

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

CÉLIO DA SILVEIRA JÚNIOR

**A MEDIAÇÃO DOCENTE DA LEITURA DE TEXTOS
DIDÁTICOS PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE
CIÊNCIAS NOS ÚLTIMOS ANOS DO ENSINO
FUNDAMENTAL**

Belo Horizonte
Junho de 2015

CÉLIO DA SILVEIRA JÚNIOR

**A MEDIAÇÃO DOCENTE DA LEITURA DE TEXTOS DIDÁTICOS PARA O
ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NOS ÚLTIMOS ANOS DO
ENSINO FUNDAMENTAL**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação.

Linha de pesquisa: Educação e Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Maria Emília Caixeta de Castro Lima.

Data de aprovação: 12/06/2015

Banca examinadora:

Profa. Dra. Maria Emília Caixeta de Castro Lima (UFMG)

Profa. Dra. Isabel Gomes Rodrigues Martins (UFRJ)

Profa. Dra. Maria Amélia Dalvi Salgueiro (UFES)

Prof. Dr. Helder de Figueiredo e Paula (UFMG)

Profa. Dra. Delaine Cafiero Bicalho (UFMG)

DEDICATÓRIA

*Às vezes, nossas palavras não bastam para expressar nossas emoções.
São impotentes para transmitir tudo o que a alma quer dizer.
(BAKHTIN).*

Dedico este trabalho à Débora, Arthur e Heitor.

AGRADECIMENTOS

Nenhum dos acontecimentos humanos se desenvolve nem se resolve no âmbito de uma consciência. (BAKHTIN).

Agradeço a todos os coenunciadores deste texto: à minha família, aos amigos, aos funcionários e professores da FaE, à professora e à turma de estudantes de ciências com os quais vivi essa experiência, aos autores que li e ouvi, e especialmente às minhas orientadoras Maria Emília Caixeta de Castro Lima e Andréa Horta Machado pelos incentivos constantes e aprendizados que me proporcionaram.

RESUMO

Consideramos a mediação docente da leitura de textos didáticos um recurso fundamental para o ensino e aprendizagem de ciências naturais. Os textos que chegam à sala de aula, grosso modo, são os dos livros didáticos. Textos estes considerados difíceis pelo conteúdo que comunicam e pelas múltiplas linguagens que usam, tornando necessário que o professor da área tome a leitura como objeto de ensino de forma a ensinar os estudantes a lerem textos de ciências. Neste trabalho, analisamos um conjunto de aulas construídas a partir da leitura de textos didáticos sobre modelos de ligações químicas em sala de aula, com estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola da rede pública estadual. Valemo-nos dos estudos da linguagem com referência em Bakhtin e Vigotski e outros autores que tratam da leitura e de sua mediação em sala de aula, e sobre o ensino e a aprendizagem de ciências. Compartilhamos da ideia de que a leitura em sala de aula deve-se constituir como prática social dialógica (mediada pela palavra), pedagógica (mediada pelo outro), e que aprender ciências implica aprender a identificar e a avaliar correlações, bem como a utilizar modelos para interpretar fenômenos naturais. Nesse contexto, a nossa questão de pesquisa para o Doutorado retoma, em outros patamares, uma das questões apresentadas em nosso projeto inicial de pesquisa para o Mestrado: faz sentido ensinar modelos de ligações químicas no Ensino Fundamental? Entendemos que a resposta à questão irá depender do *porquê se ensina* e de *como se ensina* esse tema. Nesse sentido, as nossas análises, circunstanciadas nos dados construídos a partir das leituras compartilhadas, voltaram-se para as interações discursivas ocorridas, com foco especial nos indicativos da ação docente: *por que o professor ensinou* e *como o professor ensinou* o tema modelos de ligações químicas? Para a análise, classificamos esses indicativos em quatro dimensões: *propósitos de leitura*; *contrapalavras dos estudantes*; *relações entre propriedades e modelos*; *leitura de textos didáticos de ciências*. Os resultados de nossas análises apontam para a importância da mediação docente intencionalmente planejada e construída de forma a dar destaque aos processos de significação na leitura de textos de ciências. As aulas organizaram-se em torno desses processos de significação do texto, numa ruptura com a regra, a rotina da classe. A relação modelo-propriedades, fundamental nos propósitos de ensino, foi tensionada o tempo todo, procurando atingir os objetivos propostos pelos projetos de dizer do professor e dos autores da coleção didática de referência. Aos estudantes foi oportunizada uma leitura compartilhada com o uso de diversas estratégias para torná-la produtiva em termos da dupla aprendizagem: modelos científicos e textos didáticos de ciências. Consideramos que, em nosso caso, fez sentido ensinar modelos de ligações químicas no Ensino Fundamental. Fez sentido pois buscou-se o desenvolvimento de um certo modo de pensar que se encontra indiciado nas interações discursivas analisadas. Houve indícios de que foi produtivo lidar com a complexidade dos modelos de ligações químicas com aqueles estudantes e por meio daqueles textos. Ao mesmo tempo, esse trabalho foi fundamental para o meu processo de formação - o do professor-pesquisador-mediador - dada a oportunidade que tive de planejar, cotejar o meu planejamento com os referenciais teóricos, e olhar para o ocorrido em sala de aula com um olhar mais profundo e articulado.

Palavras-chave: leitura, texto didático de ciências, mediação, modelos de ligações químicas.

ABSTRACT

We consider teachers' mediations in students' textbook reading a key resource for the teaching and learning of natural sciences. The texts that reach the classroom, roughly speaking, are those of the textbooks. These texts are considered difficult not only for the contents they communicate but also for the multiple languages they use, making it necessary that the teacher of the discipline takes reading as teaching object in order to teach students to read science texts. In this thesis, we analyze a set of lessons involving the reading of textbooks about models of chemical bonds in a classroom of 9th year Brazilian public school students. We refer to language studies, especially those by Bakhtin and Vigotski, as well as to other authors that deal with reading and its mediation in the classroom, and with the teaching and learning of science. We share the idea that reading in the classroom should be seen as a dialogical and pedagogical social practice, and learning science involves learning how to identify and evaluate relationships between models as well as using them to interpret natural phenomena. In this context, our research question for the Doctorate addresses one of the issues present in our initial research design for the Master: does it make sense to teach models of chemical bonds in elementary school? We believe that the answer to this question will depend on why you teach and how to teach this subject. In this sense, our detailed analyses on data constructed from shared readings, turned to the discursive interactions occurred, with special focus on teaching action indicative: why the teacher taught and how the teacher taught the subject models of chemical bonds? For analysis, we classify these indications in four dimensions: reading purposes; counter-words of students; relationships between properties and templates; reading science textbooks. Our results point to the importance of teaching mediation intentionally planned and constructed in such a way as to give prominence to the processes of signification in reading science texts. Lessons are organized around these processes, in a break with the rule, routine of class. The relationship model-properties, essential in the educational purposes, was taut the entire time, seeking to achieve the objectives proposed by the projects teacher and authors of didactic reference collection. Made with students was a shared reading with the use of diverse strategies to make it productive in terms of dual apprenticeship: scientific models and science textbooks. We believe that, in our case, it made sense to teach models of chemical bonds in the elementary school. It made sense as it sought to develop a certain mindset that finds himself indicted in discursive interactions analysed. There were indications that it was productive to deal with the complexity of the models of chemical bonds with those students and by means of those texts. At the same time, this work was fundamental to my process of formation of teacher-researcher-mediator, given the opportunity I had to plan, collate my planning with the theoretical references, and look at what happened in the classroom with a deeper look and articulate.

Key-words: reading, science textbook, mediation, models of chemical bonds.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 – A estrutura do texto.....	10
1.2 – A leitura no processo de ensino e aprendizagem de ciências: um quadro de investigações ainda incipiente	11
1.3 – A questão de pesquisa e os objetivos	19

CAPÍTULO 2 – LEITURA NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS

2.1 – Introdução	21
2.2 – A nossa concepção sobre leitura	24
2.3 – O que entendemos por texto?.....	29
2.4 – Os textos didáticos como gêneros discursivos	31
2.5 – Os textos didáticos de ciências	34
2.6 – As demandas que se impõem à leitura mediada de textos didáticos de ciências	42

CAPÍTULO 3 – OUTROS ESTUDOS TEÓRICOS

3.1 – Mediação pelos signos e pelos outros	51
3.2 – Os modelos no processo de ensino e aprendizagem de ciências naturais	70
3.3 – A importância e complexidade dos modelos de ligações químicas e a sua abordagem no Ensino Fundamental	80

CAPÍTULO 4 – O CONTEXTO DA PESQUISA

4.1 – Introdução	91
4.2 – Mudanças de rumo	91
4.3 – A escolha da coleção didática de referência	97
4.4 – A escola onde a pesquisa foi realizada, a turma de estudantes e a professora de ciências	100
4.5 – A busca pela construção e desenvolvimento de boas aulas	102
4.6 – A pesquisa e os pressupostos teórico-metodológicos da perspectiva histórico-cultural	104

4.7 – Instrumentos de registro dos dados	111
4.8 – Os textos didáticos e as mediações em sala de aula	112
4.9 – Os dados construídos	115

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS DADOS

5.1 – Propósitos de leitura	119
5.2 – Contrapalavras dos estudantes	128
5.3 – Relações entre propriedades e modelos	141
5.4 – Leitura de textos didáticos de ciências	148

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

157

REFERÊNCIAS

165

ANEXOS

I – Os projetos de dizer dos autores da coleção didática de referência	182
II – Importância e complexidade dos modelos de ligações químicas	190
III – Textos didáticos utilizados nas mediações das leituras	223
IV – Ferramentas mediacionais utilizadas	229

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O que vou propor aqui é a exploração de outra possibilidade (...), a saber, pensar a educação (e a leitura) a partir da experiência. E isso a partir do convencimento de que as palavras produzem sentido, criam realidade e, às vezes, funcionam como potentes mecanismos de constituição das subjetividades. (...) A experiência é o que nos passa, ou o que nos acontece, ou o que nos chega. Não o que passa, ou o que acontece, ou que chega, mas o que nos passa, ou o que nos acontece, ou nos chega (LARROSA, 2003).

Neste trabalho tratamos da leitura, mais especificamente daquela que acontece em sala de aula a partir de textos didáticos de ciências naturais. Os dados e as análises estão circunstanciados nas leituras compartilhadas com estudantes do ensino fundamental de uma escola da rede pública. Falamos de uma leitura cujo objetivo é o de promover a aprendizagem de ciências em geral, e de química em particular no contexto da disciplina de ciências do 9º ano do ensino fundamental. O conjunto das leituras girou em torno da discussão de modelos de ligações químicas na relação com as propriedades dos materiais. Por fim, falamos da leitura como experiência que nos passou e nos aconteceu. Consideramos o esforço de ensinar química mediado por ela como espaço para elaboração de reflexões e compreensões para nos ajudar a responder a nossa questão de pesquisa: *faz sentido ensinar modelos de ligações químicas no Ensino Fundamental?*

Nosso processo de pesquisa nos levou aos estudos da linguagem com referência em Bakhtin (2011, 2003, 2001, 1995) e Vigotski (2008, 2007), pesquisas que tratam da leitura e da mediação da leitura em sala de aula (GERALDI, 2012, 2010, 2007, 2006, 2002, 1996, 1991; ESPINOZA, 2010, 2009, 2006; entre outros autores e obras) e que consideram análises das enunciações e das condições de produção dos enunciados que emergiram de um conjunto de aulas cujo foco foi *ler para aprender*. Concomitantemente, nos debruçamos sobre as pesquisas em educação em ciências, sobre o ensino de modelos de ligações químicas, além de uma verticalização nos estudos da química sobre as teorias de modelos de ligações. Por conta disso, este trabalho, ao tratar de leitura, trata também de temas que são indissociáveis no caso específico dessa experiência que passamos a descrever.

1.1 – A estrutura do texto

Neste primeiro capítulo descrevemos a estrutura do texto, apresentamos um levantamento de pesquisas sobre *leitura e ensino de ciências*, nossa justificativa acerca da relevância e pertinência desse estudo, a questão de pesquisa e seus desdobramentos objetivos.

No capítulo 2 discorremos de forma mais detalhada sobre ensinar e aprender ciências a partir da leitura de textos didáticos em sala de aula. Explicitamos a nossa concepção sobre leitura e texto, tratamos das características dos textos didáticos de ciências, marcadamente heterogêneos, e das demandas que essas características impõem às práticas de leitura no espaço escolar. A prática da leitura mediada de textos didáticos de ciências em sala de aula é fundamental. Partimos da concepção de linguagem como produtora de sentidos para discutirmos a relação que se estabelece entre o texto didático de ciências e a mediação pedagógica das leituras de seus textos feitas em sala de aula. Assim, explicitamos a nossa concepção sobre *sujeito, texto e compreensão* – portanto, a posição da qual falamos.

A partir dos fundamentos da perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano iniciamos o Capítulo 3. Neste capítulo, voltamos nossa atenção mais detidamente para o papel do professor na mediação da leitura como aquele outro importante para a construção das subjetividades dos estudantes e para o processo de compreensão dos temas tratados em sala de aula. Discutimos a mediação da leitura em sala de aula como a constituição de uma prática social dialógica (mediada pela palavra) e pedagógica (mediada pelo outro).

Ainda no Capítulo 3, consideramos a importância que os modelos têm no processo de ensino e aprendizagem de ciências. Tratamos especificamente dos modelos de ligações químicas: de sua importância como tema estruturador no sentido de fundante e aglutinador de outros saberes, mas que, ao mesmo tempo, envolve complexidades quanto ao seu ensino e aprendizagem em sala de aula. Discorreremos sobre essas complexidades e problematizaremos o tratamento desse conteúdo junto a estudantes do Ensino Fundamental.

No Capítulo 4, voltamo-nos especificamente para o contexto da experiência que nos aconteceu. Como essa se constituiu a partir do entendimento de que a pesquisa em ciências humanas é uma construção alteritária, e como os sujeitos se envolveram nas leituras de textos didáticos de ciências realizadas em sala de aula. Descrevemos as mudanças de rumo ocorridas, as escolhas feitas, e os recursos utilizados. Discorremos sobre as interações produzidas com as leituras desses textos que tinham como tema *os modelos de ligações químicas*.

No Capítulo 5, apresentamos o conjunto dos dados construídos com as mediações das leituras realizadas em sala de aula. Descrevemos as análises realizadas e justificamos nossas escolhas. Apresentamos os resultados das análises das mediações de leituras para quatro dos textos didáticos utilizados.

Fazemos as nossas considerações finais no Capítulo 6. Tratamos das lições vividas, e fazemos algumas reflexões críticas sobre a nossa questão e os nossos objetivos de pesquisa, bem como da *leitura como experiência* que nos passou. Assim expressando, por exemplo, o nosso sentir de que o *ler* e de que *o ensinar-aprender ciências* são processos muito mais complexos do que poderíamos supor inicialmente.

1.2 - A leitura no processo de ensino e aprendizagem de ciências: um quadro de investigações ainda incipiente

O nosso trabalho relaciona-se ao processo de ensino e aprendizagem de ciências, envolvendo a mediação da leitura de textos didáticos na escola. Assim, ele articula o *ensino e a aprendizagem de ciências* com a *leitura de textos didáticos*. Porém, muito já se tratou sobre *leitura*. De fato, as referências sobre a leitura nos processos de ensino e aprendizagem são muitas, situação que se confirma por meio dos resultados de investigações específicas realizadas.

Penido (2010), por exemplo, identificou teses e dissertações defendidas no Brasil entre os anos de 2000 e 2005 que tiveram a *leitura* como temática. Os dados apresentados pela pesquisadora apontam a amplitude que a temática veio alcançando no período

considerado, amplitude essa representada pelo aumento no número de trabalhos produzidos e pela diversificação de áreas do conhecimento envolvidas. Comparando os resultados que obteve com os de trabalhos relativos a períodos anteriores (FERREIRA, 2003; MARTINS, 2005), a autora se refere a “um gigantesco crescimento na produção acadêmica em Leitura, entre os anos de 2000-2005”. O número de trabalhos que tiveram como temática a leitura saltou de 189 no período de 1965-1995 para 227 no período de 1995-2000, e para 596 no período de 2001-2005. Como nos períodos anteriores, os trabalhos neste período foram principalmente das áreas de Letras/Linguística e da Educação.

A relevância da temática *leitura* apontada por esses resultados se verifica também quando consideramos períodos mais recentes ou outras formas de publicação dos trabalhos, como periódicos ou eventos de comunicação científica. Consultando o banco de teses da Capes¹, por exemplo, verificamos que 495 trabalhos, entre teses e dissertações, foram defendidos no período entre janeiro de 2010 e janeiro de 2015, somente considerando aqueles trabalhos nos quais o termo *leitura* foi designado como uma das palavras-chave. Os dados relacionados ao Congresso de Leitura do Brasil (COLE) também são indicativos desse destaque que a temática *leitura* recebe. O Congresso, de reconhecida importância para a área da leitura, é organizado pela Associação de Leitura do Brasil (ALB). Em sua 19ª edição, realizada em julho/2014, 1.009 conferencistas apresentaram trabalhos². Ainda como exemplo indicativo dessa situação de destaque que a leitura ocupa, temos o caso da revista *Leitura: Teoria e Prática*. A cada ano, somente nesse periódico semestral brasileiro com mais de três décadas de existência, específico da área da leitura, são publicados cerca de 20 artigos³.

Diante de um cenário como este, faz sentido refletir sobre a provocação que Geraldi (2007) nos faz. Ele nos pergunta se ainda é possível falar sobre a leitura, com tantas palavras já em circulação, com tantos discursos já proferidos, com tantas vozes

¹ A Capes, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, é uma fundação do Ministério da Educação do Governo Brasileiro. O seu banco de teses tem como objetivo facilitar o acesso a informações sobre teses e dissertações defendidas junto a programas de pós-graduação do país (<http://capes.gov.br>).

² Conforme dados disponíveis em cole-alb.com.br

³ Conforme dados disponíveis em <http://ltp.emnuvens.com.br>

que, já tendo falado, esperam que outro as retome para dar-lhe continuidade. Entendemos que sim, especialmente quando voltamos nossa atenção para a situação do ensino e aprendizagem de ciências naturais. Se muito já foi dito no campo da linguagem e da alfabetização, o mesmo não se sucede com a leitura e suas formas de mediação na sala de aula de ciências. É importante refletirmos sobre como o processo de leitura tem-se dado em aulas de ciências em geral, e de química em particular. É importante investigar a leitura na sala de aula como meio de acesso ao conhecimento científico socialmente produzido. É nesse sentido que pretendemos trazer contribuições com o nosso trabalho, retomando o que já foi dito e dando-lhe continuidade, fomentando o debate com as nossas contrapalavras nesse campo que consideramos ainda incipiente quanto à produção de trabalhos.

Esse entendimento de que é importante investigar a leitura na sala de aula de ciências vai ao encontro de Espinoza (2010), que nos diz que a pesquisa e a divulgação do conhecimento sobre as possibilidades e dificuldades da leitura em ciências devem ser aprofundadas. Carneiro, Santos e Mól (2005) também já apontavam que se conhece muito pouco sobre o cotidiano do livro didático de ciências como recurso na sala de aula e sobre concepções de professores e alunos a respeito do mesmo. Seria necessário o desenvolvimento de mais pesquisas que se ocupassem dos seus usuários, pois, no Brasil, esses trabalhos ainda seriam muito inexpressivos. Nesse mesmo sentido:

Mesmo no campo da pesquisa em ensino de ciências, vimos que poucos são os trabalhos que têm se dedicado a estudar essas questões [leitura e escrita no ensino de ciências]. Se o fazem, há quase sempre uma forte descontextualização sobre a vida da sala de aula ou da escola, priorizando apenas um avanço nas concepções científicas dos estudantes. Porém, esperamos que trabalhos dessa natureza possam auxiliar o repensar da leitura e da escrita, peças fundamentais no ensino de ciências, merecendo uma maior atenção (SOUZA, 2006, p.79).

Apesar de ser relativamente alto o número de trabalhos que tratam de leitura ou do ensino de ciências/química isoladamente, os trabalhos que unem essas questões ainda são poucos. Em levantamento anterior (SILVEIRA JR., 2012) relativo ao período de 2009-2012, verificamos que essa situação é confirmada, seja considerando os trabalhos publicados em periódicos nacionais ou internacionais, seja considerando os trabalhos

apresentados em congressos e eventos de comunicação científica. Ainda que se devam considerar as limitações naturais relacionadas a esse tipo de levantamento⁴.

Outros levantamentos vão nessa mesma direção. Francisco Jr. (2010) buscou identificar trabalhos sobre leitura publicados em seis periódicos especializados da área de educação em química e/ou em ciências no Brasil. A verificação se fez em todos os periódicos, número a número até junho de 2009, com exceção de um dos periódicos (Química Nova), cuja análise se deu a partir do ano de 1995⁵. No total foram localizados apenas treze trabalhos que relacionassem, de algum modo, a leitura de textos com o ensino de química. O autor conclui que ainda seriam incipientes os trabalhos publicados acerca do tema leitura e ensino de química.

Atualizando esse levantamento em relação às revistas *Química Nova na Escola* (QNEsc) e *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, dois dos seis periódicos acima referidos, verificamos que a situação é mantida⁶. No caso da *QNEsc*, no período de 2004-2013, das mais de três centenas de artigos publicados na revista, apenas 4 tratavam do tema leitura. Quanto aos cerca de 135 trabalhos publicados na *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências* no período entre 2010 e 2014, consideramos que apenas 6 têm relação com a temática leitura – ensino e aprendizagem de ciências. Ainda sim, neste caso, há de se registrar que os trabalhos, na imensa maioria, envolviam estudantes do ensino superior.

⁴ É possível que trabalhos que fizeram a união da leitura com o ensino de ciências/química não tenham sido contemplados em nosso levantamento pelo fato dessa união não ter sido explicitamente apontada na escolha de indexação feita pelos autores dos trabalhos.

⁵ Periódicos analisados e respectivos anos de publicação de primeiros números: Química Nova (1978); Ciência & Educação (1994); Química Nova na Escola (1995); Investigações em Ensino de Ciências (1996); Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências (1999); Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (2001).

⁶ Levantamentos efetuados com base na consulta às revistas e/ou leituras de resumos e textos completos obtidos nas buscas aos seus arquivos eletrônicos (<http://qnesc.sbq.org.br> e <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio>). A escolha de apenas esses dois periódicos para a realização da atualização do levantamento se deu por questões de ordem prática, devido à facilidade de nosso acesso direto às revistas.

Quando, porém, fazemos o mesmo levantamento dos trabalhos publicados na já mencionada revista *Leitura: Teoria e Prática*, os resultados são ainda menos animadores. Ainda que devamos levar em consideração que a revista não tenha uma boa circulação na comunidade de educadores em ciências, a nossa intenção era avaliar em que medida trabalhos a envolver leitura e educação em ciências poderiam estar sendo apresentados em um lócus-referência sobre leitura. No período disponibilizado para buscas no sítio eletrônico da revista⁷, constam apenas 5 trabalhos, quando o critério de busca foi a palavra “ciências”, quer ela aparecesse no título, no resumo ou em termos indexados. A partir da leitura dos resumos ou textos completos (quando necessária) desses 5 trabalhos, verificamos que nenhum deles estava de fato relacionado à temática leitura – ensino/aprendizagem de ciências naturais.

Mesmo quando nos detemos no referido trabalho de Penido (2010), que, como vimos, apontou um gigantesco crescimento na produção relacionada à leitura, constatamos que a situação não muda quando o foco se volta para os trabalhos que tratariam do tema ensino e aprendizagem de ciências. Com base na descrição dos títulos dos 642 trabalhos selecionados pela autora com a temática *leitura* no período de 2000-2005, apenas 7 seriam ser classificados como relacionados à questão do ensino e aprendizagem de ciências.

Uma atualização dessa verificação, que se baseou essencialmente em buscas no já referido banco de teses da Capes, não revela números diferentes. No período entre janeiro de 2010 e janeiro de 2015, a busca neste banco retornou 44 trabalhos como resultado, quando os critérios de busca foram definidos como o resumo do trabalho conter os termos “leitura” e “ciências”, e o trabalho pertencer à área de conhecimento “educação”. A partir da leitura dos títulos e resumos (quando necessária) desses 44 trabalhos, constatamos que nem todos estavam de fato relacionados à temática leitura – ensino/aprendizagem de ciências. Assim, também nesse caso apenas 7 trabalhos seriam classificados por nós como relacionados à questão do ensino e aprendizagem de ciências.

A fundamentar esse entendimento mais adiante, não temos dúvidas em apontar a importância que a leitura na sala de aula tem como meio de acesso ao conhecimento

⁷ <http://ltp.emnuvens.com.br>.

científico socialmente produzido. A leitura mediada é um recurso fundamental para o ensino e aprendizagem de ciências. Por isso, a partir do panorama que traçamos das publicações, chama-nos a atenção o fato de o número de trabalhos de investigação encontrados sobre a temática não ser representativo da importância que ela tem.

Desconsiderar a leitura no ensino de ciências como um problema a ser investigado e tratado pode ser uma hipótese para explicar essa situação. No bojo dessa concepção, está o entendimento de que o processo de ensino e aprendizagem de ciências não guarda relação fundamental com o processo de leitura. Ora, se, como nos diz Souza (2003), a ciência é tomada como uma verdade absoluta e só há espaço para um sentido único, o ato de ensinar passa a ser a imposição de apenas uma forma de ler um texto. Assim, para aprender ciências, bastaria ao estudante ser alfabetizado, ou seja, bastaria que ele soubesse ler para que fosse inserido no processo de ensino e aprendizagem de ciências. Isto, porque, para ler, seria suficiente saber fazer a decodificação do texto para entender os conteúdos de ciências na escola⁸. Nesse sentido, não caberia aos professores de ciências tomar parte nesse processo a envolver a leitura. Esse seria, enfim, um problema restrito aos professores da língua materna dos estudantes: *a leitura e a escrita no ensino de ciências parecem ter uma tradição, estabelecida pela própria cultura escolar, de ser responsabilidade somente da área de ensino de Língua Portuguesa* (SOUZA, 2006).

No entanto, como afirma Fijalkow (2014) ao tratar da aprendizagem da leitura, *decodificar ou não decodificar, eis o que não é o problema*⁹. De acordo com o autor, há duas correntes principais por meio das quais se dividem os debates sobre a leitura: a corrente que remete às ciências naturais, e a corrente que remete às ciências sociais. Para o autor, a primeira corrente reúne pesquisadores que se situam na esteira da tradição de pesquisa psicológica nascida nos laboratórios de fisiologia na Alemanha do final do século XIX e que, após dar à luz a psicologia experimental, se apresenta hoje em dia sob o nome de “psicologia cognitiva”:

⁸ Considerando que essa situação é válida para todas as disciplinas, procuramos na seção 2.6 deste trabalho separar o que é específico das ciências naturais.

⁹ Com base no que diz o psicólogo americano William Teale. Ainda que o Fijalkow esteja tecendo suas considerações sobre as dificuldades relacionadas à aprendizagem da leitura em caráter geral, entendemos que elas se aplicam também ao caso particular que estamos tratando, a envolver a *leitura em ciências na escola*.

Para essa corrente, o objeto da pesquisa (a leitura) é concebido de modo rigorosamente mecânico: para compreender o que é “saber-ler”, considera-se o leitor uma máquina de ler, um autômato que lê. Ensinar a ler significa oferecer os conhecimentos básicos, o bê-á-bá que permitirá que a máquina funcione. Aprender a ler não é senão a montagem dos mecanismos dessa máquina (FIJALKOW, 2014, p. 15).

Nesta primeira corrente, o ensino é baseado na decodificação e a aprendizagem é puramente mecânica. Daí, conclui Fijalkow (2014), resulta também que os trabalhos a respeito do ensino – o papel do material pedagógico, da organização da aula, do professor, dos colegas, dos pais, e interações com o aluno – não têm vez, pois o âmbito de pesquisa é inteiramente centrado num *homo cognitivus* abstrato, sem meio social, gênero, ou estado afetivo, às voltas com a língua.

A segunda corrente reúne pesquisadores que se reconhecem num ponto de vista que, pela oposição à aludida corrente mecanicista, pode ser qualificada de “humanista”, mas é usualmente chamada de “construtivista” ou “socioconstrutivista”, na filiação de autores como Piaget, Wallon, Ferreiro, Bruner, Vygotsky, na psicologia; e Decroly e Freinet, na pedagogia. Todos esses autores têm em comum a importância que dão à atividade educacional. Nesta segunda corrente, que remeteria às ciências sociais, o elemento distintivo é a importância que é dada à atividade educacional no processo de leitura:

Nessa segunda perspectiva, o ato de ler, objeto de pesquisa, é uma atividade complexa: ao mesmo tempo em que é profundamente subjetiva, é atravessada de ponta a ponta pela vida social. Trata-se de um ato de cultura, não apenas de natureza. O lugar mais fecundo para se explorar, portanto, é menos o cérebro do que a sala de aula. A aprendizagem da leitura é uma atividade plural, que diz respeito a todos os aspectos da linguagem, não apenas e nem mesmo prioritariamente aos aspectos fonológicos. Se as correspondências entre fonemas e grafemas constituem uma das suas partes essenciais, esta, de fato, não passa da ponta do iceberg. Além do mais, a leitura é um ato de linguagem, mas não somente. Todos os debates que limitam a reflexão sobre a leitura a uma reflexão sobre a linguagem são redutores, pois, de acordo com essa segunda corrente, a leitura é antes um ato social e afetivo. De fato, a aprendizagem da leitura procede, em primeiro lugar, do desejo de ler – para sonhar ou saber. Na base da aprendizagem da leitura, há um sujeito que quer aprender. Aprender a ler não é um ato solitário, mas um ato que ocorre necessariamente num âmbito social, com outros. Uma psicologia da aprendizagem sem sujeito e sem contexto social, que reduz a aprendizagem da leitura aos seus aspectos cognitivos e linguageiros é uma psicologia redutora. A maior parte das dificuldades de

aprendizagem, afinal, não se deve a uma deficiência cognitiva ou biológica (FIJALKOW, 2014, p. 18-19).

