (Orgs.). **Educação em ciências**: das pesquisas à prática docente. São Paulo: Escrituras Editora, 2001.

MORTIMER, Eduardo F. O significado das fórmulas químicas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 3, p. 19-21, mai., 1996.

MÜLLER, Hofélia P. Os conteúdos de ensino e as aprendizagens escolares. In: SANTIAGO, Anna Rosa Fontella et al. (Orgs.). **Educação nas ciências**: pesquisas discentes 2003. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004. p. 207- 230.

PERUZZO, Francisco M.; CANTO, Eduardo L. **Química na abordagem do cotidiano**. São Paulo: Moderna, 2004. v. I. (Livro didático do Ensino Médio 2).

SANTOS FILHO, Pedro F. **Estrutura atômica; ligação química**. Campinas: UNICAMP, 1999. (Livro didático do Ensino Superior).

TOMA, Henrique E. Ligação Química: abordagem Clássica ou Quântica? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 6, p. 131-137, nov., 1997.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química 1**: Química Geral. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2006 (Livro didático do Ensino Médio 1).

ZULIANI, Sílvia R. Q. A.; ÂNGELO, Antonio C. D. A utilização de metodologias alternativas: o método investigativo e a aprendizagem de Química. In: NARDI, Roberto (Org.). **Educação em ciências**: das pesquisas à prática docente. São Paulo: Escrituras, 2001.

ANEXO

Questionário sobre Ligações Químicas

1) Em um laboratório, verifica-se experimentalmente a ocorrência de condutividade elétrica do cloreto de sódio solubilizado em água.

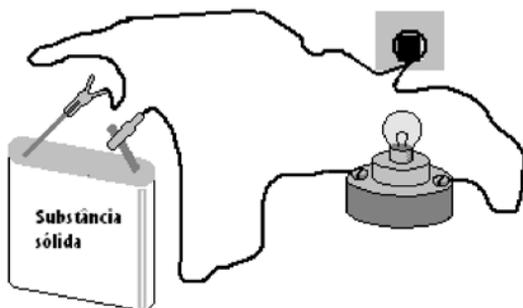
- Escreva a fórmula química representativa desse composto.
- Como você classificaria essa substância quanto ao tipo de ligação?
- Mostre a distribuição eletrônica dos elementos em níveis de energia (K, L, M, ...), representada por desenho, que justifica a ligação para a formação desse composto.
- Justifique, baseado no tipo de ligação, a ocorrência de condutividade elétrica dessa substância em meio aquoso. Pode representar através de um desenho.

2) O rótulo de uma água mineral com gás traz como composição química as seguintes quantidades de espécies químicas, todas em mg/L:

Bicarbonato $[(\text{HCO}_3)_2^-]$ = 184,74; carbonato $[(\text{CO}_3)_2^{2-}]$ = 13,21; nitrato $[(\text{NO}_3)_2^-]$ = 4,21; sulfato $[(\text{SO}_4)_2^{2-}]$ = 4,06; cloreto = 148; fluoreto = 0,52; sódio = 76,83; cálcio = 3,81; magnésio = 1,79.

- A partir das informações, responda: quais são os elementos metálicos presente nessa água?
 - Represente um composto iônico e outro covalente que tenha o carbonato presente como formador de sua composição.
 - Sabendo que todas as substâncias estão dissolvidas em água, como se explica a possibilidade de existir metais em solução?
 - Cada um dos metais presentes na solução pode formar um composto com os 6 (seis) ânions indicados no rótulo. Faça os possíveis compostos de sódio com cada um dos ânions.
- 3)** Para responder as seguintes questões, considere as fórmulas químicas: Al(s) ; $\text{CO}_2(\text{s})$ e $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$, que representam substâncias com ligações de natureza diferente:

- Qual o tipo de ligação química que mantém unidas as espécies químicas básicas (atômicas) nas substâncias representadas?
- Ao colocar uma porção dessas substâncias entre os terminais de um circuito elétrico, conforme o seguinte sistema:



qual ou quais substâncias permitem passagem de corrente elétrica suficiente para acender a lâmpada?

c) Segundo modelos de ligação química, nas três substâncias, os átomos interagem entre si por ação dos núcleos sobre os elétrons externos de átomos vizinhos. Como você explica, conforme sua resposta em **b**, que algumas substâncias conduzem eletricidade e outras não?

d) As combinações entre os átomos para formar as substâncias são específicas e dependem muito da energia envolvida nas interações, um átomo não se liga com qualquer outro átomo. O que determina um átomo a fazer ligação com outro?