Corroborando essa importância da atividade educacional, da escola e do professor no processo da leitura e formação do leitor, temos os resultados da pesquisa *Retratos da Leitura no Brasil*, cuja 3ª edição foi realizada em 2011. Monteiro (2012), referindo-se à pesquisa, diz da triste constatação de que o índice de leitura diminuiu de maneira drasticamente à medida que os leitores deixam de ser alunos. Também, quando se perguntou aos entrevistados quem mais os influenciou a ler, o “professor ou professora” foi a resposta mais frequente (FAILLA, 2012).

Silva (2012), ao tratar desse aspecto apontado pelos resultados da pesquisa, nos diz que a escola não pode ser alçada à condição de panaceia, mas que não se pode desconsiderar que a solução para os nossos problemas de leitura depende, necessariamente, das condições para a produção da leitura “na escola mesmo”.

Tanto é assim, que hoje, no Brasil, o principal influenciador de leitura, conforme evidenciado pela pesquisa de 2011, não é mais a mãe ou o pai ou um membro da família da criança, mas, sim, o professor. Se o sentido de “influenciador” for o mesmo de informante, facilitador, interlocutor, estimulador, orientador ou promotor de leitura, teremos de aquilatar a grande importância do papel dos professores – a partir das “escolas”, ressalte-se – para a elevação da qualidade e dos índices da leitura em nosso país, além, é lógico, da própria modelagem cultural de leitores. (...) o professor sempre foi e sempre será um mediador privilegiado de leitura, cabendo principalmente a ele a iniciação das crianças à leitura através da alfabetização e o ensino das diferentes práticas que são necessárias às demandas da vida atual nas sociedades letradas, também chamadas de sociedades do conhecimento, da informação e/ou, ainda, midiáticas. (SILVA, 2012, p. 110-111).

Por comungarmos desse entendimento expresso por Silva (2012), estarmos filiados à segunda corrente descrita por Fijalkow (2014) e concordarmos com Francisco Jr. (2010) quando diz que ler é uma das habilidades a serem trabalhadas nas aulas de ciências, é que acreditamos na importância que se deva dar à escola, ao material didático, à organização da aula, às interações entre estudantes e o professor no processo de ensino e aprendizagem de ciências, especialmente no caso em que ele se dá por meio da leitura de textos didáticos. Assim, nosso trabalho, que emerge de circunstâncias concretas de sala de aula, busca contribuir para o debate na área. E, mais importante, contribuir para que caminhemos *rumo a novos horizontes educacionais*:

Atividades sistematizadas e previamente planejadas que abarquem a leitura e a Educação Química parecem ser uma prática ainda restrita no campo da Educação Química brasileira, haja vista o baixo número de trabalhos publicados sobre o tema. (...) Tais aspectos evidenciam a carência dessa linha de pesquisa e uma lacuna no que diz respeito ao uso da leitura de forma sistematizada e como instrumento de aprendizagem em Química. É necessário modificar tal situação, caso professores e pesquisadores queiram caminhar rumo a novos horizontes educacionais, providos de melhor aprendizagem, maior criticidade, assim como mudanças socioeconômicas e políticas. Novos estudos que abarquem a relação da leitura com a formulação de conceitos científicos precisam ser direcionados, sendo este um campo fértil ainda pouco explorado (FRANCISCO JR., 2010, p. 225).

1.3 – A questão de pesquisa e os objetivos

Neste estudo, retomamos para análise questões então lançadas em nossa dissertação de Mestrado (SILVEIRA JR., 2012). Como detalharemos no Capítulo 4, este trabalho de pesquisa foi construído a partir de um longo processo que envolveu reflexões, aprendizagens e mudanças de foco, processo esse deflagrado já desde a nossa entrada no curso de formação inicial.

Objetivamente, aqui nos valem os mesmos *corpus* de dados construídos no contexto dos trabalhos realizados durante a pesquisa de Mestrado. Naquele momento interessava-nos colocar o foco na mediação docente de leituras e compreender como esta poderia promover a aprendizagem dos estudantes sobre ciências. Se, ali, os dados para a análise dessa questão foram constituídos pela produção escrita dos estudantes, aqui eles serão construídos olhando-se para as interações discursivas orais ocorridas em sala de aula.

Mas, aqui também pretendemos ir além, buscando retomar, em outros patamares, uma das questões apresentadas no nosso projeto inicial de pesquisa para o Mestrado: a questão que se relacionava à pertinência da abordagem de determinados conteúdos de ciência no nível fundamental de ensino.

Como no Mestrado, continuamos entendendo que produz menos lições uma experiência que se guie por avaliar por si só o “momento ideal” no qual um determinado conteúdo escolar de ciências deva ser introduzido ou antecipado. O importante,

continuamos defendendo, é refletir como essa antecipação se faz no bojo do processo de ensino e aprendizagem de ciências e com quais objetivos.

É por isso que a nossa questão de pesquisa constitui-se em saber se *faz sentido ensinar modelos de ligações químicas no Ensino Fundamental*, e é por isso que entendemos que a resposta irá depender do *porque se ensina*, e do *como se ensina* esse tema.

Então, de modo a ter subsídios para responder a essa questão, os nossos objetivos na pesquisa foram os de:

- *Rever os estudos da química sobre as teorias de modelos de ligações e os da educação em ciências sobre as características particulares dos textos didáticos dessa disciplina, buscando subsídios para significar o ensino para os estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental;*
- *Planejar e desenvolver ‘boas aulas’ que levassem em consideração os resultados das buscas a esses objetivos anteriores;*
- *Olhar para os movimentos de oferta das contrapalavras pelos estudantes no encontro destes com os textos didáticos a partir das leituras propostas.*

Como hipóteses de trabalho na busca da resposta à nossa questão de pesquisa, vamos entender que os processos de constituição dos sujeitos e de como eles aprendem têm como fundamentos a mediação pelos outros e pelos signos. Também, que o ‘ensinar a ler’ e o ‘uso de modelos’ são importantes no processo de ensino e aprendizagem de ciências de acordo com a postura epistemológica à qual nos filiamos.

CAPÍTULO 2 - LEITURA NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS

2.1 - Introdução

São muitos os discursos que nos chegam e são muitas as necessidades de lidar com eles no mundo do trabalho e fora do trabalho, não só para o desempenho profissional, como também para fazer escolhas éticas entre discursos em competição e saber lidar com as incertezas e diferenças características de nossas sociedades atuais. Ensinar a usar e a entender como a linguagem funciona no mundo atual é tarefa crucial da escola na construção da cidadania (ROJO, 2008).

Como já enunciado anteriormente, essa pesquisa busca compreender como o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos escolarizados - no caso, ligações químicas - se desenvolve tendo como eixo orientador textos de uma específica coleção didática de ciências. Nossa intenção foi compreender o processo de ensino e aprendizagem das ligações químicas mediado pelo professor a partir da leitura de textos de ciências específicos de uma coleção didática. Um processo de *ensinar-aprender* por meio do *ler*. *Aprender a ler e ler para aprender* ou ainda *ensinar a ler para ler com autonomia e autoria* de modo a continuar aprendendo por meio dos textos. Assim, nosso esforço junto aos estudantes guardou um duplo sentido: o aprendizado da relação entre propriedades e modelos de ligações químicas, e, por meio da leitura de textos de ligações químicas, o aprendizado sobre a leitura de textos didáticos de ciências.

Tomamos como desafio ensinar os estudantes a aprenderem por meio de textos, no contexto de uma mediação intencionalmente planejada para promover junto a eles uma aprendizagem rica, plural, elaborada por meio de sentidos, relações e implicações, considerando a perspectiva histórico-cultural já amplamente defendida pela comunidade de educadores em ciências¹⁰.

Entendemos que aprender ciências demanda introduzir o estudante em um novo mundo, em uma nova linguagem. Compartilhamos com Espinoza (2010) a concepção de

¹⁰ Essa abordagem concebe o processo de elaboração de conhecimentos como prática social que envolve uma relação entre sujeito e objeto de conhecimento mediada por outro sujeito (SILVA E SCHNETZLER, 2006). Trataremos com mais detalhes da perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano no Capítulo 3.

que é importante ler textos de ciências para aprender ciências. Aprender ciências é aprender também a lidar com o texto escrito. Estamos diante de uma comunidade de práticos que lida com um texto que se vale de múltiplas linguagens. O conhecimento científico é validado essencialmente por meio de textos escritos e publicados em eventos e periódicos da área. É um modo de dizer que envolve uma necessária correlação entre evidência e teoria, entre argumentação e persuasão. Ao ler um texto de ciências, o leitor depara-se com certas formas próprias de expressão do pensar. Por isso mesmo, em geral, os textos de ciências mostram-se difíceis para serem compreendidos pelos estudantes sem a mediação do professor. O discurso científico, e mesmo o didático da ciência, é *estranho*, contraintuitivo e difícil de ser compreendido (ESPINOZA, 2010). Trata-se de outra linguagem, própria à cultura dos cientistas (MORTIMER, 2000). O aprendizado não se faz sem que os estudantes sejam introduzidos nas singularidades desse discurso.

Além disso, *ler* não é algo simples. Não equivale à decodificação, ao processamento de palavras, ou à manipulação mecânica de sequências discretas de sentenças (KLEIMAN, 1996). Faz-se necessário pensar a leitura como oferta de contrapalavras do leitor (GERALDI, 2007). Nesta forma de conceber, o texto passa a ser considerado o próprio lugar da interação (KOCH, 2003). A compreensão passa a ser entendida como uma complexa atividade interativa de produção de sentidos.

É por isso que a leitura precisa ser ensinada na escola (KLEIMAN, 2007), sem que seja considerada de responsabilidade exclusiva dos professores da língua materna (PAULA e LIMA, 2010). A ideia que prevalece e à qual nos opomos é a de que o estudante alfabetizado sabe ler um texto de ciências pelo simples fato de já estar alfabetizado. Concordamos com Espinoza (2010) quando diz que as situações propostas nas salas de aulas de ciências costumam partir do princípio de que os alunos já sabem ler, e que isso seria suficiente para interpretar um texto. Para a autora, normalmente não se pensa em situações de leitura como cenário no qual ao mesmo tempo em que se ensinam e se aprendem conhecimentos da área também se ensina e se aprende a ler. Neste sentido, um rápido exame das assessorias pedagógicas dos livros didáticos de ciências nos permite constatar que, em geral, os autores fornecem pouco ou nenhum suporte para que o professor seja mediador da aprendizagem da leitura dos textos didáticos.

É importante que os professores de ciências tomem parte nesta tarefa, engajando-se como mediadores em um projeto de ensino que tenha como referência o *aprender a ler* de modo a *ler para aprender* ciências. Concordamos com Geraldi (2010) quando diz que a mediação deve ser encarada como um processo em que o professor auxilia o estudante em seu desenvolvimento, em um diálogo com seu futuro. Trabalhar entre o sabido e o potencial é a forma de mediação do professor, que o torna assim um coautor dos textos de seus alunos. O professor passa de leitor-corretor, situação na qual estamos mais próximos de uma “enunciação do professor”, para o mediador do processo de aprendizagem e, por consequência, torna-se coenunciador dos textos dos seus alunos. De acordo com esse autor, dizemos que a compreensão do texto didático de ciências também será mais rica na medida em que o professor como mediador conseguir “ampliar os contextos”, fazer emergir “mais vozes” do que aquelas que podem ser imediatamente identificadas nos enunciados. Não se trata com isso de encontrar a “fonte do dizer”, mas sim de pôr em diálogo outros textos e outras vozes. Cotejar um texto com outros é, de acordo com Geraldi (2012), dar contextos a um texto.

Como a leitura não é ato solitário (SOARES, 2005), e representa a construção de sentidos em um encontro/confronto de vozes, ou, segundo Paula e Lima (2010), um encontro de, no mínimo, duas consciências e horizontes conceituais, a do autor e a do leitor, revela-se a importância da mediação intencionalmente planejada do professor antes, durante e após a situação de leitura. O professor, assim, é responsável por criar condições para que seus alunos ingressem nas práticas sociais de leitura como atribuição de sentidos (ESPINOZA, 2010). Como nos diz Bicalho (2010), é preciso tomar a leitura como objeto de ensino e não se ter improvisado em uma aula de leitura.

Buscamos considerar em nosso trabalho esses pressupostos relativos à leitura e ao ensino-aprendizagem de ciências. Eles, que foram aqui sintetizados nesta introdução, são retomados com mais profundidade ao longo do capítulo. Intencionamos assim explicitar com mais detalhes as nossas concepções sobre a leitura, sobre texto, sobre os textos didáticos como gêneros discursivos, sobre os textos didáticos de ciências, e sobre a leitura mediada de textos didáticos de ciências como um dos recursos para se ensinar e aprender ciências.

2.2 – A nossa concepção sobre a leitura

Eu vivo em um mundo de palavras do outro. E toda a minha vida é uma orientação nesse mundo; é reação às palavras do outro (uma reação infinitamente diversificada), a começar pela assimilação delas (no processo de domínio inicial do discurso) e terminando na assimilação das riquezas da cultura humana (expressas em palavras ou em outros materiais semióticos). A palavra do outro coloca diante do indivíduo a tarefa especial de compreendê-la (BAKHTIN, 2011).

Como deve ser a nossa orientação em relação às palavras dos outros? Como nos diz Bicalho (2014), a leitura já foi considerada apenas como uma atividade mecânica de decodificar palavras ou de extrair sentidos que supostamente estariam prontos no texto. A leitura concebida como decodificação linear de um texto representaria o procedimento de identificação das informações fornecidas explicitamente pelo autor (LOPES-ROSSI, 2003). Nessa concepção, o texto é considerado como um produto acabado, cabendo ao leitor identificar “exatamente o que o autor quis dizer”, procedimento que Geraldi (2002) chama de *simulação de leitura*, e que vai resultar em práticas problemáticas: a do tratamento do sentido como significado literal e unívoco; a do trato autoritário e não dialógico do texto como voz de autoridade a ser reconhecida e assimilada (repetida); a do tratamento do texto unicamente como normativo, regrado, formatado, modelar, unidade gramatical (ROJO, 2008).

No caso em que um texto é visto exclusivamente como um produto do pensamento do seu autor, nada mais caberia ao leitor senão captar a representação nele expressa, exercendo um papel essencialmente passivo. Dentro desta concepção, a língua é tomada como mero instrumento de comunicação, e o sujeito como (pré)determinado pelo sistema. O texto então seria um simples produto da codificação de um emissor a ser decodificado pelo leitor, bastando a este o conhecimento do código (KOCH, 2003). Neste contexto, as situações habituais de leitura seriam aquelas nas quais:

o aluno lê para responder aos requerimentos do docente: as perguntas de um questionário, o destaque das ideias principais, um resumo que terá que entregar, etc. Assim, o desafio para o aluno será lograr um desempenho que se aproxime o mais possível ao que o mestre espera: quanto mais ajustadas sejam suas respostas ao que o docente deseja, quanto melhor identifique no texto o que se supõe importante, mais possibilidades de “êxito” terá em seus estudos. (ESPINOZA, CASAMAJOR, PITTON, 2009, p. 128)

No entanto, pode ser considerado como ultrapassado o entendimento de que a leitura seja apenas decodificação (BICALHO, 2014; LOPES-ROSSI, 2003). De acordo com essa concepção de leitura, para se tornar um leitor competente – um leitor proficiente – bastaria que o sujeito aprendesse a ler nos anos iniciais de escolaridade. Tendo sido alfabetizado, o aluno saberia ler qualquer texto, inclusive os didáticos de ciências, supomos. Como vimos, essa pode ser uma das razões pelas quais a leitura no ensino de ciências seja considerada um não-problema a ser investigado.

Mas, à concepção que faz do homem uma máquina decodificadora, opõe-se outra segundo a qual o homem é um ser específico, irreduzível a uma mecânica, por mais aprimorada que seja. De acordo com este entendimento, a leitura é uma atividade criadora que, sem negar a presença de certos automatismos, os ultrapassa por toda parte (FIJALKOW, 2014). A leitura é uma atividade complexa em que o leitor produz sentidos a partir das relações que estabelece entre as informações do texto e seus conhecimentos: corresponde a compreensão e crítica, diz Bicalho (2014). No processo de leitura, à medida que as informações de um texto vão sendo apresentadas e o leitor vai estabelecendo relações entre essas informações e os seus conhecimentos prévios, unidades de sentido (compreensão) se formam. Nessa concepção, portanto:

a leitura é vista como uma atividade essencialmente construtiva, em que a compreensão se dá a partir da construção de sentidos de um texto, porém não se extrai sentido somente do texto. Esse processo depende também da leitura de informações implícitas e da interação de vários níveis de conhecimentos do leitor com as informações fornecidas pelo texto. Daí dizer-se que a compreensão do texto é uma atividade criativa e não apenas uma recepção ou decodificação passiva de informações. (LOPES-ROSSI, 2003, p. 142)

A leitura como atividade complexa que é, tem, de acordo ainda com Bicalho (2014), natureza cognitiva e social. Quando as pessoas leem, executam uma série de operações mentais como indiciar, reconhecer, levantar hipóteses, localizar informações, inferir, relacionar, comparar, sintetizar, etc. Para isso utilizam-se de estratégias que as ajudam a ter mais eficiência nesse processo. Por outro lado, a leitura pressupõe também o cruzamento de horizontes frente à interação que se estabelece entre um autor e um leitor que estão distantes, e que têm objetivos, expectativas, conhecimentos, visões de mundo e projetos de dizer próprios.

Como nos diz Geraldi (1996, 2002), a leitura é um processo de interlocução entre leitor/autor mediado pelo texto. É um lugar possível de encontro/confronto entre sujeitos. Ao ler um texto, o leitor mobiliza dois tipos de “informações”: aquelas que se constituíram em sua experiência de vida e aquelas que lhe fornece o autor com seu próprio texto. Ao ler um texto, o leitor não pode despojar-se de seus “saberes” para preencher o espaço vazio assim conseguido com os “saberes” do autor. Isto seria negar-se ante o texto. Mas também não pode escudar-se em seus “saberes” como verdades absolutas e imutáveis. Isto seria negar o texto.

O sujeito da compreensão não pode excluir a possibilidade de mudança e até de renúncia aos seus pontos de vista e posições já prontos. No ato de compreensão desenvolve-se uma luta cujo resultado é a mudança mútua e o enriquecimento. A concordância-discordância ativa (quando não resolvida dogmaticamente de antemão) estimula e aprofunda a compreensão, torna a palavra do outro mais elástica e mais pessoal, não admite dissolução mútua e mescla. Separação precisa de duas consciências, da sua contraposição e da sua inter-relação (BAKHTIN, 2011, p. 378).

É nesse sentido que a leitura é um encontro de sujeitos e confronto de perspectivas. Encontro com o autor, ausente, que se dá pela sua palavra escrita. Nesse processo, o leitor não é passivo, mas agente que busca significações. O leitor – um sujeito constituído sócio historicamente – será único em suas possibilidades de elaboração de sentidos a partir de um texto. A leitura do texto, assim como a sua produção, se dará em condições sócio-histórico-ideológicas específicas (LOPES-ROSSI, 2003). O sujeito da compreensão enfoca a obra com sua visão do mundo já formada, de seu ponto de vista, de suas posições (BAKHTIN, 2011). Como nos diz Orlandi (1997), diante de qualquer objeto simbólico o sujeito é instado a interpretar, a dar sentido, o que faz determinado pela história, pela natureza do fato simbólico, pela língua. O sujeito e o sentido, ao se constituírem, fazem-no na relação entre o mundo e a linguagem, expostos ao acaso e ao jogo, mas também à memória e à regra. Ler, portanto, é saber que o sentido pode ser outro.

E os sujeitos constroem sentidos distintos porque trazem para este processo um conjunto de contrapalavras que não se definem de forma unívoca. Como a palavra lida é sempre o momento e lugar da “startização” de muitas outras palavras do leitor - suas contrapalavras - a compreensão resulta do encontro entre palavra e contrapalavras. E dada a impossibilidade de se prever quais as contrapalavras irão emergir deste encontro, é

impossível prever todos os sentidos que a leitura produz. Por isso, um texto, uma vez nascido, passa a ter histórias que não são a reprodução de sentidos sempre idênticos a si mesmos. São as contrapalavras que trazemos para a leitura dos textos que fazem girar a roda e construir novas histórias. Esse seria um modo de insurgir-se contra os sentidos que as leituras privilegiadas impõem, tomando a compreensão como produto instável de nosso trabalho (GERALDI, 2006, 2007), e que completa o texto:

Compreender o texto tal qual o próprio autor de dado texto o compreendeu. Mas a compreensão pode e deve ser melhor. A criação poderosa e profunda em muitos aspectos é inconsciente e polissêmica. Na compreensão ela é completada pela consciência e descobre-se a diversidade de seus sentidos. Assim, a compreensão completa o texto: ela é ativa e criadora. A compreensão criadora continua a criação, multiplica a riqueza artística da humanidade. A cocriação dos sujeitos da compreensão. (BAKHTIN, 2011, p. 377)

E por que a compreensão completa o texto? Porque, como nos dizem Paula e Lima (2011), todo texto/discurso é constituído tanto pelos ditos, quanto pelos não-ditos. De certo modo, os não-ditos “estão no texto”, pois são evocados em nós a partir de nossa interação com o mesmo. Quem insere os não-ditos no texto é, por um lado, o leitor na condição de sujeito imerso em uma história social e pessoal de leitura, e por outro o autor, devido à própria impossibilidade de saturação dos sentidos por meio da convocação de mais palavras e enunciados.

Essa mudança de conceitualização da leitura, assim, traz junto mudanças na concepção de ensino. Quando a leitura é considerada como um processo no qual tanto o texto quanto o leitor aportam à construção de significado, a concepção de ensino é diferente: se propicia desde o começo a interação leitor-texto, porque se considera que o participar da prática leitora é o que contribuirá para a aprendizagem. O docente promove as condições para a participação dos estudantes em uma prática leitora – que como toda leitura inclui um propósito, se lê para ou por algo –, porque esse mostrar e esse fazer participar são um modo de ensinar. No marco dessa concepção, ler é construir significados nas interações com um objeto-texto (ESPINOZA, CASAMAJOR E PITTON, 2009).

É desse cenário de referências e entendimentos, portanto, que emergem as nossas concepções sobre a leitura, e a produção de sentidos e a compreensão construídas nesse

processo. Valendo-nos especialmente do que dizem Paula e Lima (2011), Koch (2003), Larrossa (2011), e Espinoza (2010), elaboramos a síntese dessas concepções que passamos a apresentar.

Concebemos a leitura como um processo que surge da interação entre, pelo menos, duas entidades sócio-históricas determinadas: o sujeito-leitor e o objeto-texto. No nosso trabalho, entendemos que mais duas dessas entidades também tomaram parte no processo, os sujeitos-autores e o sujeito-mediador. Por meio dessas interações, entendemos que tanto o sujeito-leitor modifica continuamente o objeto-texto, renovando-o e transformando-o a cada nova leitura, quanto o objeto modifica continuamente o sujeito, que se torna um sujeito diferente a cada vez que revisita o tema tratado pelo texto. Isso se dá, entendemos, pelos sentidos que emergem durante a leitura.

Consideramos a leitura como atividade no interior da qual ocorre um complexo processo de produção de sentidos que é condicionado, atravessado pelos aspectos histórico-sociais nos quais o texto, seu autor, os mediadores e o leitor encontram-se situados. Entendemos que essa produção de sentidos é uma atividade essencialmente dialógica, pois em qualquer leitura temos outros textos, autores e vozes de pessoas com as quais interagimos. Consideramos, assim, que o texto é o lugar por excelência da interação. Os interlocutores – autor, mediador e leitores, sujeitos ativos da interação, dialogicamente se constroem e são construídos por meio do texto. Nesse sentido, não entendemos a compreensão como simples captação de uma representação mental ou como a decodificação de um emissor. Assim, o sentido de um texto é, portanto, construído nas interações texto-sujeitos (ou texto-coenunciadores) e não algo que preexista à interação, passível de transmissão.

Pensamos que a leitura de um texto constitui um ato de interpretação, palavra que nos remete à figura do leitor-intérprete como sujeito sócio histórico, bem como à ideia de uma ação que não pode ser completamente controlada por outros sujeitos. Desse modo, nenhum texto tem um “sentido em si”, embora certamente possa ter um sentido preciso e determinado para seu enunciador em um dado momento histórico, ou para seus enunciatários, nesse ou em outros momentos.

Compartilhamos da ideia de que, na leitura, a produção de sentidos no ato de compreensão da palavra alheia envolve uma atitude crítica e responsiva de um sujeito que compreende/sente. A compreensão envolve o povoamento da palavra alheia com as contrapalavras do próprio sujeito que lê ou escuta. Entendemos que a atividade de leitura é, portanto, um trabalho semiótico e pertence ao mundo da compreensão e do compartilhamento de significados socialmente construídos. Esse compartilhamento depende da compreensão da palavra alheia e é resultado de um processo de confronto e interpretação entre as palavras dos outros e a palavra própria. Toda compreensão da palavra alheia implica complementar, negar ou questionar enunciações anteriores, antecipando enunciações posteriores.

Entendemos a leitura como experiência. A leitura como experiência refere-se à transformação que ocorre nas minhas palavras, no meu pensamento e no meu sentimento na relação com as palavras, o pensamento e o sentimento do autor. É encontro e confronto de projetos de dizer dos coenunciadores. É uma disputa tensa de sentidos e de movimentos que visam dar acabamento estético aos discursos que se cruzaram no texto tanto no momento da sua escrita quanto no presente em que se atualizam as enunciações. É um processo que vai sendo aperfeiçoado em cada situação de leitura e que se aprofunda ao longo de toda a vida. É dessa forma que concebemos a leitura e é a partir dela que orientamos o nosso trabalho acerca do ensino das leituras dos textos didáticos em aulas de ciências. Frente à palavra do outro, meu objetivo, portanto, é o de compreendê-la nas linhas e entrelinhas, cotejando os sentidos dos outros com os meus próprios, o dito e o não-dito sem esquecimento da origem, isto é, o próprio texto e sua autoria.

2.3 – O que entendemos por texto?

O texto, independentemente da sua produção ou recepção (leitura), não existe (LEONTIEV apud SCHMIDT, 1978).

Para Bakhtin (2011), onde não há texto, também não há objeto de estudo e de pensamento. Em nosso trabalho, ele desempenha papel fundamental, pois é por meio da leitura de textos que intentamos desenvolver em sala de aula o processo de ensino-aprendizagem de/sobre ciências. Mas, que “objeto” é este, o texto? A concepção que temos dos *textos* é importante quando tratamos dos sentidos que podem ser produzidos

durante a sua leitura, tendo implicações, portanto, em seus “usos e consumos” em sala de aula por professores e estudantes (MARTINS, 2007). Bakhtin (2011) chama de *enunciado*¹¹ o conjunto formado pelo texto mais a situação social de interação (RODRIGUES, 2007). Para o autor:

O emprego da língua efetua-se em forma de enunciados (orais e escritos) concretos e únicos, proferidos pelos integrantes desse ou daquele campo da atividade humana (BAKHTIN, 2011, p. 261).

O enunciado não é uma unidade convencional, mas uma unidade real (BAKHTIN, 2011, p. 275).

Em cada enunciado – da réplica monovocal do cotidiano às grandes e complexas obras de ciência ou de literatura – abrangemos, interpretamos, sentimos a *intenção discursiva* de discurso ou a *vontade discursiva* do falante, que determina o todo do enunciado, o seu volume e as suas fronteiras (BAKHTIN, 2011, p. 281).

Dois elementos que determinam o texto como enunciado: a sua ideia (intenção) e a realização dessa intenção (BAKHTIN, 2011, p.308)

O acontecimento da vida do texto, isto é, a sua verdadeira essência, sempre se desenvolve *na fronteira de duas consciências, de dois sujeitos* (BAKHTIN, 2011, p. 311).

O enunciado enquanto totalidade não se presta a uma definição nos termos da linguística (e da semiótica). O termo *texto* não corresponde de maneira nenhuma à essência do conjunto todo do enunciado (BAKHTIN, 2011, p. 371).

Compreendemos, portanto o texto dentro desses parâmetros. Como algo que, sendo o local de materialização das ações de linguagem, não prescinde de sua efetiva realização, não existe senão quando meio para a interação entre sujeitos. Seria uma produção social, produto da interação social (BRONCKART, 1999). Nesse sentido, compartilhamos do entendimento de Koch (2003), para a qual o texto constitui-se como construto histórico e social extremamente complexo e multifacetado; como lugar de constituição e de interação de sujeitos sociais; como evento em que convergem ações linguísticas, cognitivas e sociais, por meio das quais se constroem interativamente os objetos-de-discurso e as múltiplas propostas de sentidos; como função de escolhas

¹¹ Conforme nota do tradutor da obra, Bakhtin (2011) não faz distinção entre enunciado e enunciação, empregando o termo *viskázivanie* tanto para o ato de produção do discurso oral quanto para o discurso escrito, tendo resolvido por isso traduzir o termo por enunciado.

operadas pelos coenunciadores entre as inúmeras possibilidades de organização que cada língua lhes oferece.

Entendemos também que o texto é produto de sentidos autorais construídos e processo da produção de novos sentidos entre autores e seus leitores ou coautores. É produto para os autores porque, encerrado o dizer, ele se abre para os leitores como esforço de compreensão (dialogia) ou para outra versão que vier a ser feita, revisada. Assim, é produto e processo. Produto porque quando encontra o leitor já é passado ou que se refere a algo que aconteceu ao autor quando da enunciação. Contudo, se abre para o leitor como presente da enunciação porque ao longo da leitura será povoado por suas contrapalavras.

O sentido é potencialmente infinito, mas pode atualizar-se somente em contato com outro sentido (do outro), ainda que seja com uma pergunta do discurso interior do sujeito da compreensão. Ele deve sempre contactar com outro sentido para revelar os novos elementos da sua perenidade (como a palavra revela os seus significados somente no contexto). Um sentido atual não pertence a um (só) sentido mas tão somente a dois sentidos que se encontraram e se contactaram. Não haver “sentido em si” ele só existe para outro sentido, isto é, só existe com ele. Não pode haver um sentido único (um). (BAKHTIN, 2011, p. 382)

Assim, comungando com o entendimento de Martins (2007), entender o texto – e mais especificamente, o texto didático – como produto da atividade social desmistifica visões nas quais os sujeitos e suas possibilidades de significação são determinados pelos textos. Dessa forma, abre-se espaço para a reflexão sobre as possibilidades de transformação que estes materiais sofrem nas situações de leitura, e uso em sala de aula por professores e alunos. Uma reflexão que guiou as nossas ações neste trabalho¹².

2.4 – Os textos didáticos como gêneros discursivos

A vontade discursiva do falante se realiza antes de tudo na escolha de um certo gênero de discurso. (...) As formas da língua e as formas típicas dos enunciados, isto é, os gêneros do discurso, chegam à nossa

¹² Sobre as implicações destas ideias para o recorte da leitura no ensino de ciências, sobretudo no que diz respeito à demanda de construção de uma linguagem compartilhada, trataremos mais detidamente nas próximas três seções deste trabalho.

experiência e à nossa consciência em conjunto e estreitamente vinculadas (BAKHTIN, 2011).

Nery (2003) defende a ideia de que ler um texto implica um processo de construção de sentidos que depende do reconhecimento das formas linguísticas do texto, e sobretudo da compreensão de seu funcionamento linguístico-discursivo. Silva (1998) também vai nessa direção de que a organização discursiva dos conteúdos das diversas disciplinas é diferente, exigindo o domínio e a aplicação de habilidades também diferenciadas de leitura. No caso de nosso trabalho, tratamos da leitura de textos de uma coleção didática de ciências, que possuem uma organização linguística-discursiva própria e, em certos aspectos, diferentes do que se vê em outras coleções. Mas, ainda que pese tais diferenças, os textos didáticos a partir do que nos diz Bakhtin, são espécies de gêneros discursivos.

Os textos das coleções didáticas, como nos diz Rodrigues (2007), são exemplos de gêneros discursivos¹³. Especificamente, os textos didáticos seriam exemplos de gêneros discursivos secundários. Os gêneros secundários (romance, editorial, tese, palestra, anúncio, livro didático, encíclica etc.) surgem nas condições da comunicação cultural mais “complexa”, no âmbito das ideologias formalizadas e especializadas, que, uma vez constituídas, “medeiam” as interações sociais: na esfera artística, científica, religiosa, jornalística, escolar etc.

Bakhtin define os gêneros discursivos em geral como tipos relativamente estáveis de enunciados ou formas relativamente estáveis e normativas do enunciado. O que constitui um gênero é a sua ligação com uma situação social de interação, e não apenas as suas propriedades formais. Cada gênero está assentado em um diferente *cronotopos*, pois inclui um horizonte espacial e temporal (qual esfera social, em que momento histórico, qual situação de interação), um horizonte temático e axiológico (qual o tema do gênero, qual a sua finalidade ideológico-discursiva), uma concepção de autor e interlocutor, de coenunciário, e uma dimensão emocional-volitiva. Para Bakhtin:

¹³ De acordo com Rojo (2007), aqueles que adotam a perspectiva dos *gêneros do discurso* partirão sempre de uma análise em detalhe dos aspectos sócio históricos da situação enunciativa. Isso configura não uma análise exaustiva das propriedades do texto e de suas formas de composição (gramática) – buscando as invariantes do gênero -, mas uma descrição do texto/enunciado pertencente ao gênero ligada sobretudo às maneiras (inclusive linguísticas) de configurar a significação.

O emprego da língua efetua-se em forma de enunciados (orais e escritos) concretos e únicos, proferidos pelos integrantes desse ou daquele campo da atividade humana. Esses enunciados refletem as condições específicas e as finalidades de cada referido campo não só por seu conteúdo (temático) e pelo estilo da linguagem, ou seja, pela seleção dos recursos lexicais, fraseológicos e gramaticais da língua mas, acima de tudo, por sua construção composicional. Todos esses três elementos - o conteúdo temático, o estilo, a construção composicional – estão indissolúvelmente ligados no todo do enunciado e são igualmente determinados pela especificidade de um determinado campo da comunicação. Evidentemente, cada enunciado particular é individual, mas cada campo de utilização da língua elabora seus *tipos relativamente estáveis* de enunciados, os quais denominamos *gêneros do discurso*. A riqueza e a variedade dos gêneros do discurso são infinitas porque são inesgotáveis as possibilidades da multiforme atividade humana e porque em cada campo dessa atividade é integral o repertório de gêneros do discurso, que cresce e se diferencia à medida que se desenvolve e se complexifica um determinado campo (BAKHTIN, 2011, p. 261-262).

De acordo com Bronckart (1999), todo texto se inscreve necessariamente em um conjunto de textos ou em um gênero. Para Fiorin (2008), como nos expressamos sempre por meio de gêneros no interior de uma dada esfera de atividade, o gênero estabelece uma interconexão da linguagem com a vida social. De acordo com Machado (2007), os gêneros podem ser compreendidos como quadros da atividade social em que as ações de linguagem se realizam. A autora entende que nas atividades de linguagem os gêneros se constituem como verdadeiras ferramentas semióticas complexas¹⁴, que permitem que realizemos ações de linguagem, participando das atividades sociais de linguagem. A partir da apropriação dos gêneros, inserimo-nos nas atividades comunicativas.

É nesse sentido que Lopes-Rossi (2003) entende o conceito bakhtiniano de gêneros discursivos como muito apropriado para considerações sobre a construção de significados de um texto, já que contempla qualquer produção linguística em seus aspectos linguísticos, textuais e discursivos. Proporciona, por isso, melhores condições para um ensino, visando ao desenvolvimento de habilidades e estratégias de leitura nos diversos níveis de escolaridade. Isso, porque, no uso social da língua, os muitos significados que se podem construir para um texto escrito são decorrentes de uma complexa inter-relação dos significados, das palavras, das expressões, da organização

¹⁴ Como nos diz a Profa. Maria Amélia Dalvi Salgueiro, no entanto, para Bakhtin, a noção de gênero extrapola a ideia de instrumento ou ferramenta. É a substância da vida social.

sintática e textual, dos aspectos visuais e gráficos que o constituem, todos realizados num contexto situacional cujas características sócio discursivas devem ser consideradas.

Porém, como nos adverte Rodrigues (2007), a noção de gêneros não pode deixar de ser compreendida a partir de fundamentos nucleares, como a *concepção sócio-histórica e ideológica da linguagem*, o *caráter sócio-histórico, ideológico e semiótico da consciência* e a *realidade dialógica da linguagem e da consciência*. Não se poderia, portanto, dissociar essa noção de gênero daquelas de *interação verbal, comunicação discursiva, língua, discurso, texto, enunciado e atividade humana*, pois somente na relação com esses conceitos pode-se apreender, sem reduzir, a noção de gêneros.

Machado (2007) defende que “ensinar gêneros”, na verdade, não significa tomá-los como o objeto real de ensino e aprendizagem, mas como quadros da *atividade social* em que as *ações de linguagem* se realizam. O objeto real de ensino e aprendizagem seriam as operações de linguagem necessárias para essas *ações*, operações essas que, dominadas, constituem as *capacidades de linguagem*. Nesse contexto, o universo da leitura das crianças e jovens é ampliado, à medida que leem e veem funcionar outras formas de discurso como o didático-científico. Nesse mesmo sentido, Espinoza (2010), no contexto do tratamento de textos didáticos de ciências, entende que o ler e escrever com autonomia faz parte da formação de todos os indivíduos para que possam continuar estudando e para que consigam se desenvolver em uma sociedade cada vez mais exigente. Assim, a formação de pessoas que saibam ler e escrever é uma responsabilidade fundamental da educação e que passa, necessariamente, pela contribuição de todos os professores das diferentes disciplinas.

Em nosso trabalho, buscamos compreender a organização linguística-discursiva própria desse tipo de texto – o didático de ciências – para que o processo de ensino-aprendizagem de ciências, via a sua leitura mediada na escola, fosse mais bem planejado e conduzido.

2.5 – Os textos didáticos de ciências

Quanto melhor dominamos os gêneros tanto mais livremente os empregamos, tanto mais plena e nitidamente descobrimos neles a nossa

individualidade (onde isso é possível e necessário), refletimos de modo mais flexível e sutil a situação singular da comunicação; em suma, realizamos de modo mais acabado o nosso livre projeto de discurso (BAKHTIN, 2011).

Sendo o encontro de pelo menos três sujeitos – autor, professor e estudante – o texto didático é talvez a forma mais rica de ensinar e aprender na sala de aula no sentido de formar sujeitos leitores desses textos. A mediação da leitura do texto na sala de aula ultrapassa a dimensão da mera exposição/explicação do professor porque introduz um terceiro ponto de vista com o qual é preciso lidar. Mas o quanto dominamos deste tipo de gênero, de forma a realizarmos o nosso projeto discursivo?

Os textos dos livros didáticos desempenham papel fundamental nas relações de ensino especialmente quanto ao planejamento e desenvolvimento das aulas. Não são os únicos recursos didáticos existentes, mas sempre foram os mais presentes e disseminados (MARCELINO JR, 2008; CARNEIRO, SANTOS e MÓL, 2005), não necessariamente intensamente utilizados. Para alguns professores, os livros didáticos são quase que determinantes da prática pedagógica em sala de aula, sendo ainda utilizados como um manual completo, seja indicando para utilização do aluno, seja usando como fonte primária de consulta no preparo das aulas. Nesse caso, utilizam cegamente o texto e centram o seu trabalho na perspectiva de “vencer o conteúdo do livro”, sem reflexão sobre suas deficiências e inadequações. Outros professores, de forma diversa, estabelecem uma interação pessoal e alternativa com o livro didático adotado, deixando de lado parte dos textos e atividades. Nesse caso, o professor se recusa a adotar fielmente os manuais didáticos do mercado e faz adaptações tentando formatá-los à sua realidade escolar e convicções pedagógicas.

Em pesquisa com professores de ciências (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003), foram identificados três grupos de usos que fazem dos livros didáticos: para elaborar o planejamento anual e a preparação das aulas; para apoiar atividades em sala de aula ou extraescolares; para consulta bibliográfica para completar os conhecimentos deles e para aprendizagem dos estudantes. Uma consequência desse processo é a de que o livro tem sido usado para simplificar e normalizar o trabalho docente, muito embora o professor nunca deixe de controlar e transformar a informação que deve chegar aos

alunos, seja no momento em que escolhe o livro didático (controle), seja no momento e no modo em que o usa (transformação).

Uma conclusão a que chegamos a partir de nossas experiências como professores e formadores de professores é que o livro didático não tem sido usado pelos alunos (para aprender) e sim pelos professores (para ensinar). Sendo de uso do professor, serve a ele como ferramenta mediacional da docência. Portanto, o não uso pelos alunos (ler e aprender a ler) acaba se tornando natural. Uma ferramenta de ensino do professor que não está sendo pensada no estreito relacionamento com a aprendizagem. A assessoria pedagógica (material suplementar destinado aos professores) que seria ferramenta do professor, já que é pensada e produzida para ele, é pouco consultada. Como quem usa/lê é o professor que já é iniciado na área, este acaba por não estranhar que os estudantes tenham dificuldades com a leitura desses textos e se conclui que os estudantes não leem porque não sabem ler.

De toda forma, as questões sobre os livros didáticos estão postas, e elas parecem refletir-se no campo das pesquisas. Muito, e de há muito se tem pesquisado sobre o livro didático. Os enfoques de análise também foram os mais diversos, dentre outros, político, sócio histórico, econômico, epistemológico, metodológico e pedagógico. A tendência maior desses trabalhos recai, normalmente, sobre a análise de seus conteúdos, visando identificar prováveis erros conceituais, ideologias por eles veiculadas, concepções de ciências adotadas, sua evolução histórica e as Políticas do Ministério da Educação, enquanto seu principal “consumidor” (CARNEIRO, SANTOS e MÓL, 2005).

Martins (2012), referindo-se especificamente ao campo da Educação em Ciências, traça um panorama das investigações que tomaram o livro didático como objeto de investigação no qual se ratifica esse quadro de múltiplos enfoques. A autora, no entanto, alerta-nos de que há poucos trabalhos que tratam do uso do livro didático no espaço escolar. Nesse mesmo sentido, Carneiro, Santos e Mól (2005) descrevem que, apesar de várias pesquisas sobre os livros didáticos, ainda são inexpressivos os estudos que se ocupam de sua utilização pelo professor no cotidiano da sala de aula.

Mesmo com o Programa Nacional do Livro Didático¹⁵ e a democratização do acesso aos livros que ele significou, nossa dúvida recai sobre a utilização dos mesmos em sala de aula, dadas nossas observações diretas nas escolas de Minas Gerais e decorrentes dos relatos de estudantes da licenciatura em química da UFMG. O quadro que se delineia é o de quase ausência dos livros didáticos das salas de aulas das escolas públicas (GARCIA, 2014). Para Paiva (2013), questionava-se anteriormente o fato dos alunos de escolas públicas não terem acesso aos livros. Hoje, os livros chegam às bibliotecas das escolas, mas permanecem dentro das caixas.

Martins (2012) também chama a atenção para o número reduzido de trabalhos que problematizam os aspectos relacionados à linguagem dos livros didáticos. Defende que uma forma de complementar os estudos tradicionalmente associados ao livro didático seria tratar do papel da linguagem como obstáculo ou como facilitadora do entendimento. Para ela, abordagens que tomam a linguagem como ação social ajudariam a compreender que as dificuldades dos alunos frente aos textos científicos não se devem somente a dificuldades de entendimento de especificidades gramaticais, léxicas ou sintáticas do texto. Assim, passaríamos de estudos que investigam a legibilidade dos textos e as dificuldades de interpretação segundo uma normatização de sentidos autorizados para estudos das interações entre sujeitos (autores, professores e leitores) e textos.

De acordo com Kress (*apud* BALOCCO, 2007), todo texto é duplamente determinado: pelos significados sociais dos discursos que nele figuram e pelas formas, significados e restrições de determinado gênero.

O texto didático de ciências é, por excelência, tradução concreta dessa dupla determinação à qual se submetem os textos. Como nos dizem Marin e Terrazan (1997), as concepções científicas são construídas e registradas em espaços especiais e com uma linguagem também especial. Porém esta linguagem tem a pretensão de se fazer entender, ou seja, de estabelecer comunicação nos diversos espaços sociais. A escola é um desses espaços, onde os sujeitos têm acesso aos conteúdos científicos e à linguagem da ciência,

¹⁵ 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.

iniciando assim, seu contato com uma forma particular do pensar humano, e também possibilitando a criação de novas formas de pensar e conhecer. Inicialmente, com o intuito de auxiliar e de mediar esse processo, nasce, no âmbito da educação escolar, uma nova linguagem, a linguagem dos livros didáticos. Esta, porém, já nasce com problemas intrínsecos de definição sobre sua relação com a linguagem cotidiana e a linguagem científica.

Martins (2007), apoiada em estudos que cita, caracteriza o texto do livro didático de ciências como a materialização do discurso sobre ciência na escola, instância articuladora de diferentes vozes e horizontes sociais e conceituais, e que é atravessado por uma variedade de discursos: o científico, o midiático, o cotidiano, o pedagógico, entre outros, transformando e incorporando trechos de textos a ele relacionados na construção de um discurso com identidade própria. Essas características vão demandar a (re)configuração de ações e relações didáticas e pedagógicas no espaço escolar.

Para Espinoza, Casamajor e Pitton (2009), os textos escolares de ciências conservam algumas características e apresentam certas diferenças em relação àqueles que circulam no meio científico. Para as autoras, *o texto científico transmite um discurso fortemente estruturado, utilizando uma linguagem rigorosa, precisa, asséptica, e termos monossêmicos e monorreferenciais*. O discurso costuma ser denso ou carregado de informação, com frases e parágrafos curtos e uma estrutura padrão ou uniforme. Esses textos usam formas de comunicar o conhecimento que são próprias de cada disciplina: gráficos, esquemas, símbolos e expressões matemáticas estão carregados de um significado específico, porque a linguagem segue a lógica interna disciplinar. Como nos diz Paula (2004), as ciências pressupõem a coordenação entre teorias e evidências, utilizando múltiplas estratégias e linguagens. Os textos resultam comunicáveis, pois em um determinado momento histórico, os autores e seus interlocutores compartilham um corpo de conhecimentos, um mesmo marco de referência.

De acordo ainda com as autoras, o processo de transformação que sofrem os textos de caráter científico se agudiza à medida que se reescrevem para um público cada vez mais amplo. O texto escolar constitui praticamente a última etapa desse processo. Esta característica influi na concepção que os leitores formam sobre o tipo de conhecimento

que é a ciência. A partir de um ocultamento do caráter subjetivo do discurso científico através das sucessivas passagens até o texto escolar, o conhecimento geralmente é apresentado como um saber neutro, despojado de implicações de todo tipo e que avança de forma contínua. A ciência é normalmente apresentada aos estudantes como uma série acumulativa de descobertas realizadas por personagens de capacidade superior à da maioria das pessoas e que realizam experimentos distanciados da teoria, quando na realidade o conhecimento deveria ser apresentado como produto de uma construção social e histórica – não é a verdade definitiva – mas sim uma interpretação dos fenômenos naturais validada pela comunidade científica em um determinado momento (ESPINOZA, CASAMAJOR, PITTON, 2009).

O livro didático é, portanto, um importante elemento mediador das interações discursivas entre os diferentes sujeitos que tomam parte na construção do conhecimento sobre ciência na escola, ou seja, autores, cientistas, divulgadores, professores e alunos. (MARTINS, 2006). Sua característica marcante é a heterogeneidade, pois ele:

é organizado a partir de uma diversidade de linguagens, a saber, verbal (texto escrito), matemática (equações, gráficos, notações), imagética (desenhos, fotografias, mapas, diagramas). Cada um destes diferentes modos semióticos pode ser considerado como mais ou menos apto para lidar com demandas comunicativas concretas (mostrar, descrever, explicar) e as relações entre eles podem ser de subordinação, complementação, oposição ou elaboração (KRESS *et al*, 2001; PICCININI; MARTINS, 2004; *apud* MARTINS, 2012, p. 21).

Braga (2003), tratando especificamente do livro didático de ciências, ressalta os processos de incorporação e transformação envolvidos, dizendo-nos que o gênero do texto do livro didático de ciências não seria uma simples soma de outros gêneros de discursos – científico, cotidiano, jornalístico, divulgação científica, pedagógico e literário, nem seria, também, uma simples tradução ou reformulação do discurso científico. Trata-se, na verdade, de um gênero construído na relação estabelecida entre diferentes formas de discursos numa mesma língua, refletindo as condições e os objetivos do meio social em que se insere – no caso, a escola. Nesse sentido, esse gênero poderia ser caracterizado como uma mescla de alguns elementos dos gêneros científico, didático e cotidiano:

A linguagem é a forma que os cientistas empregam para divulgar o conhecimento produzido. Tomando-se, num sentido mais amplo, o gênero de discurso científico pode ser caracterizado por seu vocabulário, suas redes semânticas, seu estilo, suas representações visuais – (imagens) –, matemáticas e de operações experimentais. (...). O texto de Biologia do livro didático não reproduz os elementos do gênero de discurso científico de forma literal, mas associa-os a elementos do gênero de discurso didático e cotidiano. Os elementos do gênero de discurso didático, interagindo com elementos do gênero de discurso científico e cotidiano e outros, contribuem para recontextualização do conhecimento científico no texto do livro didático. (...). O gênero de discurso cotidiano é usado no livro didático para contextualizar conceitos, em função de certos elementos de vivência ou de fácil entendimento do leitor. Esses elementos, entrelaçados com elementos do gênero de discurso científico e didático, têm claramente, uma função didática no texto do livro didático de Ciências (BRAGA, 2003, p. 38, 48, e 53).

Entendemos que os cientistas têm seus próprios gêneros discursivos, seu estilo e seus temas. Como disse Bakhtin (2011), cada esfera da comunicação social seleciona, reelabora e opera com seus próprios gêneros discursivos. O livro didático pertence não à esfera da comunicação científica, mas à esfera da educação, onde se espera ou cuja função “tradicional” é socializar conhecimentos (entendidos como conteúdos conceituais) produzidos em outra esfera, a da ciência, além de procedimentos e atitudes. Então o livro didático, por seu turno, tem seus gêneros (unidades, lições, etc.) que são totalmente distintos dos gêneros da esfera científica.

O que esta esfera específica da educação faz? Traz para seus textos próprios, em seus gêneros, conhecimentos produzidos na outra esfera e tenta explicá-los segundo uma outra ordem totalmente distinta daquela do processo de produção destes mesmos conhecimentos porque não leva em conta somente o eixo epistemológico, mas também o eixo didático-pedagógico dentro do qual se definem seriações segundo uma imagem da possibilidade de aprendizagem dos estudantes. A apresentação dos conceitos é didatizada. E mais, os conceitos (os conhecimentos) sofrem uma seleção (que exclui, por exemplo, do fazer científico todas suas perguntas, suas dúvidas, suas idas e vindas).

Por isso, os conteúdos de ensino não são o conhecimento científico, mas uma faceta/versão dele desbastados da categoria principal da ciência: toda resposta científica é uma hipótese de compreensão de um fenômeno, e não uma verdade. O livro didático (e a esfera pedagógica) transforma hipóteses em verdades, verdades em certezas e certezas em certo/errado. Conceitos de certo/errado existem na ciência na medida em que há

hipóteses válidas e não válidas. O certo ou errado remete a um domínio explicativo. Aí é que está a grande diferença.

É por conta dessas características que a interpretação dos textos didáticos de ciências naturais se mostra difícil e torna necessária a mediação, apesar de todas as transformações que se realizam para fazê-los acessíveis aos alunos. Espinoza, Casamajor e Pitton (2009), ao tratar das repercussões concretas dessas características, vão ao encontro desse entendimento. Existe uma distância entre o macro e o micro, algo “estranho”, contraintuitivo, no discurso da ciência que é difícil de ser compreendido. Além disso, em geral os livros didáticos de ciências não dão conta de tratar da maneira ou das condições em que um conceito, modelo ou teoria foram construídos ou abandonados. Também, em geral as ilustrações dos livros didáticos exigem um significativo nível de abstração. Nesse caso, o conteúdo específico que se comunica através das ilustrações requer um complexo processo de interpretação¹⁶. Ainda, com frequência, os textos incluem analogias que tentam favorecer a construção de representações sobre o tema, nem sempre com o sucesso pressuposto pelos autores. No entanto, no que se refere à utilização de analogias, é necessário compreender em que se assemelham e em que se distanciam o elemento análogo e o fenômeno em estudo. Significa pensar em um contexto e transferir para outro, mantendo algo que seria invariável e traduzindo para a nova situação que se quer significar.

Foi considerando essa problemática, que em nosso trabalho partimos da concepção de linguagem como algo que permite que os sujeitos produzam sentidos para pensarmos a relação que se estabelece entre os textos do livro didático de ciências e a mediação pedagógica das leituras desses textos em sala de aula. Consideramos as características dos textos didáticos para pensar sobre as demandas que essas características impõem às práticas de leitura no espaço escolar. Como nos diz Martins (2006, 2007), considerações sobre a natureza híbrida e heterogênea do texto didático de ciências revelam importantes relações que se estabelecem entre o discurso científico, o discurso pedagógico, o discurso da divulgação científica, o discurso cotidiano etc., e que são constitutivas do discurso científico-escolar. Os textos dos livros didáticos apresentam

¹⁶ Reconhecemos a importância e a complexidade a envolver as ilustrações no ensino e aprendizagem de ciências, mas não aprofundamos essa discussão neste trabalho.

um caráter híbrido semiótico. Há uma multiplicidade de sistemas de significação, dentre os quais a linguagem verbal é somente uma delas. Este caráter heterogêneo do texto, que se constitui a partir de diferentes gêneros de discurso¹⁷, traz questões interessantes a respeito da constituição do espaço escolar, das identidades sociais de aluno e professor, da função de materiais educativos, e do sentido de práticas institucionalizadas, como, por exemplo, a avaliação.

Na medida em que reconhecemos os diferentes discursos que permeiam o texto do livro didático e as diferentes representações de alunos, professores e de cientistas que nele estão presentes, podemos explorar outras dimensões da interação com o texto didático para além da decodificação e apreensão de informações. Além de ser fonte de informação para que os alunos contrastem, ampliem ou modifiquem suas concepções, o texto didático passa a ser recurso para que os estudantes participem do discurso que se elabora em ciências (ESPINOZA, CASAMAJOR, PITTON, 2009).

Nesse sentido, concordamos com Francisco Jr. (2010) quando diz que a leitura escolar do texto didático de ciências precisa ser modificada, sobretudo em termos da relação dos educandos com o texto. É importante que as estratégias de leitura propiciem um contato mais pessoal com os textos, ao mesmo tempo em que a cobrança e as situações de leitura sejam diferentes das usualmente empregadas. Daí a fundamental importância que a organização pedagógica da leitura fomente o desenvolvimento de recursos que facilitem os educandos a assumirem a dialogicidade necessária frente ao texto.

2.6 – As demandas que se impõem à leitura mediada de textos didáticos de ciências

É a escola que faz a mediação, porque as famílias estão subnutridas de leitura. O resultado do professor como mediador é incontestável, já avançamos muito. Mas sempre é o professor, aquele que faz a diferença na vida do aluno. Precisava ser uma coisa mais consistente, uma ação educacional mais colegiada na escola, no sentido de eleger a formação de leitores não pelo viés da avaliação de proficiência em leitura (PAIVA, 2013).

¹⁷ Bunzen Jr. (2009) considera o livro didático – no caso, de Português – como um gênero do discurso.

Espinoza, Casamajor e Pitton (2009) questionam-nos como se chega ao conhecimento construído pela ciência se não por meio do discurso do docente ou da leitura de um texto. O texto e a exposição do docente constituem praticamente as únicas alternativas para aceder à produção científica. Para as autoras, é através da leitura de textos de ciências naturais que se favorecerá a apropriação, por parte dos alunos, da gramática e das formas de organização usadas na escritura científica, o que lhes permitirá “falar a linguagem da ciência”.

Todavia, como diz Francisco Jr. (2010), não são muito animadores os resultados de alguns estudos que apontam a baixa compreensão de leitura dos estudantes; a pouca valorização da atividade de leitura no ensino de ciências; os obstáculos de domínio de tarefas metacognitivas relacionadas com a leitura; a desmotivação dos estudantes; e as dificuldades por eles sentidas quando leem textos científicos.

Esse contexto só contribui para ratificar as importâncias da escola e do professor para as mudanças necessárias. Sendo o texto um dos meios para aceder à produção da ciência, a escola precisa oportunizar aos alunos dialogar com os ditos textos, pois a interpretação – e, portanto, o acesso ao conhecimento – não é simples (ESPINOZA, CASAMAJOR, PITTON, 2009). Para as autoras, a leitura é um recurso fundamental para o ensino e a aprendizagem de ciências, mas aprender com um texto requer um grande esforço intelectual, além de uma postura crítica e comprometida. A interpretação de um texto de ciências é sempre difícil para um aluno que lê para aprender um conhecimento novo:

Caracteriza-se a leitura em ciências naturais como uma prática complexa na qual os leitores compartilham textos, interpretações, crenças. Uma prática que não se aprende espontaneamente e para cujo ensino é necessário caracterizar tanto a prática social de referência – a leitura no campo das ciências e no de sua divulgação -, como os textos que se produzem na área, para logo, junto com os aportes da psicologia da aprendizagem e da didática da leitura, conceber situações didáticas que contribuam para aproximação a essa prática (...). (p.103)

Em geral, os textos de ciências mostram-se difíceis para serem compreendidos pelos estudantes sem a mediação do professor pela sua alta densidade conceitual. Uma palavra/conceito guarda em si uma profusão de outras interdependentes. Como vimos, o discurso científico, e mesmo o discurso didático da ciência, é “estranho”, contraintuitivo

e difícil de ser compreendido (ESPINOZA, 2010; MARCUSCHI, 2005), e o aprendizado não se faz sem que os estudantes sejam introduzidos nas singularidades desse discurso. Trata-se de outra linguagem, própria à cultura dos cientistas (MORTIMER, 2000), que remete aos seus modos de pensar, produzir e validar conhecimentos que em nada se parecem com os procedimentos adotados na vida cotidiana. A mediação docente nesse processo desempenha, portanto, um papel fundamental. Como nos dizem Espinoza, Casamajor e Pitton (2009), como docentes nos posicionarmos no lugar de exercermos a função de ensinar a ler textos de ciências, pois a autonomia leitora depende em grande medida do que sabemos sobre o conteúdo do discurso que se lê.

O texto didático representa uma tentativa de se traduzir os objetivos gerais do ensino de ciências em tópicos, sequências, capítulos, etc. que possam ser entendidos e apropriados pelos alunos. É uma das instâncias de ligação entre o conhecimento científico, o professor e os alunos. O autor do livro didático utiliza-se de uma ou mais publicações sobre o conhecimento científico (artigos especializados, livros para ensino universitário, artigos de divulgação, etc.) e também de outros livros didáticos para produzir o seu.

Nesse processo, que concepções de ciência, de cientista e de produção de conhecimento chegam até os alunos? Não sendo neutro, o livro didático divulga determinadas concepções de conhecimentos e de ensino. A condição de texto – como recorte, seleção, opção do potencial de significado – e os conhecimentos dos leitores tornam indispensável uma mediação didática para que os alunos possam produzir um significado mais ajustado (ESPINOZA, CASAMAJOR, PITTON, 2009), e para uma leitura crítica do livro didático como elemento mediador da construção discursiva do conhecimento sobre ciência na sala de aula (MARTINS, 2006). Conhecer o livro, identificando suas características mais relevantes, tanto em termos de conteúdos como de proposta metodológica, é indispensável e deve ser um trabalho em que o professor tem papel fundamental.

Além disso, como vimos, o sentido não está na palavra: há um processo histórico e social de construção de sentidos do qual é importante que nós – professores – tomemos parte (MARTINS, 2012). No texto didático de ciências não lemos palavras que buscamos

nos dicionários ou nos glossários existentes (LIMA e SILVA, 2007), mas ideias, descrições de procedimentos experimentais, teorias, modelos e conceitos que fazem parte de uma rede ampla, complexa e interdependente de sentidos hierarquicamente estruturados. As próprias definições dos conceitos, ao contrário das conceituações, como está na raiz da palavra, fecham sentidos, pondo um fim: *de-fini* como sentido último e fixo.

Os textos – a partir de uma perspectiva sociofuncional – são seleções, recortes, opções, do potencial de significado (...). Todo texto se define como a realização de um potencial de significado: é o que se quer dizer selecionado entre uma série de alternativas que constitui o que se pode dizer” (Rodríguez y Kaufman, 1988). Estas palavras cobram força na área de ciências naturais dada a complexidade do conteúdo e a necessidade de apelar a outros saberes, tão complexos como o que se quer comunicar, para que o leitor possa construir significado. Nesse sentido, a seleção que se realiza em um texto do que “se pode dizer” para o que “se quer dizer” origina uma tensão que nunca se resolve totalmente (ESPINOZA, CASAMAJOR, PITTON, 2009, p. 113).

A leitura em sala de aula pode configurar-se como um complexo processo de produção de sentidos, de oferta de contrapalavras pelos estudantes e professores, contribuindo assim para a compreensão dos conteúdos escolarizados tratados. Para Rojo (2007), no campo da compreensão, da leitura e da formação do leitor, trata-se mais de despertar a réplica ativa e a flexibilidade dos sentidos na polissemia dos signos, que de ensinar o aluno a reconhecer, localizar e repetir os significados dos textos em vez de compreensão. Para Geraldi (2010), um modelo de escola que seja aberta a aprendizagens trata de forma diferente a presença do texto na sala de aula:

Enquanto aquele que centra fogo no ensino se pergunta, diante de um texto, “o que farei com este texto?” para explicá-lo e dele extrair seu sentido que aí já está; aquele que toma a aprendizagem como o ponto de partida vai se perguntar “para que este texto?”, o que resulta num outro movimento: o leitor não vai ao texto para dele extrair um sentido, mas o texto, produzido num passado, vem ao presente do leitor que está carregado de contrapalavras possíveis e no encontro das palavras de um com as palavras do outro constrói-se uma compreensão (p. 78).

Não existe um significado único, inequívoco, naquilo que expressamos por meio da linguagem. O leitor interpreta o que está escrito, e o sentido que ele atribui ao texto está relacionado com os inúmeros saberes que estão envolvidos numa situação de leitura: o conhecimento sobre o sistema de escrita, o conhecimento sobre os textos, o

conhecimento sobre o mundo e o conhecimento sobre o assunto em questão (ESPINOZA, 2010). Por consequência, várias interpretações de um texto seriam possíveis.

Isso, porém, não significa que qualquer interpretação poderia ser considerada válida. Se assim fosse, estaríamos negando o texto (GERALDI, 1996). Entendemos que o sentido não é único e não está lá no texto para ser decodificado. Caso o fosse, a mediação docente seria desnecessária. Os sentidos nascem da interação entre sujeitos mediada pelos textos. Daí a possibilidade da emergência de sentidos vários. Nesse contexto, poderíamos entender que a mediação docente também seria desnecessária. Mas, ao contrário, compartilhamos da ideia de que ela é fundamental nesse processo. O professor já iniciado nos discursos e práticas da ciência é o par mais capaz do qual fala Vigotski (2008) para negociar sentidos e circunscrevê-los aos domínios de validade dos mesmos.

Machado (2004), baseando-se no ponto de vista bakhtiniano, defende que as restrições de sentido constituiriam uma das possibilidades que podem ser concretizadas no/pelo discurso pedagógico. Esses limites e possibilidades de sentidos vão estabelecer-se não somente por uma determinação curricular ou por uma opção individual do professor. São histórica e culturalmente determinados. No entanto, não impossibilitam que sentidos outros sejam elaborados e circulem nas salas de aula.

Para Paula e Lima (2010), há um modo legítimo e até mesmo necessário de exercer práticas de interdição à interpretação dos textos nas salas de aula de ciências, pelo próprio estatuto epistemológico da ciência, como área de conhecimento. O professor insere o estudante numa cultura que tem seus modos próprios de dizer e de significar. Assim, compreender essa cultura “estrangeira” é aprender acerca dos sentidos válidos, dos limites e domínios de significação e de aplicação de seus conteúdos vários. Implica dar a ver os contornos, as extensões e constrangimentos inerentes ao discurso científico. Enfim, o que é certo e o que é errado para a ciência e, por consequência, para a educação em ciências.

Geraldi (1991) nos ajuda a pensar a dialética entre ler para o outro e admitir que o outro faça qualquer leitura. Não se trata de “corrigir” leituras com base numa leitura privilegiada e apresentada como única; mas também não é admitir qualquer leitura como legitimável (ou legítima), como se o texto não fosse condição necessária à leitura e como

se neste o autor não mobilizasse os recursos expressivos em busca de uma leitura possível.

Para o autor:

Do ponto de vista pedagógico, não se trata de ter no horizonte a leitura do professor ou a leitura historicamente privilegiada como parâmetro de ação; importa, diante da leitura do aluno, recuperar sua caminhada interpretativa, ou seja, que pistas do texto o fizeram acionar outros conhecimentos para que ele produzisse o sentido que produziu; é na recuperação desta caminhada que cabe ao professor mostrar que alguns dos mecanismos acionados pelo aluno podem ser irrelevantes para o texto que se lê, e portanto a sua “inadequada leitura” é consequência deste processo e não porque não se coaduna com a leitura desejada pelo professor. (GERALDI, 1991, p. 188)

É nesse sentido, portanto, que concordamos com Espinoza (2010) no reconhecimento que faz da importância da intervenção do professor para ajudar o estudante a construir interpretações adequadas em relação ao conhecimento que está em jogo.

Todavia, o mais comum é que quando ocorre uma leitura do texto didático em sala de aula ela seja antecedida ou seguida de uma explicação do docente, acrescida de exercícios de fixação e avaliação da aprendizagem. Como nos dizem Espinoza, Casamajor e Pitton (2009), um dos traços característicos dos textos didáticos é a inclusão de uma variedade de atividades cuja índole resulta “naturalmente” ser decodificada pelo aluno. Existem propostas para realizar experiências, relatos de experiência para ajudar na compreensão de um fenômeno, perguntas para resolver ao finalizar a leitura do texto ou para contestar ao início tão só com o que o estudante já sabe, perguntas retóricas que não necessitam respostas, tabelas de dados com perguntas para ser respondidas, tabelas de dados para transmitir informação, etc. Mesmo quando o livro tem uma proposta de caráter mais investigativo, quase sempre são ignoradas a proposta metodológica e os experimentos propostos. Com tal forma de utilização, a aprendizagem pode se reduzir aos conteúdos conceituais e ter um caráter mecânico. Em síntese, a prática de sala de aula revela um uso tradicional do livro.

Como nos diz Espinoza (2010), se não houver intervenção do professor antes, durante e após a situação de leitura, o aluno pode ficar com a impressão de que entendeu o texto pelo fato de conseguir localizar certas partes ou repeti-las, sem chegar a se

envolver realmente com o sentido daquilo que o livro pretende comunicar. Um texto não pode dizer tudo que um possível leitor precisaria saber para chegar à interpretação mais adequada. Pela própria condição de texto, qualquer um deles tem limitações, e devemos propor a leitura em condições que levem em consideração as dificuldades que ela apresenta.

Por isso, há necessidade de se planejar intervenções docentes que possam ir além da mera releitura do texto e permitam atribuir determinados sentidos ao texto e assim favorecer a interpretação desejada. Além disso, como os textos de ciências naturais (inclusive os didáticos) são difíceis pelo conteúdo que comunicam, é necessário que seja o professor da área quem tome sua leitura como objeto de ensino (ESPINOZA, CASAMAJOR, PITTON, 2009). E para se ensinar e aprender ciências, a utilização da leitura deve ocorrer no âmbito de uma série de situações das quais os estudantes precisam tomar parte: observações, experimentação, resolução de problemas, produção de textos (ESPINOZA, 2010).

Para as autoras, é importante considerar que essas referidas intervenções docentes se deem no bojo de situações de leitura desenhadas com o propósito de ensinar conteúdos de ciências. Concretamente:

Auxiliando os estudantes no reconhecimento de marcas textuais – termos, expressões, pontuação, concordância etc. – que nem sempre são percebidas por eles, o acaba por impedir que elas influenciem na interpretação que se faz.

Ajudando os estudantes a fazerem uma leitura crítica das figuras presentes nos textos, chamando a atenção para alguns aspectos, e efetuando comparações entre elas e outras partes do texto, uma vez que a leitura de imagens é um poderoso recurso para o aprendizado em geral e das ciências em particular.

Utilizando a analogia mais adequada e dedicando a ela, na sala de aula, o tempo que for necessário para que os alunos possam apreender a mensagem do texto que em geral exige um nível alto de abstração por parte dos estudantes.

Compreendendo que não basta se ter um propósito leitor para se orientar uma leitura. É necessário o docente intervir especificamente para ajudar aos estudantes interpretar algumas ideias do texto.

Problematizando os conteúdos específicos designados para o ensino, de forma a gerar as condições didáticas para que os estudantes leiam com um propósito, que vão ao texto movidos pelo desejo de aprender porque ali podem encontrar respostas a suas perguntas. Para responder a um interesse genuíno por saber, os estudantes podem rever as suas próprias ideias, ressignificar e fazer a relação entre os conceitos.

Considerando que uma condição didática relevante para a aprendizagem é que os estudantes leiam guiados por perguntas que tenham circulado na sala e que foram produto de uma construção coletiva. Assim, instalando-se um propósito leitor que contribua para que os alunos se posicionem como leitores autônomos, que não dependam necessariamente de um guia externo – o docente – para ler um texto, mas sim que sejam convocados por encontrar respostas a suas perguntas.

Entendendo que é preciso identificar o que o texto diz, ao mesmo tempo que se reconhece que o autor deliberadamente deixa conceitos sem dizer devido ao recorte particular de conteúdos que efetua, assim como o “não dito”. Nesse sentido, ajudando os estudantes a compreenderem que a construção de significado a partir da interação com um texto se faz com a reposição do não dito com os saberes de que dispõem.

Conscientizando-se de que a abordagem da leitura é de caráter didático, porque os leitores não têm – nem podem ter – todos os saberes necessários para “preencher” os ditos “vazios”.

Demonstrando aos estudantes que ler é assumir riscos e controlá-los, que aprender a ler é – em grande medida – aprender a revisar, a monitorar os significados que se vão construindo em interação com o texto a partir dos indícios

que que o mesmo aporta. Em outros termos, que aprender a ler é também aprender a controlar as nossas próprias interpretações.

Compartilhando com os estudantes a responsabilidade pela leitura, ajudando-os a monitorar sua própria compreensão, oferecendo-lhes oportunidades de construir estratégias de autocontrole da leitura. Para tanto, postergando a comunicação de sua opinião a eles, delegando provisoriamente a eles a função avaliadora, ou seja, não sendo o primeiro nem o único a validar as diversas interpretações.

Habilitando em sala a circulação dos distintos significados que os estudantes vão construindo na interação com o texto, inclusive aqueles que estão distanciados das intenções do autor, distância que habitualmente se pensa como erros de compreensão. Ao mesmo tempo, comunicando aos estudantes que nem toda interpretação pode ser correta.

Não renunciando ao seu papel de “ensinante”, intervindo ativamente para permitir que na aula os estudantes se desdobrem, argumentem, contrastem as ideias sobre o que “diz” o texto. Criando as condições didáticas para ajudá-los a formarem-se como leitores autônomos de textos de ciências naturais.

Oferecendo aos estudantes oportunidades para que leiam dentro da escola de maneira semelhante como se lê fora dela: decidindo o que vão ler ou não, o que vão reler; avaliando ou controlando suas interpretações; interpelando tanto o autor como a outros leitores e as ideias construídas na interação com o texto; opinando sobre o lido.

A inserção desse longo conjunto de trechos¹⁸ se justifica pelo fato de neste trabalho termos nos orientado a partir desses subsídios, visando contribuir para o processo de formação leitora dos sujeitos com os quais interagimos.

¹⁸ Esses trechos não se encontram referenciados de acordo com as normas determinadas para as citações, pois não se tratam propriamente de citações, mas sim de reescritas e reordenamentos que fizemos dos textos das autoras mencionadas.

CAPÍTULO 3 – OUTROS ESTUDOS TEÓRICOS

3.1 – Mediação pelos signos e pelos outros

A essência humana não é o abstrato inerente ao indivíduo único. É o conjunto das relações sociais em sua efetividade (KARL MARX apud BAKHTIN, 2001).

A citação de Marx abre *O Freudismo*, na qual Bakhtin (2001) traça um esboço crítico sobre a teoria, que dá título à obra, enfatizando a importância do social na constituição dos sujeitos. Para Bakhtin, o nascimento físico não nos basta. Algo como um segundo nascimento do ser humano é necessário:

O indivíduo humano só se torna historicamente real e culturalmente produtivo como parte do todo social, na classe e através da classe. Para entrar na história é pouco nascer fisicamente: assim nasce o animal, mas ele não entra na história. É necessário algo como um segundo nascimento, um nascimento social. O homem não nasce como um organismo biológico abstrato mas como fazendeiro ou camponês, burguês ou proletário: isto é o principal. Ele nasce como russo ou francês e, por último, nasce em 1800 ou 1900. Só essa localização social e histórica do homem o torna real e lhe determina o conteúdo da criação da vida e da cultura. (BAKHTIN, 2001, p. 11)

A referência a Marx, portanto, expressa essa posição de Bakhtin¹⁹ quanto à constituição sócio-histórico-cultural dos indivíduos, posição que apresenta muitos pontos de contato com as ideias de Vigotski. Bakhtin e Vigotski são expoentes da perspectiva histórico-cultural que utilizamos neste trabalho como referencial teórico e metodológico. A partir desse referencial, tratamos de questões de ensino e aprendizagem, da constituição dos sujeitos, dos processos de compreensão, da importância da linguagem, da constituição sócio-cultural, da mediação, da importância do outro, etc.

De acordo com Freitas (2005), Mikhail Mikhailovitch Bakhtin e Lev Semyonovich Vigotski nasceram em anos próximos (1895 e 1896), viveram na Rússia, e

¹⁹ Não desconhecemos a controvérsia sobre a autoria das obras atribuídas a Bakhtin. Aqui, quando nos referimos a Bakhtin estamos, na esteira do que defende Geraldi (2013), nos referindo a um trabalho coletivo realizado pelo chamado Círculo de Bakhtin. Para Ponzio (*apud* Geraldi, 2013), o Círculo de Bakhtin tratar-se-ia de um grupo de intensa e afinada colaboração em clima de amizade, em pesquisas comuns, a partir de interesses e competências diferentes, do qual Bakhtin não poderia ser considerado um líder ou mestre.

experienciaram o mesmo contexto histórico, o mesmo ambiente teórico-ideológico nos quais desenvolveram semelhantes visões do mundo e do homem, apesar de talvez nunca terem se conhecido pessoalmente. Para Wertsch e Smolka (1994), embora Bakhtin e Vigotski tenham sido contemporâneos, não existiria prova concreta de que tenham se conhecido ou mesmo lido os trabalhos um do outro²⁰. Entretanto, dizem os autores, os temas que estavam no “ar”, na época em que ambos escreveram, resultaram em grande quantidade de justaposições e complementaridades em suas abordagens.

Concebendo o homem como um ser histórico e produto de um conjunto de relações sociais, Vigotski e Bakhtin perguntam-se como os fatores sociais podem modelar a mente e construir o psiquismo. A resposta que apresentam para essa questão nasce de uma perspectiva semiológica, na qual o signo como um produto social tem uma função geradora e organizadora dos processos psicológicos. Assim, a mediação semiótica da vida mental é colocada como ponto de partida em seus estudos, do qual decorrem outros aspectos comuns: a constituição semiótica da consciência, o papel do outro e do diálogo nesse processo de interiorização, a intervenção crucial do contexto. (FREITAS, 2005 p. 302-303)

Como estamos tratando dessas questões que, no caso concreto, estão associadas a interações ocorridas em sala de aula, nada mais essencial do que considerar as concepções sobre como os sujeitos se constituem e aprendem. Como nos mostra Fontana (1997), uma destas concepções é a de que os sujeitos são racionais por natureza: fontes dos sentidos produzidos e de toda a compreensão. No extremo oposto, temos a concepção da qual nos aproximamos: a concepção de Bakhtin e Vigotski de que o sujeito é produto da história. São nas relações sociais, com os outros, que os modos de compreensão e de elaboração do mundo e de si mesmo são produzidos e transformados.

Direcionando essa discussão para o processo de ensino e aprendizagem, Machado (2004) nos diz que a concepção de um processo fundamentalmente individual de construção do conhecimento passou a ser questionada na passagem dos anos oitenta para os noventa do século passado, uma vez que ela se mostrou insuficiente para dar conta da complexidade das relações envolvidas no processo de aprendizagem. A partir de então, a dimensão social passou a ser incorporada à análise do processo de ensino.

²⁰ Apesar dessa afirmação, Freitas (2005) aponta que Bakhtin fez, em *O Freudismo*, duas citações sobre artigo publicado por Vigotski.

A perspectiva histórico-cultural

A perspectiva histórico-cultural, fundamentalmente ancorada nos trabalhos de Vigotski e de Bakhtin, incorpora a dimensão social à análise das atividades humanas, procurando explicar o processo de formação da mente (consciência), relacionando-o aos contextos histórico, cultural e institucional nos quais os sujeitos estão envolvidos e estão se relacionando.

Apoiando-nos no trabalho de Smolka (2000b), apontamos alguns pressupostos considerados por Vigotski e por Bakhtin, e que tomamos como referências. De forma bastante sucinta, para Vigotski: todas as funções mentais humanas têm origem social; o desenvolvimento mental é um processo de apropriação e elaboração de cultura; as funções psicológicas superiores são transformações internalizadas de modos sociais de interação, incluindo artefatos culturais (instrumentos técnicos) e formas de ação e signos (instrumental psicológico); nesse processo de internalização (transformação de um processo intermental em um processo intramental) a mediação do signo, especialmente da palavra, indica relações entre a organização social do comportamento e a organização individual do pensamento; a palavra é um poderoso amálgama: parte signo, parte instrumento, ela é o elemento humanizador mais significativo.

Para Bakhtin, ainda de acordo com Smolka (2000b): não existe atividade mental sem expressão semiótica; os signos só podem emergir no terreno interindividual; a palavra é o material privilegiado da comunicação na vida cotidiana: ela está presente em todos os atos de compreensão e em todos os atos de interpretação; todos os signos não-verbais apoiam-se nas palavras e são acompanhadas por ela; a língua penetra na vida através dos enunciados concretos; a palavra é mediação, é materialização como signo na enunciação concreta; a dialogia é princípio explicativo, epistemológico: diálogo não significa apenas alternância de vozes, mas implica o encontro e a incorporação de vozes em um espaço e um tempo sócio-históricos; a dialogia implica sempre uma multiplicidade de vozes, uma multiplicidade de sentidos: é sempre polifonia, polissemia; a enunciação é sempre de natureza social; a estrutura da atividade mental é tão social quanto a da sua objetivação exterior.

O interessante na adoção dessa perspectiva é que, a partir de seus pressupostos, nos são possibilitados, do ponto de vista teórico, uma articulação entre o micro (cotidiano) e o macro (relações estruturais e funcionais) – como nos diz Smolka (2000b), e, do ponto de vista pedagógico e metodológico, um olhar para o espaço escolar de uma forma diferente da usual:

Com base nessas ideias de Vigotski e Bakhtin pode-se pensar numa nova dimensão do espaço escolar que possibilite a manifestação da diferença dos modos e esquemas de construção do conhecimento, acompanhada de um trabalho pedagógico que se transforma numa ação compartilhada, num espaço de elaboração conjunta. Ao se valorizar essa interação dialógica, o aluno não é mais um agente passivo e receptivo, mas um sujeito que age e, pelo seu discurso, se faz ouvir, recriando-se no seio de outras vozes. A ação compartilhada, permeando o espaço pedagógico, humaniza o processo educacional. (FREITAS, 2005, p. 307-308)

Baseando-nos no que diz Machado (2004), é por meio da perspectiva histórico-cultural que vamos considerar a nossa sala de aula de ciências como o espaço para a construção de uma determinada forma de pensar e de (re)elaborações de visões de mundo. Assim, considerá-la como espaço de constituição de sujeitos que assumem vozes, perspectivas, posições nesse mundo, que aprendem várias formas de ver, de conceber e de falar do mundo.

Nesta perspectiva, as interações na sala de aula são tidas como prática discursiva, ancorada e redimensionada nas/pelas concepções de mediação semiótica, de dialogia, e de internalização (apropriação). Assim, estaremos considerando que as relações sociais são, antes de tudo, linguagem, mas onde linguagem/relações sociais constituem a atividade mental (SMOLKA, 2000b). Nesse sentido:

Os estudos que abordam as interações como constitutivas do sujeito (...) consideram que é nas relações sociais (que são relações com o outro) que os modos de compreensão e de elaboração do mundo e de si mesmo são produzidos, re-produzidos e transformados num movimento contínuo que articula dialeticamente os sujeitos e a exterioridade das condições de produção dessa relação. (FONTANA, 1997, p. 63)

Assim, a abordagem histórico-cultural pressupõe uma concepção de sujeito que considera como elemento primordial de sua definição a contradição inerente à relação de constituição mútua entre o eu e o outro, bem como que assume que os processos

psicológicos emergem relacionados com os modos de vida dos indivíduos em interação, considerando que a linguagem e a cognição constituem-se mutuamente. É na interação com o outro que o sujeito se constitui e que se dá a elaboração conceitual. No tempo, vivemos e somos nossas relações sociais, produzimo-nos em nossa história (FONTANA, 1997; MACHADO, 2004).

Dessa forma, adotando essa perspectiva, nos propomos a problematizar aspectos relacionados com os processos de significação, com a questão da linguagem e com a constituição da subjetividade, e, por consequência, mudamos a forma de olhar para a sala de aula, pois a influência da mediação na constituição do sujeito e no processo de construção do conhecimento torna-se destacada (MACHADO, 2004).

Neste trabalho, portanto, nos valemos dos fundamentos da perspectiva histórico-cultural para o planejamento das nossas ações práticas, e para a análise dessa prática: assumimos que a significação se produz na dinâmica das interações, e que a linguagem se destaca na constituição dos sujeitos e dessas interações.

O papel central da linguagem

Para Freitas (2005), a aproximação entre os sistemas teóricos de Vigotski e Bakhtin se dá, sobretudo, pela centralidade que eles atribuem à linguagem. Na perspectiva histórico-cultural, a linguagem não apresenta meramente uma dimensão comunicativa, ou seja, a linguagem não existe apenas como veículo para comunicar mensagens. Ela é considerada sob sua dimensão constitutiva das formas de pensar dos sujeitos e dos processos de significação (MACHADO, 2004).

Como nos aponta Fontana (1997), embora a atividade mental não seja visível nem possa ser diretamente percebida, ela é exprimível para o outro e para o próprio indivíduo, e igualmente compreensível, através de signos. Tratando desse tema, Vigotski fez afirmações cada vez mais contundentes de que uma compreensão da linguagem e de outros instrumentos como esse forneceria a base para o resto de sua abordagem sobre os recursos mediacionais que moldam os processos mentais humanos (WERTSCH E SMOLKA, 1994). Para Vigotski (2008), a palavra é um microcosmo da consciência

humana, e o pensamento não é simplesmente expresso em palavras. É por meio delas que ele passa a existir.

De acordo com Wertsch e Smolka (1994), um princípio fundamental na abordagem de Vigotski sobre o funcionamento mental humano estaria relacionado à primordialidade da dimensão social da consciência. A partir desse ponto, três temas inter-relacionados se estenderiam por todo o trabalho de Vigotski: a afirmação de que o funcionamento social ou “intermental” daria origem ao funcionamento individual ou “intramental”; a confiança em um método genético ou de desenvolvimento para investigar todos os aspectos do funcionamento mental; a afirmação de que os processos humanos psicológicos e sociais são fundamentalmente formados pelos recursos mediacionais que empregam. Dos recursos mediacionais, dizem os autores, Vigotski deu atenção especial aos “signos” - especialmente a linguagem - que são usados para organizar o nosso próprio comportamento ou o comportamento dos outros: a transmissão racional e intencional de experiência e pensamento a outros requer um sistema mediador, cujo protótipo é a fala humana, oriunda da necessidade de intercâmbio durante o trabalho (VIGOTSKI, 2008); o uso de signos conduz os seres humanos a uma estrutura específica de comportamento que se destaca do desenvolvimento biológico e cria novas formas de processos psicológicos enraizados na cultura (VIGOTSKI, 2007).

Smolka, (2000), baseando-se no que afirma Vigotski sobre o caráter e a função da mediação do signo, nos diz que encontramos ali a explicitação de dois aspectos cruciais que vão permear e fundamentar o seu e também o nosso trabalho: a dimensão discursiva (mediação pela “palavra”), e a dimensão pedagógica (mediação pelo “outro”). Para a autora, essas formas de mediação marcam a atividade mental do indivíduo no sentido de que seus modos de agir e de pensar estão profundamente enraizados no contexto e impregnados na/da dinâmica sociocultural.

De forma semelhante, nos diz Freitas (2005), Bakhtin também compreende a palavra (no sentido de enunciado) como material semiótico da consciência, determinando o conteúdo da vida interior, do discurso interior. O centro organizador e formador da atividade mental não está no interior do sujeito, mas fora dele, na própria interação verbal. A organização das ideias (na forma de enunciados concretos) contribui para uma compreensão mais clara do discurso interior, organizando melhor o pensamento.

Assim, Bakhtin (1995) vai nos dizer que a palavra se apresenta como o fundamento, a base da vida interior, e que não é a atividade mental que organiza a expressão, mas, ao contrário, é a expressão que organiza a atividade mental, que a modela e determina sua orientação.

O conteúdo do psiquismo, o conteúdo dos pensamentos, sentimentos e desejos é dado em uma forma pela consciência e, conseqüentemente, numa forma pela palavra humana. A palavra – é claro que em seu sentido não restritivamente linguística, mas no sentido sociológico amplo e concreto – é o meio objetivo em que nos é dado o conteúdo do psiquismo. (BAKHTIN, 2001, p. 84)

Uma vez materializada, a expressão exerce um efeito reversivo sobre a atividade mental: ela põe-se então a estruturar a vida interior, a dar-lhe uma expressão ainda mais definida e mais estável. (BAKHTIN, 1995, p. 118)

Para Machado (2004), a consideração da dimensão constitutiva da linguagem é uma contribuição fundamental, pois muda radicalmente a perspectiva do nosso olhar para a compreensão da relação entre a linguagem e a elaboração conceitual no contexto da sala de aula. Baseando-nos nesta perspectiva é que buscamos, no caso concreto descrito neste trabalho, balizar a nossa prática e compreender as relações que se estabeleceram entre os discursos que circularam na sala de aula a partir da abordagem dos modelos de ligação química e a construção de conhecimentos de/sobre ciências. Assim, temos como pressuposto que os conhecimentos são elaborados nos e pelos discursos: a palavra está presente em todos os atos de compreensão e em todos os atos de interpretação (BAKHTIN, 1995).

A complementaridade das ideias de Bakhtin e Vigotski

Como nos diz Freitas (2005), enquanto a vida de Bakhtin foi longa, tendo se estendido até os oitenta anos, apesar dos problemas de saúde, Vigotski viveu apenas trinta e oito anos. Devido à sua morte prematura em decorrência de uma tuberculose, Vigotski não teve tempo para aprofundar questões por ele lançadas (SMOLKA, 2000b). Este fato deu origem às discussões que destacam distinções feitas entre o “Vigotski psicólogo” e o “Vigotski metodólogo” (WERTSCH, 1988).

Para Wertsch e Smolka (1994), várias implicações das afirmações de Vigotski sobre relações sociais não estão bem desenvolvidas em seus trabalhos. Consideram que

os estudos empíricos dele se restringiram à interação social de duplas ou pequenos grupos, o que é entendido como uma deficiência de abordagem. Por consequência, a pesquisa teórica e empírica de Vigotski não preencheria a pauta abrangente de trabalhos por ele proposta para uma abordagem histórico-cultural ou sociocultural da mente.

De acordo com Smolka (2000), apesar de Vigotski ter destacado a natureza social e o caráter de mediação do signo, ele não chegou a explorar a dinâmica e o funcionamento social da palavra. Para Machado (2004), há uma lacuna deixada pelas ideias de Vigotski quando elas são utilizadas para a análise das relações entre pensamento, linguagem e o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. Valendo-se de Wertsch, a autora nos diz que a análise de Vigotski para os processos interpsicológicos focalizou principalmente a interação pesquisador – sujeito pesquisado, não aprofundando a questão da relação entre as várias formas de ação mediada e seus contextos históricos, culturais e institucionais.

Para os autores que apontam essas lacunas, é no trabalho de Bakhtin que encontramos pistas e suporte para estender as ideias de Vigotski. De acordo com Smolka (2000), Vigotski enfatizou e priorizou a mediação e as origens sociais do funcionamento mental como princípios explicativos no processo de elaboração histórica da consciência. Esses princípios explicativos podem ser ampliados e complementados pelo princípio da dialogia proposto por Bakhtin.

Para Wertsch e Smolka (1994), uma maneira eficaz de delinear as conexões entre os processos intermentais e intramentais, de um lado, e os ambientes culturais, históricos e institucionais de outro, é valer-se de algumas ideias de Bakhtin, dentre elas, a de “dialogia”, fundamental no estudo sobre os processos mentais e sociais humanos.

Os conceitos bakhtinianos como dialogia, linguagem social e gênero de fala representam mecanismos concretos para ampliar as afirmações de Vigotski sobre as origens sociais e a natureza social do funcionamento mental humano. Especificamente, esses conceitos tornam possível explicar, por um lado, algumas das vinculações entre funcionamento intermental e intramental e, por outro, os ambientes culturais, históricos e institucionais. Essa vinculação destaca-se quando as linguagens sociais e os gêneros de fala são considerados como recursos mediacionais. Esses recursos mediacionais são essencialmente socioculturais em sua natureza e, portanto, “importam” naturalmente o sociocultural para dentro do mental. (...) Consequentemente, é invocando algumas das ideias de Bakhtin sobre as linguagens sociais e os gêneros de fala que podemos

fornecer o embasamento sociocultural exigido pelo Vigotski metodólogo, mas não fornecido pelo Vigotski psicólogo. (WERTSCH e SMOLKA, 1994, p. 131-132)

De acordo com Fiorin (2005), o princípio unificador da obra de Bakhtin é a concepção dialógica da linguagem: o teórico russo enuncia esse princípio e, em sua obra, examina-o em seus diferentes ângulos e estuda detidamente suas diferentes manifestações. Para Bakhtin (1995), o diálogo não é apenas a comunicação em voz alta, de pessoas colocadas face a face, mas toda comunicação verbal, de qualquer tipo que seja. A dialogia, em geral, diz respeito às muitas formas como se dá essa comunicação verbal, como duas ou mais vozes entram em contato, seja confrontando-se ou orquestrando-se (WERTSCH e SMOLKA, 1994; FONTANA, 1997). Nesse sentido:

Toda enunciação, mesmo na forma imobilizada da escrita, é uma resposta a alguma coisa e é construída como tal. Não passa de um elo da cadeia dos atos de fala. Toda inscrição prolonga aquelas que a precederam, trava uma polêmica com elas, conta com as reações ativas da compreensão, antecipa-as. (BAKHTIN, 1995, p.98)

A dialogia implica sempre polifonia (multiplicidade de vozes) e polissemia (multiplicidade de sentidos), nos diz Fontana (1997): somos povoados por múltiplas vozes; vozes dos outros que nos constituem; vozes dos múltiplos papéis sociais que desempenhamos, vozes da história que ecoam em nós e nos significam. O outro, próximo ou distante, fala em nós, do mesmo modo que também falamos nos/pelos outros. A ideia de um discurso que é o tempo todo atravessado pelo alheio, que traz no seu interior o outro, é um dos principais pontos do pensamento Bakhtin e o fundamento da sua concepção dialógica da linguagem, aponta Marinho (2005).

É nesse sentido que Bakhtin (1995) afirma que a vida só começa no momento em que uma enunciação encontra outra, isto é, quando começa a interação verbal, mesmo que não seja direta, “de pessoa a pessoa”. Além disso, nenhuma enunciação tem natureza individual. No momento de sua expressão, a palavra revela-se como o produto da interação viva das forças sociais.

Na realidade, o ato de fala, ou, mais exatamente, seu produto, a enunciação, não pode de forma alguma ser considerado como individual no sentido estrito do termo; não pode ser explicado a partir das condições

psicofisiológicas do sujeito falante. A enunciação é de natureza social. (BAKHTIN, 1995, p. 109)

Nenhuma enunciação verbalizada pode ser atribuída exclusivamente a quem enunciou: é produto da interação entre falantes e, em termos mais amplos, produto de toda uma situação social em que ela surgiu. (...) A palavra é uma espécie de “cenário” daquele convívio mais íntimo em cujo processo ela nasceu, e esse convívio, por sua vez, é um momento do convívio mais amplo do grupo social a que pertence o falante. Para compreender esse cenário, é indispensável restabelecer todas aquelas complexas inter-relações sociais das quais uma dada enunciação é a interpretação ideológica. A questão não muda se em vez de discurso exterior temos discurso interior. Esse discurso também pressupõe o ouvinte eventual, constrói-se voltado para ele. O discurso interior é tanto produto e expressão do convívio social quanto o discurso exterior. (BAKHTIN, 2001, p. 79-80)

Assim, Bakhtin vai falar do *eu* que se realiza no *nós*, insistindo não na síntese, mas no caráter polifônico dessa relação exibida pela linguagem (BRAIT, 2005). Para Dahlet (2005), o dialogismo bakhtiniano abala, sem dúvida, a concepção clássica do sujeito. O sujeito cartesiano, circunscrito como uma identidade permanente, por ser já de início solidário de seu pensamento, explode em Bakhtin numa partição de vozes concorrentes.

Por isso, nos diz Machado (2004), as ideias de Bakhtin têm sido incorporadas na discussão da relação entre o discurso e a construção de conhecimentos em salas de aula. É nesse contexto que inserimos o nosso trabalho, considerando a importância da mediação e do princípio dialógico na produção e circulação de sentidos no processo de construção do conhecimento na sala de aula de ciências.

Recursos mediacionais e a ação humana

Se, como vimos, o princípio dialógico de Bakhtin abala a concepção clássica do sujeito cartesiano, Wertsch e Smolka (1994) nos mostram que a ideia de recursos mediacionais também questiona nossos pressupostos e concepções sobre a ação humana, pois coloca em dúvida as suposições baseadas na “imagem livre do self” e no “atomismo”. Não se pode conceber os modos de agir restritos ao indivíduo isoladamente, nos dizem os autores. As ideias de Vigotski exigem que se conceba as formas de ação, mesmo individuais, sempre relacionadas aos recursos mediacionais, que proporcionam e restringem formas específicas de ação humana.

A ideia de que a atividade mental seja mediada por instrumentos e signos é crucial dentro da abordagem histórico-cultural, nos diz Nogueira (2010). De acordo com Lima (2014), nós, humanos, criamos instrumentos e sistemas de signos que nos permitem conhecer o mundo e comunicar sentidos, razão pela qual a linguagem assume grande papel na mediação pedagógica. Para Góes (2000), assume-se que o conhecimento é construído na interação sujeito-objeto e que essa ação do sujeito sobre o objeto é socialmente mediada.

A invenção e o uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comparar coisas, relatar, escolher etc.) é análoga à invenção e uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico. O signo age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho. Mas essa analogia, como qualquer outra, não implica uma identidade desses conceitos similares. (...) A analogia básica entre signo e instrumento repousa na função mediadora que os caracteriza. (VIGOTSKI, 2007, p. 52-53)

São os signos, socialmente produzidos e compartilhados, que tornam possível ao homem relacionar-se com o outro e consigo mesmo, aponta-nos Vigotski. Para o autor, a interação social é impossível sem o signo e também é impossível sem a significação. Bakhtin entende que todo signo é social por natureza, tanto o exterior quanto o interior, e que o que faz da atividade psíquica uma atividade psíquica é sua significação. Assim:

Signos e palavras constituem para as crianças, primeiro e acima de tudo, um meio de contato social com outras pessoas. As funções cognitivas e comunicativas da linguagem tornam-se, então, a base de uma forma nova e superior de atividade nas crianças, distinguindo-as dos animais. (VIGOTSKI, 2007, p. 18)

[O] signo, ou palavra, (...) [é] o meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução dos problemas que enfrentamos. (VIGOTSKI, 2008, p. 73).

Os signos só emergem, decididamente, do processo de interação entre uma consciência individual e uma outra. E a própria consciência individual está repleta de signos. A consciência só se torna consciência quando se impregna de conteúdo ideológico (semiótico) e, conseqüentemente, somente no processo de interação social. (BAKHTIN, 1995, p. 34)

Vigotski e Bakhtin consideram que a consciência é engendrada no social, a partir das relações que os homens estabelecem entre si por meio de uma atividade sígnica, pela

mediação da linguagem (FREITAS, 2005). Assim, para Vigotski, a consciência é o resultado dos próprios signos. Eles permitem realizar transformações nos outros e no meio externo através dos outros, bem como a regulação da própria conduta. Nesta direção, Bakhtin considera que os fundamentos da consciência não são fisiológicos, nem biológicos, mas sociológicos, não podendo ser reduzido a processos internos. Ela se constitui no social, via linguagem.

A consciência adquire forma e existência nos signos criados por um grupo organizado no curso de suas relações sociais. Os signos são o alimento da consciência individual, a matéria de seu desenvolvimento, e ela reflete sua lógica e suas leis. A lógica da consciência é a lógica da comunicação ideológica, da interação semiótica de um grupo social. Se privarmos a consciência de seu conteúdo semiótico e ideológico, não sobra nada. A imagem, a palavra, o gesto significante, etc. constituem seu único abrigo. Fora desse material, há apenas o simples ato fisiológico, não esclarecido pela consciência, desprovido do sentido que os signos lhe conferem. (BAKHTIN, 1995, p. 35)

Considerando a centralidade que os autores dão à linguagem, podemos tomar a palavra como o signo por excelência. Para Bakhtin (1995), a realidade toda da palavra é absorvida por sua função de signo: a palavra não comporta nada que não esteja ligado a essa função, nada que não tenha sido gerado por ela. A palavra é o modo mais puro e sensível da relação social.

Assim, a palavra assume um papel fundamental na explicação do surgimento de formas mediadas de ação e da origem da ação individual, configurando-se como mediadora da compreensão de conceitos por parte dos sujeitos, e principal agente de abstração e generalização (MACHADO, 2004). Para Freitas (2005), o homem ascende à sua humanidade, transforma-se de biológico em ser sócio-histórico no momento em que reflete a realidade objetiva de forma mediada, utilizando instrumentos psicológicos, os signos, na interação com os outros. As funções mentais elementares transformam-se qualitativamente em funções mentais superiores pela utilização da linguagem adquirida no contato social. Nesse sentido:

Mesmo essas operações relativamente simples, como atar nós e marcar um pedaço de madeira com a finalidade de auxiliares mnemônicos, modificam a estrutura psicológica do processo de memória. Elas estendem a operação de memória para além das dimensões biológicas do sistema nervoso humano, permitindo incorporar a ele estímulos

artificiais, ou autogerados, que chamamos de *signos*. Essa incorporação, característica dos seres humanos, tem o significado de uma forma inteiramente nova de comportamento. A diferença essencial entre esse tipo de comportamento e as funções elementares será encontrada nas relações entre os estímulos e as respostas em cada um deles. As funções elementares têm como característica fundamental o fato de serem total e diretamente determinadas pela estimulação ambiental. No caso das funções superiores, a característica essencial é a estimulação autogerada, isto é, a criação e o uso de estímulos artificiais que se tornam a causa imediata do comportamento. (VIGOTSKI, 2007, p. 32-33)

Em nosso trabalho, portanto, configurou-se imprescindível considerar que é impossível relacionar-se diretamente consigo mesmo. Indiretamente, é possível, por meio dos signos: primeiro, eles são interpostos entre um objeto e um sujeito; depois, entre o sujeito e sua memória. Além disso, é fundamental considerar que essa relação com os outros e consigo mesmo é de natureza social: uma pessoa age sobre uma outra necessariamente a partir do exterior, com o auxílio de signos; e uma pessoa age sobre si mesma a partir do exterior e com o auxílio de signos. (VIGOTSKI *apud* FONTANA, 1997). Nesse sentido e apoiando-nos em Fontana (1997), é importante considerar que as funções psicológicas complexas culturalmente mediadas são constituídas e desenvolvidas em condições sociais específicas como as acontecidas no caso concreto deste trabalho, que são diferenciadas e irredutíveis umas às outras. Nesse sentido:

Todas estas manifestações verbais estão, por certo, ligadas aos demais tipos de manifestação e de interação de natureza semiótica, à mímica, à linguagem gestual, aos gestos condicionados, etc. Estas formas de interação verbal acham-se muito estreitamente vinculadas às condições de uma situação social dada e reagem de maneira muito sensível a todas as flutuações da atmosfera social. (BAKHTIN, 1995, p. 42)

Todo signo, como sabemos, resulta de um consenso entre os indivíduos socialmente organizados no decorrer de um processo de interação. Razão pela qual as formas do signo são condicionadas tanto pela organização social de tais indivíduos como pelas condições em que a interação acontece. Uma modificação destas formas ocasiona uma modificação do signo. (BAKHTIN, 1995, p. 44)

O aspecto geral é que o funcionamento interpsicológico encontrado nas zonas de desenvolvimento proximal pode variar enormemente em função dos contextos sociais institucionais nos quais ele tivesse lugar. (WERTSCH, 1988, p. 91)

No planejamento e condução das nossas ações em sala de aula, não deixamos de considerar a influência que essas “condições sociais específicas” podem exercer. Para

Wertsch e Smolka (1994), nem sempre o funcionamento intermental é estruturado de forma eficaz para produzir os resultados intramentais que abertamente defendemos. Nesse sentido, propiciar (pelas mediações) formas diferentes de funcionamento intermental é recomendável, a fim de poder beneficiar formas diferentes de funcionamento intramental (compreensões) na direção que desejamos.

Signos, compreensão, apropriação e mediação

Os signos estão na base dos processos de compreensão. De acordo com Deleuze (*apud* FONTANA, 1997), nunca se sabe como uma pessoa aprende; mas, de qualquer forma que aprenda, é sempre por intermédio de signos, perdendo tempo, e não pela assimilação de conteúdos objetivos. Nunca se aprende fazendo como alguém, mas fazendo com alguém. Para o autor, alguém só se torna marceneiro tornando-se sensível aos signos da madeira, e médico tornando-se sensível aos signos da doença. Nesse sentido:

A experiência prática mostra também que o ensino direto de conceitos é impossível e infrutífero. Um professor que tenta fazer isso geralmente não obtém qualquer resultado, exceto o verbalismo vazio, uma repetição de palavras pela criança, semelhante à de um papagaio, que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade oculta um vácuo. (VIGOTSKI, 2008, p. 104)

Assim, o processo de ensino e aprendizagem envolve operações com os signos: ensinar/imprimir (*in signare*) e aprender/interpretar, respectivamente (FONTANA, 1997). A compreensão, também para Bakhtin, não ocorre sem os signos:

O idealismo e o psicologismo esquecem que a própria compreensão não pode manifestar-se senão através de um material semiótico (por exemplo, discurso interior), que o signo se opõe ao signo, que a própria consciência só pode surgir e se afirmar como realidade mediante a encarnação material em signos. Afinal, compreender um signo consiste em aproximar o signo apreendido de outros signos já conhecidos; em outros termos, a compreensão é uma resposta a um signo por meio de signos. (BAKHTIN, 1995, p. 33)

A compreensão é um processo no qual as enunciações de um ouvinte contatam as enunciações do falante, e no qual tanto umas quanto outras se orientam em relação aos significados dos acontecimentos vividos, contrapondo a eles sentidos e significados já elaborados nas diversas experiências (WERTSCH e SMOLKA, 1994; FONTANA, 1997). Para Góes (2000), a gênese do conhecimento não está assentada em recursos só

individuais, independentes da mediação social ou dos significados partilhados. O sujeito não é passivo nem apenas ativo: é interativo. Na compreensão, é necessário que contrapalavras sejam ofertadas às palavras:

A palavra está sempre carregada de um conteúdo ou de um sentido ideológico ou vivencial. É assim que compreendemos as palavras e somente reagimos àquelas que despertam em nós ressonâncias ideológicas ou concernentes à vida. (...) Compreender a enunciação de outrem significa orientar-se em relação a ela, encontrar o seu lugar adequado no contexto correspondente. A cada palavra da enunciação que estamos em processo de compreender, fazemos corresponder uma série de palavras nossas, formando uma réplica. Quanto mais numerosas e substanciais forem, mais profunda e real é a nossa compreensão. (...) A compreensão é uma forma de diálogo; ela está para a enunciação assim como uma réplica está para a outra no diálogo. Compreender é opor à palavra do locutor uma contrapalavra. (BAKHTIN, 1995, p. 95, 131-132)

Essa necessidade de oferta de contrapalavras é o que vai distinguir a compreensão, que é sempre ativa, da explicação. Para Fontana (1997), a explicação é menos abrangente do que a compreensão. Enquanto a explicação tem como meta uma conclusão, a compreensão representa a busca dos sentidos. Para a autora, valendo-se de Vigotski, quando uma palavra, um modo de ação, uma prática são ensinados a alguém, o desenvolvimento dessa palavra, desse modo de ação, dessa prática apenas começou. É no movimento mediado que aprendemos e apreendemos o vivido, que nos elaboramos, que reafirmamos e transformamos o que somos, que nos desenvolvemos e singularizamo-nos. Para Bakhtin, a compreensão envolve consciências:

Na explicação existe apenas uma consciência, um sujeito; na compreensão, duas consciências, dois sujeitos. Não pode haver relação dialógica com o objeto, por isso a explicação é desprovida de elementos dialógicos (além do retórico-formal). Em certa medida, a compreensão é sempre dialógica (BAKHTIN, 2003, p. 316).

Assim, na abordagem bakhtiniana para a significação e a construção de sentidos, a noção de dialogia é também inspiradora (MACHADO, 2004). Nessa mesma direção, nos diz Freitas (2005), a aprendizagem para Vigotski só se dá quando os signos, símbolos e padrões do companheiro de interação são incorporados pelo interlocutor em função de seu grau de desenvolvimento prévio. A isso ele acrescenta a ideia do desenvolvimento potencial ou proximal, revelando a importância que ele também atribui à dimensão dialógica do processo de construção do conhecimento. De acordo com Góes (2000), as

formulações dos conceitos de internalização²¹ e desenvolvimento proximal²² mostram que o caráter social da atividade do sujeito não está meramente na existência de um contexto social que influencia (atenuando, intensificando) processos subjetivos. Para além disso, o plano intersubjetivo está na gênese da atividade individual e participa da construção das formas de ação autônoma ou da autorregulação. Para Vigotski (2007):

Um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal²³; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança. (...) Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas. (p. 103)

Como nos diz Nogueira (2010), os processos de significação são marcados por outros discursos com os quais dialogamos, respondendo ou polemizando. Os enunciados – dialógicos e polifônicos – estão sempre relacionados a enunciações anteriores e subsequentes, que podem ser antecipadas a partir do conhecimento acerca do interlocutor ou de como ele é imaginado. Como nos dizem Wertsch e Smolka (1994), a polifonia é

²¹ De acordo com Vigotski (2007), o processo de internalização consiste numa série de transformações que têm como base operações com signos, e que levam à reconstrução interna de uma operação externa. Para Vigotski, segundo Cole e Scribner (*in VIGOTSKI, 2007*), a internalização dos sistemas de signos produzidos culturalmente provoca transformações comportamentais e estabelece um elo entre as formas iniciais e tardias do desenvolvimento individual. Para Lima (2014), internalização é como Vigotski denominou a conexão entre os planos social e psicológico, significando que os signos e sentidos internos tiveram antes uma existência no plano social, entre sujeitos.

²² A zona de desenvolvimento proximal permite-nos delinear, segundo Vigotski (2007), o futuro imediato da criança e seu estado dinâmico de desenvolvimento, propiciando o acesso não somente ao que já foi atingido através do desenvolvimento, como também àquilo que está em processo de maturação. Aquilo que é zona de desenvolvimento proximal hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã. Para Vigotski, segundo Steiner e Soubberman (*in VIGOTSKI, 2007*), a zona de desenvolvimento proximal é a distância entre o nível real (da criança) de desenvolvimento determinado pela resolução de problemas independentemente e o nível de desenvolvimento potencial determinado pela resolução de problemas sob orientação de adultos ou em colaboração com companheiros mais capacitados.

²³ De acordo com Wertsch (1988), os comentários de Vigotski sobre a internalização e a zona de desenvolvimento proximal fazem parte de uma preocupação maior acerca das origens do funcionamento psicológico superior no indivíduo (tradução nossa).

parte essencial de qualquer enunciação, um processo no qual uma voz fala por meio de uma outra voz ou tipo de voz encontrado em uma linguagem social.

De acordo com Machado (2004), a noção de vozes é outra ideia fundamental para a compreensão do processo de significação. Para a autora, valendo-se de Wertsch, a questão que se põe é como essas vozes são colocadas em contato para que o processo se torne cada vez mais dialógico ou polifônico²⁴. No caso da sala de aula, tornar visíveis as marcas do processo de dialogização que vai constituindo-se nesse espaço histórico-cultural envolve prestar atenção à maneira como as vozes do livro didático, do professor, dos colegas, das experiências e do senso comum encontram-se e confrontam-se.

Preocupados com isso, em nosso trabalho em sala de aula, o esforço para a promoção da elaboração do conhecimento foi no sentido de convocar os estudantes à participação, à dialogia, à interlocução, à consideração das enunciações dos outros não como pacotes imutáveis de informações a serem recebidas. Mais do que uma ênfase em conteúdos do conhecimento, o que se buscou estimular, nessa prática pedagógica e discursiva marcada pelas mediações pela palavra e pelo outro, foi o estabelecimento de relações dos sujeitos envolvidos não só com o objeto de conhecimento, mas também com os outros, com a linguagem, com o processo de construção de sentidos, significação, compreensão, e com a constituição de subjetividades (WERTSCH e SMOLKA, 1994; SMOLKA, 2000b).

Neste sentido, entendemos que nossas ações vão ao encontro do que defende Góes (2000): ao deixarmos de empregar “signos monovalentes”, provocamos nos estudantes o interesse pela descoberta de sentidos possíveis nos textos, de conhecimento de interpretações divergentes. A esse processo que envolve diferentes modos de participação nas práticas sociais, diferentes possibilidades de produção de sentido, Smolka (2000a) vai denominar apropriação:

²⁴ Há de se registrar, como nos diz Fiorin (2008), que polifonia é diferente de dialogismo. Dialogismo diz respeito ao modo de funcionamento real da linguagem, que faz um enunciado constituir-se sempre em relação ao outro. A polifonia, por sua vez, refere-se à equipolência de vozes. Um mundo polifônico seria um mundo no qual o pluralismo de ideias fosse efetivamente respeitado, porque todas as vozes seriam equipolentes, nenhuma voz social se imporá como a palavra última e definitiva.

A apropriação não é tanto uma questão de posse, de propriedade, ou mesmo de domínio, individualmente alcançados, mas é essencialmente uma questão de pertencer e participar nas práticas sociais. Nessas práticas, o sujeito – ele próprio um signo, interpretado e interpretante em relação ao outro – não existe antes ou independente do outro, do signo, mas se faz, se constitui nas relações significativas. (SMOLKA, 2000a, p. 37)

De acordo com Lima (2014), no contexto da educação em ciências, apropriar-se consiste em aprender a usar um repertório de ideias e sentidos que passam a orientar nossa interação com os outros, com o mundo, com os objetos de conhecimento e com a realidade na qual estamos inseridos. É nesse movimento que entendemos se inserir o nosso trabalho, considerando que as interações discursivas proporcionadas em sala de aula contribuíram para a elaboração pelos estudantes de uma certa forma de falar/pensar sobre o mundo através das ciências. Afinal, aprender ciências requer que esses estudantes sejam introduzidos numa forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo (DRIVER *et. al. apud* MACHADO, 2004).

Leitura e mediação

No caso concreto de nosso trabalho, buscou-se contribuir para a inserção dos estudantes nessa *cultura diferente* constituída pelas ciências por meio da leitura: as interações discursivas em sala de aula foram instauradas a partir das leituras de textos do livro didático de ciências utilizado pelos estudantes. Para Bakhtin (1995), o livro, por ser *o ato de fala impresso*, constitui igualmente um elemento da comunicação. Por isso:

Ele é objeto de discussões ativas sob a forma de diálogo e, além disso, é feito para ser apreendido de maneira ativa para ser estudado a fundo, comentado e criticado no quadro do discurso interior, sem contar as reações impressas, institucionalizadas, que se encontram nas diferentes esferas da comunicação verbal (críticas, resenhas, que exercem influência sobre os trabalhos posteriores, etc.). Além disso, o ato de fala sob a forma de livro é sempre orientado em função das intervenções anteriores na mesma esfera de atividade, tanto as do próprio autor como as de outros autores: ele decorre portanto da situação particular de um problema científico ou de um estilo de produção literária. Assim, o discurso escrito é de certa maneira parte integrante de uma discussão ideológica em grande escala: ele responde a alguma coisa, refuta, confirma, antecipa as respostas e objeções potenciais, procura apoio, etc. (BAKHTIN, 1995, p. 123)

Para Brandão (2005), o leitor institui-se no texto em duas instâncias, uma em nível pragmático, e outra em nível linguístico-semântico. No curso de seu processo enunciativo, todo texto “forma” seu leitor, indicando-lhe os processos de leitura, a maneira como ele deve ser lido. Por outro lado, numa direção contrária, o leitor também “conforma” o texto, e faz isso de duas maneiras: orientando o autor, e imprimindo sua marca pessoal. Assim, ler torna-se, então, uma atividade essencialmente dialógica em que o autor trava com o leitor possível, cujos movimentos ele antecipa no processo de geração do texto e também como atividade de atribuição de sentido ao texto promovido pelo leitor no ato de leitura. Para a autora:

Essa concepção de produção de escrita e leitura se insere numa concepção de linguagem enquanto fenômeno heterogêneo, polifônico; linguagem concebida enquanto signo e não sinal. Para Bakhtin, um sinal é estável, sempre idêntico a si mesmo, enquanto um signo é dialético e vivo; portanto, variável e flexível, marcado pela mobilidade que lhe confere o contexto. (...) A leitura na cultura escrita passa a ser prática social de alcance político, por ser atividade constitutiva de sujeitos capazes de inteligir o mundo e nele atuar, exercendo a cidadania. (BRANDÃO, 2005, p. 272-273)

Entendemos que, nesse contexto, de acordo com os pressupostos da perspectiva histórico-cultural, e no nosso caso concreto, a mediação docente das leituras se tornava fundamental para promover essa “instituição do leitor frente ao texto” e a elaboração conceitual esperada. O outro participa de forma constitutiva nos processos de mediação de nossa relação com o mundo, uma vez que a relação do sujeito com o conhecimento não é uma relação direta (VIGOTSKI, 2007). Uma mediação a ser encarada como a proposta por Geraldini (2010), como vimos, na qual o professor passa da função de leitor-corretor para o papel de mediador do processo de aprendizagem e, assim, de coenunciador dos textos dos seus alunos.

Estamos usando o conceito de mediação no sentido proposto por Wertsch, del Río, e Alvarez (1998), ou seja, como processo que envolve, por um lado, o potencial das ferramentas culturais para modelar a ação, e, por outro, o uso único dessas ferramentas. Aqui, consideramos a mediação a partir de um conjunto de instrumentos ou recursos para mediar o processo de ensino, bem como ações intencionais e deliberadas ao usar esses recursos para auxiliar o estudante nos processos de significação do mundo. No sentido mesmo daquele defendido por Reyes (2014), para quem os mediadores de leitura são

aquelas pessoas que estendem pontes entre os livros e os leitores, ou seja, que criam as condições para fazer com que seja possível que um livro e um leitor se encontrem.

3.2 – Os modelos no processo de ensino e aprendizagem de ciências naturais

Não sabemos: só podemos conjecturar (POPPER, 1975).

Transmissão de conhecimentos e método científico

Como vimos, estamos tratando das leituras sobre modelos de ligações químicas que aconteceram em sala de aula a partir de textos didáticos, e que intencionaram a promoção da aprendizagem de ciências. O nosso objetivo como professores e professoras de química é a busca pela compreensão por parte dos estudantes dos conteúdos dessa ciência. Mas o que significa ensinar e aprender ciências? Que papel têm os modelos nesse processo?

Para Lima, Aguiar Jr., e Braga (2000), pensar no ensino de ciências envolve, necessariamente, uma concepção do que sejam ciências naturais e como se constituem. Os autores traçam um panorama das principais concepções que orientam o modo como se organizam a sala de aula e o currículo de ciências. Tratemos inicialmente aqui da representação caracterizada como hegemônica, mas inócua do ponto de vista formativo, e de uma alternativa a ela, mas que é considerada como filosoficamente equivocada e pedagogicamente ineficiente.

A posição dita hegemônica é, ainda de acordo com os autores, alimentada por uma crença implícita de que a aprendizagem decorre diretamente de uma transmissão de conhecimentos sistematizados. Ensinar ciências, então, envolve apresentar de modo organizado e hierarquicamente sequenciado um conjunto de conceitos e teorias científicas com o objetivo de fixar a aprendizagem. A avaliação dessa aprendizagem consiste em verificar se o aluno possui um repertório adequado de definições e se é capaz de operar com as mesmas na resolução de exercícios “de lápis e papel”. Esse modo de organizar o ensino de ciências não constitui, de acordo com os autores, ferramenta para o pensar e o agir. Entendemos que nessa concepção têm assento as “explicações” por parte dos professores e as “memorizações/reproduções” dessas explicações por parte dos estudantes.

As explicações também geram compreensão. Contudo, concordamos com o entendimento de que a explicação e a compreensão sejam processos diferentes, e de que a compreensão, para ocorrer, necessita da oferta de nossas contrapalavras. Valendo-nos de Bakhtin (1995): a compreensão é uma forma de *diálogo*; ela está para a enunciação assim como uma réplica está para a outra no diálogo. Compreender é opor á palavra do locutor uma *contrapalavra*.

Como alternativa a esse processo de reprodução de conhecimentos, uma outra representação do ensino de ciências consistiria em focar os processos em detrimento de seus produtos (LIMA, AGUIAR JR., e BRAGA; 2000): a abordagem de ensino se deslocaria para o “método científico”. Aqui, o ensino consistiria na organização de situações a serem investigadas pelos estudantes a partir da aplicação desse método, resultando disso a descoberta ou indução de conceitos científicos.

Há de se diferenciar, porém, o *fazer ciência* dos processos de ensino e aprendizagem de/sobre ciências. Para Weissmann (1998), o fato de cientistas e estudantes se valerem da mesma denominação, “ciências”, e de compartilharem alguns dos objetos de estudo não somente não garante que eles compartilhem uma mesma tarefa, como confunde aqueles que não foram suficientemente alertados sobre essas questões. Os cientistas produzem conhecimentos, enquanto os estudantes tentam assimilá-los. Essa diferença radical, embora não única, determina, segundo a autora, objetivos basicamente diferentes entre a ciência e os cientistas e a ciência escolar. O aluno não pode transformar-se num pequeno cientista, como alguns projetos pedagógicos tentaram.

Assim, temos duas concepções: a de que *a aprendizagem decorre diretamente de uma transmissão de conhecimentos sistematizados*, e a de que *o ensino consistiria na organização de situações a serem investigadas pelos estudantes a partir da aplicação do método científico*. Entendemos que essas duas representações sobre o ensinar e aprender ciências, *inócuas para a formação, filosoficamente equivocadas e pedagogicamente ineficientes*, são decorrentes de uma visão positivista acerca das ciências naturais.

Observação e verdade

Pela concepção positivista, a ciência é uma coleção de fatos objetivos governados por leis extraídas diretamente da observação desses fatos com uma metodologia adequada. O conhecimento científico surgiria então do “*escutar a voz da Natureza da maneira adequada*”. Temos, porém, vozes contrárias a essa concepção:

O avanço da ciência não se deve ao fato de se acumularem ao longo do tempo mais e mais experiências perceptuais. Nem se deve ao fato de estarmos fazendo uso cada vez melhor de nossos sentidos. A ciência não pode ser distilada de experiências sensoriais não interpretadas. O experimento é ação planejada, onde cada passo é orientado pela teoria. Não deparamos com experiências. Nem elas caem sobre nós como chuva (POPPER, 1975, p. 307).

Paula (2004), referindo-se a uma fábula atribuída ao mesmo Popper, ilustra bem essa questão de que a ciência não se faz pelo acúmulo de observações. Nessa história, pede-se para imaginar uma pessoa que, dedicando sua vida à ciência, tenha registrado por décadas tudo quanto pudesse observar. Nada ficaria em branco. Ao morrer, o nosso observador deixaria seus apontamentos – o registro mais completo e cuidadoso da natureza até então realizado – à Royal Society. A dúvida é se esta agradecerá a dádiva do recebimento do tesouro construído durante uma vida inteira de observações. Com certeza, não, pois esses apontamentos conteriam apenas um amálgama de artigos sem ordem e sem significado.

Retomando Paula (2004), ele nos diz que, valendo-se de Lakatos²⁵, o que as ciências produzem não é mera descrição daquilo que se supõe observar. Toda explicação científica transcende a observação e o conhecimento factual, sendo povoada por elementos não factuais como crenças ontológicas e entidades inobserváveis. A restrição aos observáveis permite descrever, não explicar. Em outras palavras é preciso atribuir propriedades e ações aos elementos do mundo natural e não simplesmente aplicar operações lógicas que permitam compô-los e associá-los numa totalidade coerente de relações.

²⁵ O conhecimento científico é conhecimento causal e não conhecimento meramente factual (puramente empírico).

Weissmann (1998) vai discutir essa questão no âmbito da “ciência escolar”. De acordo com a autora, na prática docente, como também numa parte importante dos textos escolares, concebe-se a ciência escolar como um recorte trivial da ciência dos cientistas. As ciências são concebidas como um conjunto de verdades fechadas anônimas e a-históricas às quais a o sujeito deve ter acesso, e o que é primordial é a ideia de que o princípio, a lei, o conceito ou a teoria fazem parte ou são cópia fiel da realidade. Portanto, como fez o homem de ciência alguma vez, a chave do conhecimento estaria em “saber observar” para ser capaz de “descobrir”.

Concordamos com o entendimento de que aprender ciência envolve considerar que as teorias e leis que regem a ciência não são descobertas feitas a partir da observação minuciosa da realidade, utilizando o chamado método científico, e sim fruto da construção de modelos e elaboração de leis que possam dar sentido à realidade observada. A observação da natureza permite ao cientista criar modelos e teorias que devem ser testados para conhecer a extensão da aplicabilidade da teoria desenvolvida (MELO e LIMA NETO, 2013).

Mundos possíveis

De acordo com Paula (2004), não podemos conhecer o mundo “tal como ele realmente é”. As ciências constroem teorias que descrevem mundos possíveis. Esses mundos possíveis, povoados por entidades criadas com o auxílio de nossa imaginação, não podem convergir, nem mesmo assintoticamente, com o mundo natural. De acordo com o autor, a produção de conhecimentos sobre o mundo natural envolve o estabelecimento de uma relação entre o real, o possível e o necessário, dando a esta última dimensão o papel de integrar ou compor estruturas lógicas necessárias à construção do conhecimento. Nesse sentido, diz Popper:

Nossa ciência não é conhecimento (episteme): ela jamais pode proclamar haver atingido a verdade ou um substituto da verdade, como a probabilidade. (...) O velho ideal científico da episteme – do conhecimento absolutamente certo, demonstrável – mostrou não passar de um “ídolo”. A exigência de objetividade científica torna inevitável que todo enunciado científico permaneça provisório para sempre. Pode ele, é claro, ser corroborado, mas toda corroboração é feita com referência a outros enunciados, por sua vez provisórios (POPPER, 1975, p. 305 e 308).

Apesar disso, nos diz ainda Popper que, embora não se possa alcançar a verdade nem a probabilidade, o esforço por conhecer e a busca da verdade continuam a ser as razões mais fortes da investigação científica. Bem, e por qual processo se daria então essa busca da verdade científica e como se desenvolveria o ensino e aprendizagem das ciências? Uma alternativa passaria pelo envolvimento dos *modelos*.

Paula (2004), ao tratar dos elementos inter-relacionados pressupostos pelas ciências, nos diz que as linguagens e as estratégias das ciências são instrumentos para coordenar teorias e evidências e fornecer os fundamentos dos processos de modelização dos fenômenos naturais. Tanto as estratégias e métodos utilizados nesses processos, quanto seus produtos, exibem a condição de provisoriedade que leva à relativização e até mesmo à desvalorização de conhecimentos, que antes haviam alcançado o *status* de fatos ou “verdades científicas”. Para o autor, valendo-se de Contenças (1999) e Ziman (1996), o conceito de modelização está contido na tentativa de se descrever o que seriam modelos quando se considera que o modelo nas ciências é um termo que vai além da referência àquilo que se copia, isto é, que a ideia de modelo não se restringe à cópia. A noção de modelo também é aplicada “àquilo que se realiza para representar alguma coisa”. Essa descrição vincula o conceito de modelo não a um objeto, seja ele concreto ou abstrato, mas a um processo. Um modelo é uma construção teórica sabidamente provisória e que é produzida como uma simplificação da teoria e como um guia para a investigação do mundo natural:

Com o auxílio de teorias, superamos os débeis vínculos entre os fenômenos, que se pode estabelecer através de sua mera “observação direta”. Ao abandonar o indutivismo e aceitar a natureza eminentemente teórica do conhecimento científico, passamos de *vínculos meramente prováveis* a *vínculos logicamente necessários*. Essa segunda postura epistemológica reconhece que a produção do conhecimento científico mobiliza o pensamento lógico-matemático e outros processos de abstração que constituem as bases da criatividade humana (PAULA, 2004, p. 120).

Ainda de acordo com o autor, o modelo é assim assumido como um recurso para aproximar teoria e realidade em um conjunto de contextos bem específicos, e essa é a razão pela qual se sabe que o modelo está condenado a ser substituído em função do desenvolvimento do conhecimento sobre o mundo natural que o próprio modelo ajudou a alcançar. Como todas as ciências pressupõem provisoriedade e devir, o conhecimento

científico é sempre a resposta a um problema ou a um conjunto de problemas específicos. Novos problemas tendem a exigir novos conhecimentos e, muitas vezes, a revisão de teorias e fatos antes estabelecidos. A única certeza que possuímos acerca do conhecimento científico é a de que ele é provisório ou, em outras palavras, de que a ciência é devir. Como diz Popper (1975), a ciência avança rumo a um objetivo remoto, mas atingível: o de sempre descobrir problemas novos, mais profundos e mais gerais, e de sujeitar suas respostas sempre provisórias a testes sempre renovados e sempre mais rigorosos.

Avaliando a questão sob o prisma escolar, Silva e Núñez (2007) dizem que o ensino de ciências na escola, quando não trabalha os modelos como estratégias de aprendizagens, dificulta o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que não se estabelecem os limites de validade dos modelos e das teorias com as quais o ensino de ciências está relacionado. Os modelos são ferramentas de pesquisa e da aprendizagem das ciências, de caráter material ou teórico, que reproduzem um fenômeno ou objeto de estudo. São uma representação simplificada da realidade ou de uma ideia, construído com o propósito ou a função explicativa e heurística, a fim de uma melhor compreensão do objeto (físico ou teórico), fenômeno em estudo ou da solução de problemas. Os autores ainda tratam da modelação e da relação entre teoria e modelos:

A modelação seria então o processo pelo qual os sujeitos constroem modelos, os quais substituem os processos reais que são mais complexos e, por vezes, difíceis de serem estudados sob condições naturais. Nessa perspectiva, os modelos inserem-se no contexto das teorias, quer dizer, não são as formulações das teorias em si. Podemos dizer que uma teoria refere-se a um sistema ou a uma classe de sistemas e os modelos representam esses sistemas. Espera-se que o modelo ajude o estudante a compreender o fenômeno modelado. (SILVA e NÚÑEZ, 2007, p. 2).

Paula (2004) também volta a sua atenção para o âmbito do ensino e aprendizagem de ciências ao tratar das relações que se estabelecem entre imaginação e modelização e os conteúdos da educação em ciências. Para o autor, as *ideias das ciências* surgem para fornecer explicações ou estabelecer correlações entre fenômenos. Focar o ensino na aprendizagem de modelos explicativos permitiria privilegiar a compreensão das ideias das ciências caracterizando-as como instrumentos para investigar e compreender o mundo natural. Também permitiria superar o foco do ensino na simples memorização de *fatos*

científicos, muitas vezes considerados estranhos e facilmente esquecidos pelos estudantes.

Ainda de acordo com Paula (2004), leis empíricas e correlações fornecem conhecimentos importantes, mas de menor *status* que aqueles integrados por meio de explicações produzidas por teorias e modelos, que supõem a existência de mecanismos ou processos não diretamente observados. Se ficarmos restritos apenas àquilo que podemos observar, não explicamos nada, apenas descrevemos o que vemos. Assim, *aprender a fazer ciências*, e também, entendemos, *aprender ciências* implicaria em:

Aprender a identificar e a avaliar correlações, bem como a utilizar modelos para interpretar fenômenos naturais. Desenvolver novos padrões de raciocínio que permitam expandir os tipos de relações causais que estruturam tipos diferentes de explicações científicas. Saber interpretar e produzir esquemas e representações para descrever e comunicar raciocínios e explicações sobre fenômenos naturais ou tecnológicos (PAULA, 2004, p. 124).

O ensino de ciências através do ensino dos mundos possíveis

Silva e Núñez (2007), ao tratarem especificamente do ensino de química, nos dizem que pouca atenção tem sido dada ao uso de modelos como estratégia de construção de conhecimento, e que os modelos didáticos que aparecem nos livros para o ensino de ciências naturais são geralmente apresentados e usados pelos professores a partir de uma posição positivista da ciência. Conseqüentemente, os estudantes e, às vezes, os próprios professores expressam distorções sobre a natureza do conhecimento científico – o qual é entendido como realidade, processo cumulativo, empírico indutivo etc. – e do trabalho científico. Para os autores, é importante que fique destacado que as condições e a natureza do conhecimento impõem limites aos modelos como representações do objeto, e que as construções dos modelos estão relacionadas ao contexto histórico, social e cultural em que vivem as pessoas.

Melo e Lima Neto (2013) vão ao encontro desse entendimento ao considerarem as dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. De acordo com os autores, a química está baseada em modelos, mas essa ideia não é geralmente contemplada pelo professor, pela maioria dos livros didáticos e, conseqüentemente, pelo aluno. Nas escolas, teríamos o estudo de moléculas, de reações, e de, incluimos, ligações

químicas, mas não de modelos de moléculas, modelos de reações, modelos de ligações químicas, ficando a sensação de que os químicos trabalham com entidades palpáveis e visíveis, quando na verdade são criações humanas. O aluno entende que o átomo foi descoberto e então estudado, quando na verdade o átomo não foi descoberto, mas diferentes abordagens teóricas sobre o átomo foram elaboradas ao longo da história da construção do conhecimento científico. Além disso, a maioria das concepções de senso comum refere-se a algo concreto, real, que pode ser até manuseado, enquanto que os modelos científicos são representações da realidade mediadas por signos e, assim, pela linguagem. O aluno não saberia utilizar um modelo conceitual e abstrato para compreender fenômenos macro (real e prático), pois relacionar modelo com fenômeno não é uma característica marcante dos livros didáticos tradicionais. Prova disso é que os professores de química quando dizem que estão ensinando modelos estão se referindo especificamente ao ensino dos modelos atômicos de Dalton, Thompson, Rutherford e Bohr. Concordamos com os autores quando nos dizem, por fim, que é importante adotar uma abordagem histórica na qual o estudante percebesse que não haveria um modelo correto, mas sim leituras diferentes dos mesmos fenômenos macroscópicos, mostrando o caráter dinâmico da química.

Além disso, para Pozo e Crespo (2009), muitos professores e alunos confundem os modelos com a realidade que eles representam. De acordo com os autores, é importante ensinar a ciência como um saber histórico e provisório, como um processo e não apenas como um produto acumulado em forma de teorias e modelos. Nesse sentido, entendemos, poderíamos enfrentar uma das crenças – apontadas pelos autores – e que seria inadequadamente mantida pelos alunos com respeito à natureza da ciência e sua aprendizagem: a crença de que quando sobre o mesmo fato há duas teorias, é porque uma delas é falsa: a ciência vai acabar demonstrando qual delas é a verdadeira. Para os autores:

Nenhuma teoria é completa ou total, nenhum modelo pode ser igual à realidade que tenta representar, do mesmo modo que – retomando a precisa metáfora de Borges naquele texto significativamente intitulado *Do rigor na ciência*²⁶ – um mapa nunca pode ser fisicamente igual ao

²⁶ ...Naquele Império, a Arte da Cartografia logrou tal Perfeição que o mapa de uma única Província ocupava toda uma Cidade, e o mapa do Império, toda uma Província. Com o tempo, esses Mapas Desmesurados não foram satisfatórios e os Colégios de Cartógrafos levantaram um Mapa do Império, que tinha o tamanho do Império e coincidia pontualmente com ele. Menos Afeitas ao Estudo da Cartografia, as Gerações Seguintes entenderam que esse dilatado Mapa era

território que representa, dado que, nesse caso, seria o próprio território e não mais seria útil como mapa; então é um modelo, um esquema incompleto e parcial desse território. Além disso, se bem é verdade que alguns mapas parecem mais do que outros com os territórios que representam, não há mapas verdadeiros nem falsos em si, senão que tudo depende do contexto e das metas para os quais nós os usamos (POZO e CRESPO, 2009, p. 113).

Pozo e Crespo (2009) também abordam a questão problemática do realismo envolvida na utilização dos modelos. De acordo com os autores, muitos alunos que superam um realismo imediato percebem a ciência como uma interpretação da realidade que obriga a transcender certas aparências perceptivas, mas respeitando a natureza real dos modelos científicos. Para esses alunos, o átomo, a energia ou a força seriam uma parte não perceptível da realidade, existiriam realmente, mesmo que só possam ser conhecidas por meio do filtro de certas experiências científicas. Esse substancialismo ou materialismo dos alunos não passaria de mais uma manifestação de sua fé realista: se algo existe em minha mente, deve existir, como uma entidade material, também no mundo. Por outro lado, quando se assume que todos os modelos e teorias são uma construção ou invenção social em resposta a certas demandas ou necessidades práticas e teóricas, não temos um discurso sobre o real, mas, sim, sobre modelos possíveis. Somente superando essas crenças realistas tão intensas seria possível admitir que existem diversas formas de conhecer a mesma realidade e nenhuma delas é necessariamente verdadeira, senão que cada uma é relativa ao marco teórico e às necessidades práticas que enfrenta. Não se trata de assumir um modelo como verdadeiro e os outros como falsos, mas de compreender sua eficácia relativa em diferentes contextos.

As mudanças necessárias

Milaré, Marcondes e Rezende (2014) nos dizem que aprender química consiste não apenas em conhecer suas teorias e conteúdos, mas também em compreender seus processos e linguagens, assim como o enfoque e o tratamento empregado por essa área da ciência no estudo dos fenômenos. Para as autoras, apenas compreender essa nova

inútil e não sem Impiedade o entregaram às Inclemências do Sol e dos Invernos. Nos desertos do Oeste perduram despedaçadas Ruínas do Mapa, habitadas por Animais e por Mendigos; em todo o País não há outra relíquia das Disciplinas Geográficas. (Suárez Miranda: *Viaje de Varones Prudentes*, livro quarto, cap. XLV, Lérida, 1658) – (BORGES, *O Fazedor*, 1999, p. 247 *apud* Geraldí, 2003).

abordagem já é um processo bastante complexo, pois a química possui uma forma peculiar de ver o mundo, diversa daquela que os estudantes estão habituados a utilizar. É de se admitir assim que a química, como ciência, é uma construção social que envolve versões diferentes sobre temas abordados, uma certa organização do discurso, uma certa maneira de falar, argumentar, analisar, observar e validar conhecimentos (MACHADO, 2004).

Portanto, compreender as ciências e a química em particular envolve mudanças. Essas mudanças, entendemos, têm relação com a alteração de foco percebida por Lima, Aguiar Jr., e Braga (2000) em relação ao ensino de ciências, após terem abordado as concepções hegemônicas mas impróprias. De acordo com os autores, a partir de uma perspectiva sociointeracionista, as questões pedagógicas passam a ser compreendidas a partir de outro referencial: antes centrado num sujeito ativo, agora voltado para as relações do sujeito com o mundo e com os outros, isto é, um sujeito interativo. O papel do professor e dos discursos argumentativos são novamente postos em evidência sem, contudo, significar uma volta ao ensino baseado nos processos de transmissão. O ensino de ciências envolveria dimensões não excludentes, cujas características resumimos no seguinte quadro:

Quadro 1 – Dimensões não excludentes do ensino de ciências

Dimensão	Diz respeito...	O aprender ciências...
1 ^a : Cultural	À cultura, aos mecanismos que tornam relevantes certos saberes de uma dada sociedade, e ao conjunto de suportes necessários para que possam ser apreciados e examinados pelas novas gerações.	Envolve a introdução a um modo de pensar e interrogar a natureza distinto daqueles que empregamos normalmente em nosso cotidiano. Envolve instrução, ou seja, ação intencional do ensino.
2 ^a : Pessoal	Ao sujeito do conhecimento e aos processos através dos quais se apropria dos objetos de seu conhecimento, interpreta-os e assimila-os.	Envolve esforço, disponibilidade e abertura para rever pontos de vista e elaborar novos significados.

Para os autores, construção e instrução seriam elementos de um mesmo processo, e a questão central da didática em ciências seria como propor a instrução de modo a favorecer processos construtivos que conduzam a uma apropriação de conceitos e

habilidades científicas. Entretanto, alertam que essas duas dimensões, cultural e pessoal, às vezes se contrapõem nas práticas do ensino e da aprendizagem em sala de aula. De um lado, aprender envolve uma liberdade de explorar e criar modelos explicativos; de outro, o ensino guarda um compromisso de convergir significados numa dada direção. O equilíbrio entre essas duas dimensões é frágil, e em nosso trabalho tentamos estar atento a isso.

Em nosso trabalho, buscamos não repetir o erro comum apontado por Milaré, Marcondes e Rezende (2014). Para as autoras, quando a química é abordada de maneira estanque e descontextualizada de suas origens e também de situações reais e de relevância para a sociedade, é natural que isso provoque desinteresse pela química e aumente as dificuldades do aprendizado em ciências. Especificamente quanto ao uso de modelos em sala de aula, nos atentamos também aos cuidados necessários, como nos alertam Silva e Núñez (2007). Para os autores, apesar das vantagens, o uso dos modelos em sala de aula para ensinar química requer alguns cuidados a serem considerados. É importante que o professor se oriente a partir de estratégias para organizar situações de aprendizagem baseadas em modelos. Para tanto, nos valemos também dos projetos de dizer dos autores da coleção didática de ciências (GRUPO APEC, 2010) que utilizamos como referência neste trabalho²⁷.

3.3 – A importância e complexidade dos modelos de ligações químicas e a sua abordagem no Ensino Fundamental

Nesta seção tratamos dos modelos de ligações químicas. Consideramos sua importância como tema estruturador e aglutinador de outros saberes. Abordamos a complexidade de seu ensino e aprendizagem em sala de aula, valendo-nos de obras destinadas a estudantes do ensino médio e do ensino superior. Problematizamos o tratamento desse conteúdo junto a estudantes do ensino fundamental, e descrevemos as simplificações pedagógicas que se fazem então necessárias.

As ligações químicas em nosso dia a dia

²⁷ Esses projetos de dizer constituem o Anexo I deste trabalho.

Do que as coisas são feitas? Como elas funcionam? Por que são assim? (Grupo Apec, 2010).

Por que alguns materiais, como os metais, conduzem corrente elétrica e outros, como os plásticos, normalmente não conduzem? Por que alguns materiais não conduzem corrente elétrica quando estão em estado sólido, mas conduzem quando dissolvidos (em solução) ou fundidos (no estado líquido), como é o caso do cloreto de sódio, o conhecido sal de cozinha? Por que o açúcar (sacarose) é solúvel em água, mas a parafina das velas não é? Por que é possível uma agulha ou um alfinete flutuarem sobre a superfície da água, ou ainda, por que é possível um inseto “caminhar” sobre essa superfície? Por que a manteiga “derrete” (funde) facilmente quando “levada ao fogo” (submetida a um aumento de temperatura), mas a frigideira metálica que a contém, não? Por que o “calor” da extremidade de uma peça metálica rapidamente alcança a outra extremidade? Por que a temperaturas e pressões ordinárias, o oxigênio é um gás, o álcool (etanol) é um líquido, e o diamante é um sólido? Por que....?

Essas e muitas outras questões de mesma natureza têm relação com o dia a dia de nossos estudantes, e suas respostas envolvem a compreensão sobre os modelos de ligação química, ou seja, sobre as interações entre espécies químicas²⁸. O estudo dos modelos de ligações químicas tem como objetivo explicar e prever propriedades e comportamento dos materiais, tendo assim relação direta com os pilares da química.

Lima e Barboza (2005), ao tratarem das ideias estruturadoras do pensamento químico, nos dizem que, via de regra, as “grandes ideias” da ciência continuam se perdendo na massa de detalhes, onde cada lição se desenvolve baseada na anterior, por acréscimo de informações. Mas aprender ciências não pode se limitar aos conteúdos escolares, é o que nos alertam as autoras. Mortimer e Machado (2011) também entendem que trabalhar com um número excessivo de conceitos, como acontece nos currículos tradicionais, tem como pressuposto que aprender química é somente aprender o conteúdo químico. Como alternativa a essa situação, Lima e Barboza (2005) defendem a

²⁸ Aqui, estamos entendendo como sendo *espécies químicas* os átomos, íons ou moléculas, e não como estão definidas pela *International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)* e são descritas em Ladeira *et al.* (2014).

necessidade de se identificar grandes ideias que estruturam o pensamento químico e que devem ser tomadas como metas de ensino.

A química se dedica ao estudo dos materiais, suas propriedades e transformações. Nesse mesmo sentido, Mortimer e Machado (2011) descrevem que a química tem como objetos de investigação as propriedades, a constituição e as transformações dos materiais e das substâncias, como representado na figura 1 abaixo:



*Figura 1 – Inter-relações entre os objetos e focos de interesse da química
(Fonte: Mortimer e Machado, 2011)*

Os autores também apontam a importância de se considerar cada um desses aspectos do conhecimento sobre os materiais de acordo com uma abordagem que articule os fenômenos, as teorias e modelos e as representações. Para Mortimer e Machado (2011), o conhecimento das substâncias e dos materiais diz respeito às suas propriedades, como dureza, ductibilidade, temperaturas de fusão e ebulição, solubilidade, densidade. Para compreender o comportamento e propriedades dos materiais, são importantes os conhecimentos que envolvem os diversos modelos para o átomo e como esses átomos interagem para formar moléculas e íons, e ainda como essas moléculas, átomos e íons se agrupam para formar as substâncias e materiais que conhecemos. Esses conhecimentos oferecem subsídios para a compreensão, o planejamento e a execução das transformações dos materiais. Vejamos que para tratarmos então da constituição, das propriedades e das transformações dos materiais teremos que tratar dos modelos de ligações químicas.

A importância que têm as ligações químicas, bem como a explicitação da rede de conexões possíveis com outros saberes, pode ser também apreendida da defesa que Lima e Barboza (2005) fazem. Para as autoras, o estudo inicial dos materiais pode se dar por meio do reconhecimento de que os materiais são diversos nas suas propriedades e usos. Progressivamente, a compreensão das propriedades e do comportamento dos materiais pode se deslocar para a proposição de modelos representativos da estrutura interna dos mesmos. São os modelos de constituição e de interação das partículas que permitem um entendimento das transformações dos materiais. As ligações químicas são uma ideia poderosa ao permitir aos estudantes estabelecerem maiores nexos entre conceitos ou ideias. Isso porque, a partir dos modelos de ligação química, podemos explicar as diferentes propriedades dos materiais (relação modelo/propriedades), prever produtos e estequiometria de reações.

Assim, conhecer os modelos de ligações favorece o estabelecimento de relações com outros modelos, conceitos ou ideias centrais da química e possibilita 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. De acordo com Toma (1997), a dinâmica das ligações químicas acaba regendo a nossa vida:

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. (p. 8)

Assim, tratar do tema das ligações químicas²⁹ com os estudantes do ensino fundamental atende a um duplo objetivo. Por um lado, tratamos de uma ideia poderosa, que possibilita o estabelecimento de maiores nexos com outros conceitos ou ideias, e que funciona como aglutinador lógico, ou seja, como sintetizador de outros saberes. Por outro, tratamos de modelos que permitem estabelecer respostas para uma série de porquês que envolvem os materiais e que têm a ver com o cotidiano dos estudantes.

²⁹ *Tema* será usado aqui em seu sentido comum, como sinônimo de assunto ou conteúdo, e não como conceito bakhtiniano, quando o autor trata de tema e significação.

Na apresentação do livro *Aprender Ciências: um mundo de materiais* (LIMA, AGUIAR JR., e BRAGA, 2004), discute-se que as crianças têm um grande interesse em relação às ciências no início de suas vivências nas escolas, mas que esse interesse vai diminuindo à medida que alcançam séries mais avançadas. Parece que a escola vai-lhes ensinando que as ciências são um assunto chato, difícil, estranho às suas vidas. Uma maneira de contornar esse problema, diz ainda a apresentação da obra, é ligar o conteúdo de ciências a questões conhecidas pelas crianças e jovens e que sejam significativas. O ensino se desenvolve apoiado nesses temas de alta vivência, como é o caso das propriedades dos materiais presentes em nosso dia a dia. Entendemos que os modelos de ligações químicas podem ser um desses temas que contribuam para essa aproximação entre os conteúdos e os interesses das crianças e dos jovens.

Contudo, embora seja uma teoria importante na química, ela é bastante complexa para ser abordada no ensino fundamental. Diante dessa constatação podemos perguntar sobre qual o momento mais adequado para ensinar ligações químicas. No início do 1º ano do ensino médio quando os estudantes já têm mais capacidade de abstração do que os estudantes do fundamental, e porque é um pré-requisito para os assuntos que virão depois como o estudo das soluções que ocorre tradicionalmente no 2º ano? Adiar para o 2º ano quando os estudantes estarão mais familiarizados com a química e com a construção de modelos? Ao final do 3º ano, como síntese dos aprendizados de química ocorridos ao longo do ensino médio devido ao seu caráter aglutinador e poder explicativo?

O estudo das ligações químicas envolve complexidades

Os modelos de ligação química são altamente estruturadores e também complexos de serem abordados. Devido à sua característica de teoria, à variedade de modelos e ao alto nível de abstração exigido, o tema ligações químicas mostra-se difícil de ser tratado, especialmente quando estamos nos referindo a processos de aprendizagem que envolvem estudantes dos anos finais do ensino fundamental. Ainda assim, o mercado editorial de livros didáticos, professores e autores de livros desse segmento continuam “apostando fichas” nesse ensino, como é o caso de Gewandsznajder, (2010); Barros e Paulino (2010); Alvarenga *et al.* (2010); Bizzo e Jordão, (2010); Canto (2009); Trivellato Jr, *et al.* (2009); Grupo Apec (2010); Pereira *et al.* (2009); Favalli *et al.* (2009).

Para demonstrar tal complexidade, bem como indicar que a compreensão sobre esses modelos possibilita a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades dos materiais, buscamos traçar um panorama sobre o tema ligações químicas, utilizando como referências as obras produzidas por Eisberg R. e Resnick R. (2003); Paula, Alves e Mateus (2011); Mahan e Myers (1995); *Chemical Bond Approach Committee* (1964); Russell, J.B. (1981); Toma (1997); e Amaral, L.O.F. [s/d].

Dada a extensão que acabou por caracterizar esse panorama, optamos por integrá-lo ao trabalho como um anexo (Anexo II), sugerindo a sua leitura aos interessados no aprofundamento destas questões.

Problematizando o ensino dos modelos de ligação química

De acordo com Mahan e Myers (1995), não precisamos ser especialistas em mecânica quântica para compreender a ligação química, mas devemos conhecer alguns dos seus princípios fundamentais. Dado o escopo deste trabalho, esses princípios fundamentais não foram tratados com a profundidade que encontramos na obra dos autores citados ou de Duarte (2001), por exemplo. Eles foram apenas apontados com base nas referências já mencionadas. Ainda assim, entendemos que foi possível cumprir o objetivo de deixar claras as complexidades envolvidas no processo de ensino e aprendizagem dos modelos de ligações químicas.

Dado esse panorama relacionado aos modelos de ligação química, como ensiná-los em sala de aula? E mais, é recomendável tratar desse assunto no ensino fundamental? Como vimos, os modelos de ligação química constituem-se ao mesmo tempo uma ideia poderosa e complexa, e, por isso, demandam enorme esforço de compreensão. Por ser um tema abstrato, longe das experiências dos estudantes, as ligações químicas têm grande potencial para gerar concepções equivocadas (CARVALHO e JUSTI, 2005; FERNANDEZ e MARCONDES, 2006; MILARÉ, 2007; SILVA, QUADROS e AMARAL, 2009). Essa situação é especialmente relevante quando voltamos nossa atenção para o Ensino Fundamental. 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.

Entendemos que o estudo dos modelos de ligações químicas justifica-se pela implicação que tem no entendimento das propriedades e dos comportamentos dos materiais, o que fundamentaria sua antecipação nos anos finais do Ensino Fundamental. Acreditamos que o 9º ano, como lugar de transição entre o ensino fundamental e o médio, guarda características que justificam que antecipações sejam feitas, na medida em que se buscam sínteses provisórias de aquisições conceituais passadas.

Ao mesmo tempo, concordamos com Milaré (2007) quando afirma que há de se repensar a forma como comumente o tema é abordado no Ensino Fundamental. Tiedemann (1998), referindo-se principalmente aos livros de ciências de 8ª série³⁰, nos diz sobre alguns problemas que envolvem os conteúdos de química. Conclui que alguns assuntos são impróprios para alunos dessa faixa etária e outros envolvem apenas a memorização, contribuindo para o afastamento dos alunos do estudo de ciências. Os problemas apontados chamam a atenção para o fato de que o estudo da química tem normalmente início com uma série de tópicos desnecessários, pouco relevantes para a química, que envolvem memorização de grande número de termos novos, são inadequados para a faixa etária de estudantes aos quais se destina, e, ainda, são apresentados sem aplicação prática. São encontrados também nos livros didáticos vários equívocos conceituais. Muitas imprecisões e muitos equívocos aparecem nos livros didáticos devido ao desejo de simplificar o assunto e assim facilitar sua compreensão pelos alunos. Muitas vezes, porém, a simplificação leva ao resultado oposto.

Frente a esse cenário, nosso desafio como professores é grande, considerando-se não só as críticas aqui feitas, mas também a necessidade de avançarmos na proposição de outras abordagens capazes de favorecer a compreensão sobre os modelos de ligações por parte dos estudantes, além de contribuir para a compreensão mais ampla dos modelos químicos e das teorias. Daí nossa aposta no ensino sobre modelos de ligações químicas,

³⁰ Correspondente ao atual 9º ano do Ensino Fundamental.

não como é tradicionalmente feito no Ensino Fundamental. Recorre-se frequentemente ao procedimento de se apresentar nomes e fórmulas de substâncias químicas classificadas como moleculares, covalentes, iônicas e metálicas. Para orientar a identificação/classificação dos materiais, um recurso bastante presente nas aulas e materiais didáticos³¹ é de associá-las ao resultado de ligações entre ametal com ametal; metal com ametal e metal-metal. Nesses casos, o que importa é a classificação pela classificação, seguida da memorização de propriedades representativas das substâncias características de cada grupo. Outro aspecto recorrente refere-se à utilização da estabilidade dos gases nobres e da regra do octeto como explicação para a origem da estabilidade nas ligações químicas. Aqui, a estabilidade entra como palavra mágica que explica tudo sem, no entanto, ser compreendida como efeito energético, sem que a ligação química seja relacionada ao abaixamento de energia.

Consideramos que essas abordagens, em geral, trazem pouca ou nenhuma contribuição para a compreensão dos materiais, quando não introduzem conceitos errados. Além disso, perde-se a oportunidade de ensinar outros conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais no que se refere ao modo como a ciência produz conhecimento, como os modelos são criados e validados, as relações entre modelo e realidade, entre outros. Isso é especialmente preocupante quando voltamos nossa atenção para o Ensino Fundamental, etapa em que os estudantes ainda não compreendem os fenômenos naturais no nível atômico molecular. Echeverría (1996), por exemplo, em sua pesquisa com estudantes que já haviam concluído esse nível de escolarização, verificou que a maioria deles não admitia que a dissolução do NaCl em água fosse causada pela interação entre as duas substâncias. Nenhum entrevistado referiu-se à solvatação de íons, o que evidencia a ausência de uma compreensão microscópica da dissolução. Atribuíam à água um papel secundário. No caso da dissolução do açúcar em água, os estudantes mostraram maior dificuldade para explicar o fenômeno. Tiveram dificuldades na explicação microscópica, tanto de um fenômeno quanto de outro.

³¹ Para uma análise mais detalhada sobre como as ligações químicas são tratadas nos livros didáticos de ciências, veja Silveira Jr., Lima e Machado (2011a, 2011b).

Assim, em nossa mediação³², a simplificação pedagógica foi uma atitude deliberada que visou introduzir um assunto novo, considerando o nível de escolarização dos estudantes com os quais trabalhamos. Compartilhamos, assim, do que defende Perini (2005):

Finalmente, é necessário sensibilizar professores e autores de manuais quanto à importância de levar em conta o nível de conhecimento dos alunos ao selecionar ou elaborar textos a serem estudados – ler um texto inacessível é sempre uma perda de esforço e tempo, e às vezes uma experiência em desaprendizagem. (p. 45).

Essa simplificação pedagógica, porém, não foi feita sem o estabelecimento de critérios. Ela foi feita em consonância com o projeto de dizer dos autores da coleção didática de referência e de nossa pesquisa, em estreita relação com o que os estudantes vieram aprendendo ao longo do ensino fundamental a partir da mesma coleção didática. Para tanto, identificamos algumas questões fundamentais que serviram de orientação na proposição das mediações das leituras sobre os modelos de ligações químicas. Em suma, essas questões foram as seguintes³³:

- Estabilidade das ligações químicas: A estabilidade das ligações químicas é adequadamente abordada como resultado de interações elétricas entre átomos que levam à formação de estruturas mais estáveis devido ao abaixamento de energia do sistema. É importante evitar a ênfase que normalmente se dá, nesse aspecto, à regra do octeto. O problema é que essa regra, um procedimento útil para a previsão da valência e de fórmulas de compostos, transforma-se 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 (MORTIMER, MOL e DUARTE, 1994).
- Vinculação entre modelos e propriedades: A química dedica-se ao estudo dos materiais, suas propriedades e transformações. É importante, portanto, 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

³² Mediação sobre a qual discutiremos mais detalhadamente nos Capítulos 4 e 5.

³³ Sobre a análise completa dessas questões, veja Silveira Jr., Lima e Machado (2012).

transformações químicas nas quais estão envolvidos. Assim, o objetivo principal do estudo de modelos de ligações químicas fundamenta-se na compreensão das propriedades e dos comportamentos dos materiais. Dada essa importância, é de se esperar atenção especial à relação entre os modelos propostos para as ligações e as propriedades dos materiais (LIMA e BARBOZA, 2005; LEAL, 2010; CARVALHO e JUSTI, 2005).

- Interações intermoleculares: É importante não omitir o papel – fundamental, como vimos – que as interações intermoleculares desempenham no comportamento das diferentes substâncias nesse contexto de vinculação entre modelos e propriedades. O tema interações intermoleculares é parte do núcleo conceitual central de toda a química. Enquanto as forças intramoleculares mantêm os átomos em uma molécula, e constituem a base para racionalização das propriedades químicas, as forças intermoleculares são responsáveis por todas as propriedades físicas dos materiais. Logo, o entendimento de tais forças intermoleculares é de extrema relevância se quisermos entender o comportamento de sistemas químicos em nível molecular. O entendimento submicroscópico de tais interações auxilia na racionalização e compreensão de propriedades termodinâmicas macroscópicas observáveis. (ROCHA, 2001; LEAL, 2010).
- Modelo das ligações metálicas: Há de se considerar uma abordagem das ligações metálicas que vá além do uso apenas da analogia do “mar” de elétrons. No ensino desse modelo de ligações, recorre-se frequentemente à analogia do “mar de elétrons”. No entanto, o ensino que se fundamente apenas nessa analogia, e por extensão na mobilidade dos elétrons, não enfatiza a formação do arranjo tridimensional dos cátions, a existência de forças atrativas entre cátions e elétrons como responsável pela união dos mesmos e estabilidade da estrutura, a existência de forças de repulsão entre os cátions e entre os elétrons, assim como a importância das mesmas para a definição e manutenção da estrutura tridimensional. É importante que se discutam as partes positivas da analogia, enfatizando, porém, que elas não esgotam a explicação da formação da ligação, e que essa analogia não é a própria ligação metálica. Também é importante que se faça com os estudantes uma discussão sobre a natureza da corrente elétrica, de

modo a contribuir para a compreensão da relação entre a ideia do “mar de elétrons” e a condução de corrente elétrica. (CARVALHO e JUSTI, 2005).

- Compartilhamento de elétrons nas ligações covalentes: É importante reconhecer a possibilidade de compartilhamento dos elétrons de forma não igualitária pelos átomos (FERNANDEZ e MARCONDES, 2006).
- A proposição de realização de atividades práticas: É importante no estudo sobre ligações químicas a proposição de realização de atividades práticas. A atividade experimental contribui decisivamente para que uma correta compreensão do sentido da química e de seus vários temas seja alcançada pelos estudantes (LEAL, 2010).

A mediação pedagógica, assim, fundamentou-se na necessidade teórica de se construir explicações para as propriedades que os materiais apresentam. Pela tematização das ligações químicas, pudemos sintetizar a ideia de diversidade dos materiais, explicar a estabilidade dos compostos formados nas reações químicas pelo abaixamento de energia e introduzir a ideia de que materiais diferentes têm estruturas diferentes. No nosso caso, fizemos da mediação da leitura de textos didáticos de ciências um dos recursos pedagógicos nesse processo de compreensão sobre as ligações químicas. O foco da leitura esteve orientado para as relações entre propriedades e modelos. Não estivemos interessados naquele momento nos modelos de ligação em si mesmos. Nesse sentido, entendemos ter ido ao encontro do que defende Toma (1997):

A escolha do modelo no ensino de ligações químicas deve ser compatível com o modelo atômico adotado, conforme destacado por Chassot (1996), e ao mesmo tempo, adequar-se aos objetivos de ensino-aprendizagem, fornecendo a base necessária para o desenvolvimento cognitivo do aluno (p. 8).

CAPÍTULO 4 – O CONTEXTO DA PESQUISA

4.1 – Introdução

Neste capítulo, discorreremos sobre o contexto no qual se deu o desenvolvimento do nosso trabalho, desde as mudanças de rumo, considerando a proposta inicial de pesquisa, até a definição de nossa questão de estudo. Dentre esses extremos demarcatórios, falamos sobre as nossas escolhas e como se fundamentaram nos pressupostos da perspectiva histórico-cultural sobre o desenvolvimento humano. Também, tratamos dos dados construídos, dos que já foram analisados, e dos que ora nos propusemos a analisar. E, em última instância, procuramos demonstrar como esse contexto da pesquisa foi marcado pela busca da construção e desenvolvimento de *boas aulas*.

4.2 – Mudanças de rumo

Este trabalho de pesquisa foi construído a partir de um longo processo que envolveu reflexões, aprendizagens e mudanças de foco.

Podemos dizer que é tributário de um processo de reflexão deflagrado já desde a entrada em nosso curso de formação inicial. Voltemos ao momento de nosso ingresso no Curso de Licenciatura em Química, especificamente ao momento de recepção aos então calouros no Instituto de Ciências Exatas (ICEEx) da UFMG. Isso para lembrarmos-nos de uma situação que entendemos guardar relação com a discussão feita em nossa proposta de pesquisa. Naquela oportunidade, a então coordenadora do curso afirmou aos futuros licenciados em Química que os conteúdos seriam abordados no curso em um nível bem mais aprofundado do que o necessário para os estudantes do Ensino Médio, nível de ensino com a qual aqueles futuros professores iriam trabalhar majoritariamente. Mas, nada sobre **como** esses conteúdos deveriam ser tratados com os estudantes da educação básica foi discutido, tampouco foi mencionado qual seria o objetivo de se tratar esses conteúdos com os estudantes.

Nada mais certo que os conteúdos sejam trabalhados com mais profundidade, o que de fato ocorreu durante o curso. O que se verifica, porém, é que há uma ênfase nos

conteúdos, e não na forma de ensino e aprendizagem de ciências. Ainda que neste caso tenhamos um aprofundamento dos conteúdos e no outro - que veremos - tenhamos uma simplificação dos conteúdos, tanto em uma quanto noutra situação, as finalidades de uma educação em ciências e a forma como atingir essas finalidades ainda são deixadas em segundo plano. Parece-nos, como diz Geraldi (1991), ser necessário para o funcionamento do sistema escolar que o professor emerja e se constitua e permaneça sob um certo signo da desatualização, como alguém sempre em débito, sempre defasado em relação ao conhecimento.

Há de se registrar, porém, que, no caso da UFMG, esse cenário muda quando o desenvolvimento do curso desloca-se do Instituto de Ciências Exatas (ICEx) para a Faculdade de Educação (FaE). Ainda que em número relativamente menor em relação às do ICEx e já na parte final do curso, as disciplinas ministradas na FaE, especialmente pelos professores ligados às metodologias de ensino de química, nos envolveram nessas importantes questões relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem de ciências. Tivemos acesso a um verdadeiro e fundamental “mundo novo”. Foi por quererem nos envolver ainda mais nesse novo mundo e com isso exercer a docência em ciências de forma qualificada que buscamos continuar a nossa formação na pós-graduação, apresentando um projeto de pesquisa para a seleção do Mestrado em Educação.

No projeto apresentado explicitávamos a nossa preocupação com a forma geralmente utilizada para o ensino de ciências. Em suma, e com base nas referências utilizadas, descrevíamos que essa forma de ensino se baseava geralmente em proposições que deveriam ser tomadas como verdade pelos estudantes, com ênfase na memorização de definições e justaposição de um número excessivo de informações. O resultado final, nesse contexto, era o de que os conteúdos não seriam aprendidos pelos estudantes.

Essa preocupação tomava dimensões ainda maiores quando a atenção se voltava para os anos finais do Ensino Fundamental, mais especificamente para o 9º ano. Isso porque, além dos citados problemas vinculados ao ensino de ciências, havia a especificidade de os conteúdos serem apresentados nesse nível de ensino, em geral, como uma versão resumida, superficial e inadequada daqueles que seriam ministrados no Ensino Médio.

Naquele projeto, compartilhávamos da ideia de que o Ensino Fundamental não poderia prestar-se a esse papel, de ser apenas uma rota de passagem para outro nível de ensino, um pré-requisito para aprender química no nível médio. No Ensino Fundamental, como nos outros níveis, entendíamos que o importante seria propiciar um ensino que auxiliasse os jovens a entenderem o que é ciência. Nesse sentido, por meio da educação em ciências, o importante seria:

(...) promover novas formas de ver o mundo, refletir sobre fenômenos e analisá-los, ir além das aparências, combinar evidências e inferências em atividades de modelagem de aspectos da realidade que se procura melhor compreender para intervir e agir. Enfim, a meta fundamental da educação científica consiste em fazer com que os jovens entendam o que é ciência, quais as “regras” desse jogo, para que possam se beneficiar, pessoal e socialmente, da racionalidade científica (AGUIAR JR., 2001, p. 78).

Para atingir esses objetivos propostos em relação às ciências no Ensino Fundamental, defendíamos então – e ainda defendemos – ser necessário repensar os conteúdos escolares e o processo de ensino e aprendizagem normalmente utilizados.

A partir da premissa de que seria necessário repensar tanto os conteúdos escolares geralmente ministrados quanto o processo de ensino e aprendizagem envolvido, propúnhamos investigar como se dá a formação conceitual por estudantes em um ambiente no qual se busca a superação dos obstáculos que dificultam o efetivo e desejado processo de ensino e aprendizagem de ciências.

De forma concreta, propusemos tratar dos modelos de ligações químicas com estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, utilizando como referência para as aulas a Coleção “Construindo Consciências”, de autoria do Grupo Apec (2003)³⁴. Quatro questões de pesquisa então foram apresentadas no projeto inicial. A primeira tinha como intenção analisar as sequências propostas pela referida coleção didática em termos de

³⁴ O grupo APEC – Ação e Pesquisa em Ensino de Ciências é atualmente constituído por oito professores cujas formações iniciais se deram em Ciências Biológicas, Química ou Física. Sete dos componentes do grupo são professores da UFMG. O grupo atua na produção de material didático para o ensino fundamental, elaboração e avaliação de atividades de ensino e aprendizagem para a educação em ciências, em diversos projetos de pesquisa em ensino, reformulação curricular e formação inicial e continuada de professores de Ciências, Biologia, Física e Química.

adequação aos estudantes do Fundamental II. Duas outras tinham relação com a mediação docente e a apropriação dos conhecimentos pelos estudantes. A quarta questão buscava apurar se seria válida a antecipação do tema modelos ligações químicas no Ensino Fundamental.

Com a resposta a essa última questão, que se imaginava obter com o desenvolvimento da pesquisa proposta, buscava-se contribuir para a discussão sobre o momento mais adequado para se introduzir no processo de ensino e aprendizagem de ciências uma ideia poderosa como essa, a dos modelos de ligações químicas, mas ao mesmo tempo bastante complexa. Para autores como Milaré (2007), o adiantamento e o aprofundamento de conhecimentos que fazem parte das etapas posteriores do aprendizado deveriam ser evitados. Por outro lado, Silva (2009) considera que a antecipação de conteúdos contribui para a apropriação e uso dos conceitos estudados, porque são dadas aos estudantes oportunidades para examinar os problemas em contextos relevantes, antes que lhes sejam apresentados como definições no interior de teorias com alto grau de detalhamento e abstração.

Pela proposta, em suma, a intenção era acompanhar uma sala de aula na qual o(a) professor(a), além de utilizar a citada coleção didática, também desenvolvesse um trabalho comprometido com a construção de conceitos científicos mediada pelas interações discursivas. As aulas deveriam ser gravadas em vídeo para posterior transcrição e análise da atividade discursiva em sala de aula. A produção escrita dos estudantes e os vídeos seriam analisados para a apuração de indícios sobre o processo de formação de conceitos. Um pós-teste e entrevistas também faziam parte do planejamento metodológico para a construção dos dados.

Posteriormente, como dissemos, na prática, esse projeto inicial de certa forma se alterou. Nele, ainda que não se tenha explicitamente apontado isso, podemos entender que a ênfase recaía sobre duas questões: sobre a adequação das sequências propostas pela coleção didática utilizada como referência, e sobre a discussão em relação ao momento mais adequado para se apresentar um determinado conteúdo de ciências.

Mas avaliar a adequação das sequências propostas por uma coleção didática ou investigar o “momento ideal” para tratar um determinado conteúdo das ciências, apesar de importante, eram questões para as quais as respostas teriam alcance mais restrito do que as outras questões que passamos a destacar, além de serem “respondíveis” apenas em um contexto muito localizado e particular. Agora, a ênfase se deslocava para as questões que efetivamente tinham relação com a mediação docente e com a promoção da aprendizagem de/sobre ciências pelos estudantes.

O que passamos a considerar como importante a investigar foi a mediação docente desenvolvida e indícios de que ela teria contribuído para o processo de compreensão pelos estudantes. Assim, revelou-se fazer pouco sentido neste contexto avaliar a adequação das sequências didáticas da coleção que seria utilizada como referência. Como nos dizem Freitag, Costa e Mota (*apud* CARNEIRO, SANTOS e MÓL, 2005), existem inúmeras possibilidades de um “bom professor”, usando um “mau livro” didático, desenvolver um “excelente” ensino e promover um “extraordinário” aprendizado. Entendemos que o inverso também é verdadeiro. Mesmo se tendo um material didático avaliado positivamente, pode-se fazer um uso dele que não corresponda aos propósitos dos autores. Assim, avaliar a adequação de sequências didáticas sem vincular a análise à ação docente que efetivou essas sequências mostrar-se-ia uma operação incompleta e de resultados limitados. Mais uma vez revela-se a importância que a mediação docente desempenha nesse cenário, e justifica-se voltarmos nossa atenção a ela.

Também, avaliar o “momento ideal” no qual um determinado conteúdo escolar de ciências deveria ser introduzido, por si só, nesse contexto, deixa de ter a relevância imaginada. Investigar uma possível antecipação de um tema, por exemplo, dos modelos de ligação química do Ensino Médio para o Ensino Fundamental, sem se avaliar dentro do processo de ensino e aprendizagem de ciências como essa antecipação se daria e com que objetivos ela se promoveria mostrar-se-ia igualmente uma ação deficitária. Assim, novamente o planejamento e o desenvolvimento da mediação docente, fundados na postura epistemológica do professor, mostram-se fundamentais em relação a essa questão.

Mas, em que momento se deu essa “alteração de rota”? Essas mudanças em relação ao projeto inicial se deram a partir do nosso encontro com as orientadoras e com

os teóricos que viriam a ser os nossos referenciais nesta pesquisa. Com esses encontros, nos deparamos com os sentidos do *pesquisar nas ciências humanas* e da *educação em ciências*. Entendemos que, ao pesquisar sujeitos, estamos pesquisando textos, com seus valores e suas posições. Reconhecemos a importância do outro para o processo de compreensão dos conteúdos escolarizados. Vimos como a mediação da leitura de textos didáticos de ciências se revela também fundamental neste processo.

Agora, nossa intenção passava a ser compreender como o processo de ensino e aprendizagem de ciências, via a abordagem dos modelos de ligações químicas, poderia se desenvolver tendo como fio condutor a leitura mediada de textos didáticos de ciências em sala de aula. Um processo de *ensinar-aprender* por meio do *ler*. *Aprender a ler e ler para aprender*.

Para a implementação da pesquisa, passamos ao aprofundamento dos estudos sobre os referenciais teórico-metodológicos, sobre a leitura, sobre a mediação da leitura, sobre os modelos de ligações químicas, sobre os textos didáticos de ciências. Um deslocamento com muito esforço, por que não dizer, de um território em que as *coisas* são tidas como *exatas* (a nossa formação se deu majoritariamente no ICEX) para um território em que as *coisas* são construídas, não dadas; importam mais os processos, não os produtos; não há sentido em si ou único; somos inacabados e inconclusos.

Esses estudos levaram a ressignificações: da pesquisa em relação ao projeto inicial: questões ganharam relevância, outras perderam. Mas as ressignificações se deram principalmente em relação ao pesquisador, que compreendeu que o lugar na experiência que viveria e viveu deveria ser, antes de tudo, o de professor. Um processo no qual o *aprender* e o *ensinar* são indissociáveis:

Para poder aprender é preciso ensinar. E, ao mesmo tempo, quem ensina tem que ter a capacidade de aprender. O processo de aprendizagem dos seres humanos forma, junto com o processo de ensino, um sistema vivo, cuja sustentação é o intercâmbio de emoções e afetos entre quem ensina e quem aprende. Um conjunto completo de ações recíprocas e complementares forma esse sistema e mostra seu caráter fundamentalmente colaborativo. (GERALDI, FICHTNER, BENITES, 2006, p. 23).

4.3 – A escolha da coleção didática de referência

O desejo de trabalhar com a Coleção “Construindo Consciências” (GRUPO APEC, 2003 e 2010) já havia sido explicitado no projeto inicial de pesquisa. Ali, já se creditava à coleção um reconhecimento por sua busca pela superação dos obstáculos que dificultam o efetivo e desejado processo de ensino e aprendizagem de ciências. Silva (2009), uma das coautoras da coleção, assim a descreveu:

Na coleção, os conteúdos habitualmente tratados no curso de ciências no Ensino Fundamental são reorganizados de modo que as ideias estruturadoras do pensamento científico possam ser revistas e relacionadas entre si. (...) Na concepção de currículo e de educação em ciências dos autores destacam-se ideias que configuram importantes metas para o ensino de ciências. Entre elas: o aluno como sujeito da aprendizagem; a sala de aula como espaço coletivo de produção de conhecimentos; a aprendizagem de procedimentos e atitudes; a aprendizagem de conceitos científicos nos contextos de uso; a aprendizagem de procedimentos e atitudes; a diversidade das atividades de ensino e aprendizagem; a compreensão da natureza das ciências como meta de ensino das ciências e uma abordagem integradora dos saberes disciplinares. (...) Em lugar de partir de uma definição, poucos exemplos e muitos exercícios, a estratégia adotada na coleção consiste em apresentar diversos contextos e situações problematizadoras, que permitem introduzir os estudantes em modelos e formas de pensar da química e, aos estudantes, aplicar tais ideias em situações novas (SILVA, 2009, p. 72-73-74).

Concordamos com essa caracterização da coleção, com a qual já havíamos trabalhado em nossa monografia de conclusão do curso de Licenciatura em Química³⁵. Essa avaliação positiva da coleção é corroborada pelo Guia de Livros Didáticos de Ciências referente ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), no qual ela estava incluída como uma das obras aprovadas na edição de 2011:

Trata-se de uma coleção muito bem elaborada, a partir de uma proposta pedagógica claramente apresentada e desenvolvida. Cabe destaque à: organização dos conteúdos valorizando a interdisciplinaridade e a contextualização a partir de ideias-chave cuidadosamente selecionadas; efetiva preocupação com os conhecimentos prévios dos alunos; preocupação com o desenvolvimento de uma atitude argumentativa por

³⁵ O trabalho, intitulado *Evoluções conceituais em alunos do ensino fundamental sobre a estrutura da matéria*, sob orientação da Profa. Dra. Selma Ambrozina de Moura Braga, uma das autoras da coleção, desenvolveu-se em uma turma de estudantes do 9º ano do ensino fundamental do Centro Pedagógico da UFMG, e tratou dos temas estrutura e natureza elétrica dos materiais a partir da Coleção “Construindo Consciências”.

parte do aluno; e proposição de atividades voltadas para a compreensão e utilização do conhecimento em situações contextualizadas e significativas. (...) As atividades propostas são diversificadas e criativas. Não há exercícios voltados à memorização e, na sua maioria, aparecem contextualizados. (...) A escolha da coleção poderá se constituir como uma oportunidade para a escola repensar o papel das Ciências no Ensino Fundamental (BRASIL, 2010, p. 82-85-87).

Outra razão que nos levou a indicar a coleção já no projeto inicial foram as alterações promovidas em relação ao tema de nosso interesse – ligações químicas – considerando-se comparativamente as edições de 2003 (a utilizada na monografia de conclusão do curso de Licenciatura em Química) e de 2010 (a aprovada no PNLD 2011). Nesta versão mais recente, a abordagem do tema ligações químicas havia sido expandida, tanto na parte dedicada aos estudantes, quanto na parte de assessoria pedagógica destinada aos professores.

Já cursando a pós-graduação e tendo como uma das orientadoras uma das coautoras da coleção, buscamos verificar mais aprofundadamente como o tema de interesse de pesquisa - ligações químicas - era abordado não só nessa coleção, mas em todas as demais dez coleções aprovadas no PNLD 2011 (SILVEIRA JR., LIMA e MACHADO, 2011a). As análises realizadas levaram em conta o caráter epistemológico, metodológico e pedagógico, sendo que estávamos interessados nos expedientes utilizados nas coleções didáticas para a promoção da aprendizagem e avaliação desse conteúdo, bem como na forma de organização e aprofundamento dado ao tema.

Baseando-nos também nos resultados e recomendações de importantes trabalhos que envolveram essa temática - dentre eles, Mortimer, Mol e Duarte (1994); Carvalho e Justi (2005); Fernandez e Marcondes (2006); Milaré (2007); Milaré e Alves Filho (2010) - pretendíamos investigar que tipos de ligações químicas foram abordados nas coleções, em que sequência estavam apresentados, que sentidos foram dados ao conteúdo, como e quais escolhas foram feitas pelos autores, qual era o foco do discurso, que relações eram estabelecidas entre os modelos propostos para as ligações e as propriedades dos materiais, e que importância davam à construção de modelos.

Assim, essas “visitas” às coleções didáticas foram feitas buscando analisar em que nível de complexidade o tema era tratado, que tipos de simplificações feitas poderiam

levar a erros conceituais e as intenções dos autores em relação ao tema. As análises se assentavam, naquele momento, nas estratégias de ensino consideradas para a aprendizagem das ligações químicas.

Outra análise feita se referiu especificamente aos manuais de orientação pedagógica destinados aos professores nas coleções didáticas (SILVEIRA JR., LIMA e MACHADO, 2011b). Tomando como referência Fracalanza e Megid Neto (2006), procuramos identificar nesses livros, no que se referia ao tema ligações químicas: a inclusão de subsídios metodológicos para o trabalho com o livro do aluno; os esclarecimentos ao professor sobre a organização do conteúdo; a conexão dessa organização com as atividades; a apresentação de formas alternativas de aproveitar essas atividades; a presença de sugestões práticas que facilitassem os encaminhamentos propostos; as justificativas para as respostas aos exercícios e a exploração de suas possíveis ambiguidades e contradições; a explicitação das fontes eventualmente utilizadas pelos autores; a inclusão de bibliografia pertinente e orientações que permitissem ao professor realizar um aprofundamento teórico a respeito dos conteúdos envolvidos.

Obtidos os resultados dessas análises, não foi surpresa constatar que a Coleção “Construindo Consciências” tenha também sido bem avaliada em relação ao tema ligações químicas. Como vimos, os autores atuam na formação de professores, na elaboração e avaliação de atividades relacionadas à educação em ciências e em diversos projetos de pesquisa relacionados ao ensino, reformulação curricular e formação inicial e continuada de professores de Ciências, Biologia, Física e Química. Não era esperado que eles deixassem de considerar em sua obra os resultados de pesquisas e as recomendações de outros autores que trataram dos modelos de ligações químicas e do processo de ensino e aprendizagem relacionado a esse tema, muito embora saibamos da distância que costuma existir entre os discursos e a prática. Inclusive, os autores na assessoria pedagógica da coleção afirmam exatamente isso, ou seja, que as suas opções foram fundamentadas nas pesquisas em educação em ciências (GRUPO APEC, 2010). Assim, a utilização da coleção apresentava-se justificada aos nossos objetivos de pesquisa antes selecionada de modo mais intuitivo e afetivo do que objetivamente, como pudemos fazer depois. A partir daí, materializamos a intenção explicitada desde o projeto inicialmente apresentado.

4.4 – A escola onde a pesquisa foi realizada, a turma de estudantes e a professora de ciências

Selecionada a coleção didática de referência, o passo seguinte foi encontrar a escola onde a pesquisa pudesse ser realizada. Por óbvio, era necessário que a escola adotasse a coleção escolhida como referência. Mais importante ainda era que, além disso, os estudantes dessa escola utilizassem efetivamente os livros da coleção, que já os conhecessem e os tivessem utilizados nos anos escolares anteriores. Com isso, já estariam familiarizados com a estrutura, com os textos, e com as atividades propostas por essa coleção.

A escola na qual o trabalho se desenvolveu cumpria esses requisitos. Era uma das dezenove escolas localizadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte adotantes da coleção didática e a única no município de minha residência. Integrante da rede estadual pública, a escola selecionada oferece aos seus alunos o Ensino Fundamental (6º ao 9º anos) e a Educação para Jovens e Adultos (EJA). Tradicional na cidade, em funcionamento há mais de quatro décadas, a escola atende a estudantes que residem em diversos bairros do município, alguns relativamente distantes de onde se localiza a escola. Ainda que sem se caracterizar como uma escola especial, onde porventura pudesse estar sendo desenvolvido um projeto especial de ensino e aprendizagem, os estudantes na época da construção de dados alcançavam relativamente bons resultados nas avaliações externas, tomando-se como exemplo disso o Programa de Avaliação da Rede Pública de Educação Básica (Proeb), edição de 2011³⁶.

Com a expectativa de que essa escola pudesse contribuir com nossa investigação, contatamos a sua direção, que nos propiciou o encontro com a professora de ciências com a qual efetivamente se deram nossos trabalhos. A professora, com formação inicial em Ciências Biológicas, encontrava-se em processo de formação continuada por meio de um curso de especialização. Atuava em escolas das redes municipal e estadual da cidade, em

³⁶ De acordo com a Secretaria Estadual de Educação do Estado de Minas Gerais, o Proeb tem por objetivo avaliar as escolas da rede pública, no que concerne às habilidades e competências desenvolvidas em Língua Portuguesa e Matemática. O Proeb avalia alunos que se encontram no 5º ano e 9º ano do Ensino Fundamental e 3º ano do Ensino Médio.

ambas no ensino fundamental. Com experiência de mais de uma década na profissão, a professora nos relatou que utilizava a Coleção “Construindo Consciências” há cinco anos. Na escola pesquisada, ela era a responsável pela disciplina ciências para duas turmas do 9º ano, ambas com três aulas semanais de cinquenta minutos cada.

No primeiro encontro na escola, expusemos a nossa proposta de trabalho à professora e a necessidade de que as mediações pedagógicas fossem feitas conjuntamente por nós (pesquisador, orientadoras e a professora da turma). Isso envolveria o planejamento e implementação das ações de ensino necessárias para o alcance dos propósitos traçados. Para identificação dos usos de textos didáticos em sala, iríamos observar algumas aulas antes das destinadas ao tratamento dos modelos de ligações químicas; seriam produzidos juntos os instrumentos de mediação da leitura para responder ao nosso interesse de pesquisa. Por fim, a interação com o texto, mediada por nós e pelos instrumentos construídos, teriam os registros gravados para posterior transcrição e análise.

Trabalhar em colaboração com a professora responsável pela turma de estudantes era fundamental em nossa proposta. A partir do nosso compromisso com a educação em ciências, interessava-nos a formação de todos sujeitos envolvidos e tínhamos uma especial atenção em contribuir para enriquecer os processos vividos pelos estudantes. Por isso, nossas ações, para além dos objetivos da pesquisa, estavam impregnadas da visão de que a escola não deveria ser um lugar sobre o qual se pesquisa, mas o lugar no qual se pesquisa com os seus sujeitos, principais interessados nessas produções. Assim, os esforços se deram no sentido do compromisso maior de professores-pesquisadores, como defendem Freitas e Ramos (2010): partilhar conhecimentos e experiências, oferecendo ao outro instrumentos que lhe permitam agir e transformar conscientemente sua própria realidade.

A professora concordou com nossas propostas desde que os registros das mediações das leituras não se fizessem por meio de gravações em vídeo, e que as aulas em que ocorreriam essas mediações fossem assumidas por nós, o que acabou por acontecer.

Nesse contexto passamos a assumir ao mesmo tempo nessa pesquisa os papéis de autor, locutor e personagem. Geraldi (2012)³⁷ nos mostra que o pesquisador se relaciona com duas grandes alteridades, dois *outros*. O primeiro deles, ou *outro 1*, é aquele que se encontra no campo, *sobre quem falo*, e *a quem falo* como retorno para as formações dos professores e pesquisadores. O segundo, ou *outro 2*, é o destinatário local (a academia) ou o sobredestinatário (a comunidade de pesquisa), *para quem falo*. Quando o pesquisador é também sujeito de sua pesquisa, como no nosso caso, ele torna-se também um *seu outro*, o que acaba por acrescentar mais desafios à sua tarefa.

Ficou ao nosso cargo a escolha da turma na qual se desenvolveria a construção de dados. De acordo com a professora, uma das turmas tinha um desempenho melhor do que a outra. Porém, a escolha da turma não se baseou neste critério. Não era condição necessária e nem era nosso interesse que as ações de mediação fossem desenvolvidas na turma considerada por ela como a melhor. O critério de escolha da turma acabou recaindo sobre aquela que tinha as aulas de ciências em dias e horários compatíveis com a minha disponibilidade e não “a melhor”. A turma escolhida tinha três aulas de cinquenta minutos de ciências a cada semana, às quais compareciam em média vinte e nove alunos, com idade em torno dos quinze anos.

Definidas essas questões quanto às nossas ações e à escolha da turma, a direção da escola e os estudantes foram informados e seguimos os trâmites legais para a obtenção das autorizações dos sujeitos que participariam desta pesquisa. O projeto de pesquisa foi devidamente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG.

Passamos, a partir daí, ao desafio da construção de *boas aulas*, do seu planejamento e desenvolvimento.

4.5 – A busca pela construção e desenvolvimento de boas aulas

A nossa tarefa nesta pesquisa não se mostrava simples. Em um sentido, porque agora teríamos que assumir uma turma de estudantes que tinham outra professora

³⁷ A partir das falas do Prof. João Wanderlei Geraldi durante módulo da disciplina *Conhecimento, Ensino e Pesquisa* ministrada na Faculdade de Educação da Unicamp em março/2012.

reconhecida por eles como tal. Não conhecíamos os alunos como a professora os conhecia. Apesar de seu apoio constante, não era ela quem estaria à frente das mediações, portanto, toda a responsabilidade de ensinar e pesquisar recairia sobre nós. Além disso, fazia parte deste contexto o desafio de se construir com a professora e orientadoras – o planejamento das mediações. Também contávamos com os bônus e ônus de utilizar como referência a coleção didática da qual uma das coautoras era também uma das orientadoras da pesquisa. Por fim, enfrentávamos o desafio de sermos um professor iniciante, com pouca experiência docente. Como nos diz Fontana (1997), e com o que concordamos, existe uma grande diferença entre o que é possível perceber do lado de fora de uma situação, e a compreensão que se ganha quando essa situação é vivida. As condições de produção são distintas e os riscos também.

Como estava apenas começando o mestrado, compreendia pouco sobre o que era pesquisar nas ciências humanas. Como seriam as aulas? Como deveria responder aos estudantes uma vez que se tratava de pesquisa? Podia/devia responder as perguntas que eles fizessem e isso não “contaminaria os dados”? Depois de uma seção de orientação e de muitas explicações sobre o que é pesquisar e pesquisar nas humanidades, foi dado um conselho. O que importa é planejar e desenvolver *boas aulas! Dê o melhor de si como professor*. Isso foi compreendido como construir com todos os sujeitos envolvidos sentidos cada vez mais ricos e próximos das explicações científicas e em consonância com o referencial teórico assumido.

Nossa intenção concretizava-se em nossas ações: da pesquisa não se sobrepor às aulas; das mediações terem sido muito planejadas e discutidas com as pessoas envolvidas; de que nos movíamos baseados em nossos referenciais teórico-metodológicos, e com isso com uma visão mais generosa e cuidadosa com o outro, não neutra; de que foram considerados os resultados dos estudos precedentes sobre os livros didáticos de ciências, ligações químicas e mediação de leituras; de que, a cada final de mediação, avaliávamos os resultados obtidos e replanejávamos nossas ações, caso isso se fizesse necessário; de que, próximos da realidade escolar, o conhecimento era produzido e reformulado pelos próprios sujeitos, professores em formação; da busca pelo compartilhamento das experiências; que a pesquisa em educação não serve só para conhecer, mas para mudar.

Acima de tudo, como um esforço do professor em ouvir a cada um, dialogar com cada ideia, ler com eles quantas vezes fossem necessárias, anotar no quadro, ir às carteiras etc.

Cada aula era discutida e avaliada, e ajustes eram feitos para as que se seguiam. A boa aula intencionada construiu-se no diálogo com os estudantes, com a professora responsável pela turma, e com as orientadoras do trabalho. Por exemplo, para conhecer as intencionalidades ou projetos de dizer dos autores da coleção didática selecionada como referência, analisamos com a professora responsável pela turma de estudantes a assessoria pedagógica que integra essa coleção. A partir daí, foi possível produzirmos em conjunto os instrumentos de mediação da leitura de modo a responder aos nossos objetivos. Assim, nossas ações não se constituíram a partir da pesquisa, ao contrário, foi essa que se constituiu a partir de nossas ações.

Dado esse contexto, entendemos que o nosso trabalho poderia ser incluído em uma das tendências de pesquisas então apontada por Smolka (2000b), qual seja, a que congregaria *estudos que procuram trabalhar não só o empírico e o teórico como também teoria e prática no contexto educacional*. Como no caso descrito pela autora, o nosso trabalho também se distinguiria de outros que ficam limitados à constatação e à denúncia, ou que veem a escola como um mero campo de aplicação ou testagem de teorias e modelos instrucionais. Ainda, a nossa pesquisa estaria a propor uma articulação entre ensino/pesquisa, e entre atividade do professor/atividade do pesquisador, tomando a sala de aula e o trabalho docente como lugar de elaboração e investigação da formação social da mente. Por fim, há de se registrar que o nosso estudo, da mesma forma, teve origem em circunstâncias concretas de sala de aula, e buscou refletir a perspectiva teórica e metodológica que fundamentou a nossa prática.

4.6 – A pesquisa e os pressupostos teórico-metodológicos da perspectiva histórico-cultural

Em nosso trabalho, de natureza qualitativa e participativa, nos valem da perspectiva histórico-cultural como referencial teórico e metodológico para o planejamento e análise de nossas ações práticas.

O processo ensino-aprendizagem é complexo, articulado ao desenvolvimento humano e à linguagem. Para estudá-lo faz-se necessário utilizar um referencial que leve em conta aspectos histórico-culturais subjacentes ao desenvolvimento humano e que favoreçam o aprofundamento da compreensão das relações entre ensino e aprendizagem (FREITAS e RAMOS, 2010).

No Capítulo 3, quando tratamos dos processos de *mediação pelos signos e pelos outros*, descrevemos mais aprofundadamente aspectos que caracterizam essa perspectiva, e como ela nos ajuda a tratar de questões como as envolvidas na nossa pesquisa. Vimos que a perspectiva incorpora a dimensão *sócio-cultural* à análise das atividades humanas, o que possibilita um olhar diferente para os acontecimentos no espaço escolar.

Aqui, nos voltaremos mais especificamente para a relação que essa perspectiva histórico-cultural guarda com a pesquisa nas ciências humanas. Como nos diz Freitas (2003), conceber a pesquisa a partir dessa perspectiva implica compreendê-la como uma relação entre sujeitos constituída pela linguagem. Dessa maneira, consegue-se opor uma visão humana da construção do conhecimento aos estreitos limites da objetividade. Esse entendimento vai ao encontro do que diz Bakhtin, um dos expoentes dessa perspectiva, que caracteriza as ciências humanas como as ciências do espírito (que não pode ser dado como coisa):

Qualquer objeto do saber (incluindo o homem) pode ser percebido e conhecido como coisa. Mas o sujeito como tal não pode ser percebido e estudado como coisa porque, como sujeito e permanecendo sujeito, não pode tornar-se mudo; conseqüentemente, o conhecimento que se tem dele só pode ser dialógico (BAKHTIN, 2011, p. 400).

Freitas (2003) descreve os aspectos que caracterizariam uma pesquisa qualitativa de orientação histórico-cultural. Em suma, esses aspectos seriam os seguintes:

- *A fonte de dados é o texto (contexto) no qual o acontecimento emerge, focalizando o particular enquanto instância de uma totalidade social.*

- *Não se cria artificialmente uma situação para ser pesquisada, mas vai-se ao encontro da situação no seu acontecer, no seu processo de desenvolvimento.*
- *O processo de construção dos dados caracteriza-se pela ênfase na compreensão, procurando as possíveis relações dos eventos investigados numa integração do individual com o social.*
- *A ênfase da atividade do pesquisador situa-se no processo de transformação e mudança em que se desenrolam os fenômenos humanos, procurando reconstruir a história de sua origem e de seu desenvolvimento.*
- *O pesquisador é um dos principais instrumentos da pesquisa porque sua compreensão se constrói a partir do lugar histórico-cultural no qual se situa e depende das relações intersubjetivas que estabelece com os sujeitos com quem pesquisa.*
- *O critério que se busca numa pesquisa não é a precisão do conhecimento, mas a profundidade da penetração e a participação ativa tanto do investigador quanto do investigado, que têm, assim, a oportunidade para refletir, aprender e ressignificar-se no processo de pesquisa (FREITAS, 2003, p.27-28).*

Entendemos que o nosso trabalho se apoia nesses fundamentos da perspectiva histórico-cultural, o que justifica a extensão da citação.

A nossa fonte de dados são os textos que emergiram com os acontecimentos focalizados. Das interações produzidas durante as leituras mediadas em sala de aula, resultaram, como não poderia deixar de ser, *textos*. Como nos diz Bakhtin, o objeto das ciências humanas é o ser expressivo e falante. O texto (escrito ou oral) é a realidade imediata do pensamento e das vivências, não havendo objeto de pesquisa e pensamento onde não há textos. Nesse sentido:

O pensamento das ciências humanas nasce como pensamento sobre pensamentos dos outros (...). Estamos interessados na especificidade do pensamento das ciências humanas, voltada para pensamentos, sentidos e significados dos outros, etc., realizados e dados ao pesquisador apenas sob a forma de texto. Independentemente de quais sejam os objetivos de uma pesquisa, só o texto pode ser o ponto de partida. (...) Onde o homem é estudado fora do texto e independente deste, já não se trata de ciências humanas (BAKHTIN, 2011, p. 307-308-312).

Há ainda a considerar, quanto a esse primeiro aspecto apontado por Freitas (2003), a relação fundamental que se estabelece quanto ao contexto: procura-se compreender os sujeitos envolvidos por meios dos textos, como vimos, para, através deles, compreender também o contexto no qual esse envolvimento se deu. Como nos diz Amorim (2003), os discursos se produzem como atos em contextos singulares e irrepetíveis. Em nosso trabalho, sabemos, os textos emergidos foram frutos desse contexto no qual foram produzidos, das mediações ocorridas nesse contexto, dos sujeitos que participaram e da concepção de sujeito, de ensino e aprendizagem que fomos nos apropriando ao longo da pesquisa. Para Bakhtin (2011), só o enunciado – um conjunto de sentidos, todo individual singular e historicamente único – tem relação imediata com a realidade, com o sujeito, e é irreprodutível.

Freitas (2003), referindo-se à questão, diz que os sentidos criados na interlocução dependem da situação experienciada, dos horizontes espaciais ocupados pelos sujeitos. Nesse sentido, diz que há que se considerar também a relevância da contextualização do pesquisador:

Este é um ser social que marca e é marcado pelo contexto no qual vive. Sua inserção no campo de investigação significa de fato sua penetração numa outra realidade, para dela fazer parte, levando para esta situação tudo aquilo que o constitui como um ser concreto em diálogo com o mundo em que vive. (...) Deste lugar no qual se situa, é que dirige o seu olhar para a nova realidade. Olhar que se amplia na medida que interage com o sujeito. É nesse jogo dialógico que o pesquisador constrói uma compreensão da realidade investigada transformando-a e sendo por ela transformada (FREITAS, 2003, p. 37).

Na construção das referidas *boas aulas* e na análise dos dados (textos) produzidos a partir delas, não deixamos de considerar a importância dessa contextualização, e a posição singular que então ocupávamos: a do professor iniciante, em uma turma de

estudantes sob responsabilidade de outra professora, valendo-se como referência de uma coleção didática específica, etc.

Também, quanto ao segundo aspecto apontado por Freitas (2003), entendemos que fomos ao encontro da situação no seu acontecer, no seu processo de desenvolvimento. Não foi por outra razão que alteramos os rumos de nossa pesquisa em relação ao projeto inicialmente proposto. Essas mudanças foram provocadas justamente por nosso encontro de fato com a pesquisa em seu acontecer. Os dados não nos foram oferecidos/dados automaticamente, mas sim construídos a partir da relação com os autores que nos serviram de referenciais teórico-metodológicos.

Vigotski, outro expoente da perspectiva histórico-cultural, considera que compreender historicamente os objetos de estudo significa ir à sua gênese e desenvolvimento, valorizando mais o processo do que os produtos. Para o autor, que é considerado também um metodólogo pela importância que deu aos métodos de pesquisa, a tarefa da pesquisa é estudar o fenômeno em sua historicidade, em seu processo vivo e não como um objeto estático. Uma tarefa que se constitui como desafio:

O desafio do pesquisar no movimento é que o pesquisador não olha o tecido pronto; procura aproximar-se do movimento em que o tecido vai sendo feito. Mergulha na multiplicidade dos fios em movimento, buscando compreender a trama que vai sendo urdida. Como olhar desse lugar do “em se fazendo”, como aproximar-se da emergência e do desenvolvimento da autoconsciência do “ser profissional” em indivíduos singulares, em suas relações imediatas com o trabalho? (FONTANA, 1997, p. 81).

Mais uma característica apontada com a qual o nosso estudo se identifica é a que considera o pesquisador como uma das principais dimensões da pesquisa, por ser parte integrante da investigação. Para Bakhtin (2011), todo interpretador é parte do enunciado a ser interpretado, e nele entra como um novo participante. No nosso caso, entendemos que essa situação se mostra ainda mais explícita. Assumimos a mediação das leituras em sala de aula, a partir das quais foram construídas as interações que constituem os nossos *textos* para análises. Textos, portanto, dos quais participamos como coenunciadores e interpretadores:

A compreensão dos enunciados integrais e das relações dialógicas entre eles é de índole inevitavelmente dialógica (inclusive a compreensão do pesquisador de ciências humanas); o entendedor (inclusive o pesquisador) se torna participante do diálogo ainda que seja em um nível especial (em função da tendência da interpretação e da pesquisa). Analogia com a inclusão do experimentador no sistema experimental (como parte dele) ou do observador no mundo observável da microfísica (a teoria quântica). Um observador não tem posição fora do mundo observado, e sua observação integra como componente o objeto observado. (...) A própria compreensão integra o sistema dialógico como elemento dialógico e de certo modo lhe modifica o sentido total. O entendedor se torna inevitavelmente um *terceiro* no diálogo (BAKHTIN, 2011, p. 332).

Ainda em relação à tarefa do pesquisador, que procura reconstruir a história da origem e do desenvolvimento do fenômeno humano sob análise, buscamos também nos valer dos fundamentos da perspectiva histórico-cultural. Foi de nossa posição exotópica e com o nosso excedente de visão que pudemos nos ver, e, refletindo sobre os papéis que desempenhamos como personagem, coautor e locutor dessa experiência que vivemos, reunimos condições para analisar os textos construídos. Em Bakhtin, a questão da alteridade funda todo o seu construto teórico, a partir do conceito de excedente de visão e de exotopia:

O excedente de minha visão em relação ao outro indivíduo condiciona certa esfera do meu ativismo exclusivo, isto é, um conjunto daquelas ações internas ou externas que só eu posso praticar em relação ao outro, a quem elas são inacessíveis no lugar que ele ocupa fora de mim; tais ações completam o outro justamente naqueles elementos em que ele não pode completar-se. (...) Eu devo entrar em empatia com esse outro indivíduo, ver axiologicamente o mundo de dentro dele tal e qual ele o vê, colocar-me no lugar dele e, depois de ter retornado ao meu lugar, completar o horizonte dele com o excedente de visão que desse meu lugar se descortina fora dele, convertê-lo, criar para ele um ambiente concludente a partir desse excedente da minha visão, do meu conhecimento, da minha vontade e do meu sentimento (BAKHTIN, 2011, p. 22-23).

É nessa direção que, para Amorim (2003, 2008), o pesquisador deve assumir a responsabilidade de sua posição singular, fazer intervir sua posição exterior: sua problemática, suas teorias, seus valores, seu contexto sócio-histórico, para assim assumir a exotopia constitutiva da pesquisa e revelar do sujeito algo que ele mesmo não pode ver. Ainda de acordo com a autora, o conceito de exotopia designa uma relação de tensão entre pelo menos dois lugares: o sujeito que vive e olha de onde vive, e daquele que, estando

de fora da experiência do primeiro, tenta mostrar o que vê do olhar do outro. Para Lima (2003), a extraposição, entendida a partir do princípio da exotopia de Bakhtin, diz respeito à condição concreta de um sujeito se situar fora de si, que se fundamenta no excedente de visão que ele tem do outro e que o outro possui, também, dele, e de uma certa carência, uma vez que aquilo que o sujeito não pode ver em si, pelo lugar que ocupa, só lhe é dado pelo outro. O conhecimento que se tem do outro é dado pela posição que se ocupa no mundo. Assim, os sujeitos se constituem na exotopia, no excedente de visão, na relação tensa entre identidade e alteridade. É nesse lugar de distanciamento e de diálogo que se busca o acabamento estético. Não existindo esse lugar de distanciamento, origem da noção de exotopia, não há diálogo. E, sem diálogo, não temos a compreensão, já que esta, como vimos (BAKHTIN, 2011), é de índole inevitavelmente dialógica.

Assim, é a alteridade que vai marcar fundamentalmente o trabalho do pesquisador nesse processo de reconstrução da história do acontecimento vivido. Nesse mesmo sentido:

Análise e manejo das relações com o outro constituem, no trabalho de campo e no trabalho de escrita, um dos eixos em torno dos quais se produz o saber. Diferença no interior de uma identidade, pluralidade na unidade, o outro é ao mesmo tempo aquele que quero encontrar e aquele cuja impossibilidade de encontro integra o próprio princípio da pesquisa. Sem reconhecimento da alteridade não há objeto de pesquisa e isto faz com que toda tentativa de compreensão e de diálogo se construa sempre na referência aos limites dessa tentativa (AMORIM, 2001, p. 28-29).

Outro aspecto de nosso trabalho que entendemos ter-se configurado foi a *não-busca* pela precisão do conhecimento, já que essa precisão é inatingível de acordo com nossa visão de conhecimento. Bakhtin (2011) já nos dizia que a interpretação dos sentidos não pode ser científica, e que toda interpretação é o correlacionamento de um dado texto com outros textos. Se, por um lado, não se pode buscar a precisão a partir desse correlacionamento, por outro, entendemos que se pode buscar reforçar a “índole dialógica desse correlacionamento”. Vem daí a nossa opção a favor de participações ativas nossas e dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem desenvolvido e na produção dos textos relacionados que pesquisamos. Dessa forma, entendemos que vamos ao encontro do que defende o autor, quando nos alerta que essa precisão nas ciências humanas é diferente da que teríamos nas ciências naturais:

A precisão e a profundidade nas ciências humanas. O limite da precisão nas ciências naturais é a identidade ($a=a$). Nas ciências humanas, a precisão é a superação da alteridade do alheio sem sua transformação no puramente meu (substituições de toda espécie, modernização, o não reconhecimento do alheio, etc.) (BAKHTIN, 2011, p. 408-409).

4.7 – Instrumentos de registro dos dados

Inicialmente, para caracterizar os usos do texto didático na sala, foram observadas aulas da professora da turma durante quatorze encontros, em um período que se estendeu por cerca de quatro meses. Posteriormente foram planejadas em conjunto com a professora as atividades de mediação da leitura, que tiveram como referência o repertório de atividades de leitura proposto por Paula (2010). A nossa opção foi a de utilizar uma atividade de mediação diferente para cada um dos textos lidos.

Para registrar os sentidos emergidos dos estudantes ao longo dos encontros com os estudantes, utilizamos essencialmente a observação das interações pedagógicas em sala de aula registradas por meio de anotações pessoais e das produções escritas dos estudantes. As interações foram gravadas em áudio, além do uso do caderno de anotações (diário de bordo). As discussões com a professora da turma e com as orientadoras de pesquisa foram também registradas no diário de bordo, compondo também o *corpus* desta pesquisa, como detalhado a seguir.

Foram feitos registros detalhados em caderno de campo de todas as etapas do desenvolvimento da pesquisa. Os registros referem-se aos encontros com as orientadoras para (re)-elaboração conjunta dos caminhos teórico-metodológicos da pesquisa; aos encontros com a professora da turma onde a pesquisa se desenvolveu (para elaboração conjunta de nossas estratégias de atuação durante todo o desenvolvimento da pesquisa); à observação das aulas da professora que antecederam à produção de nossos dados de pesquisa (quatorze encontros); aos planejamentos e desenvolvimentos das aulas em que os dados foram produzidos (oito encontros); outros registros.

Houve gravações dos áudios relativos às aulas em que os dados foram construídos. Utilizou-se até cinco gravadores, sendo que um sempre era postado junto ao professor responsável pelas mediações, e os demais junto aos estudantes (ou duplas de estudantes). Também foram feitas gravações dos áudios relativos aos encontros do professor com

estudantes para a realização das entrevistas.

A produção escrita dos estudantes foi constituída pelas respostas dadas às questões propostas nos instrumentos de mediação das leituras (vinte e três questões no total); textos-síntese das aulas (quatro textos-síntese); respostas ao instrumento de avaliação final do processo de ensino e aprendizagem (seis questões).

A partir dos questionários elaborados, foram obtidas da professora da turma e dos estudantes respostas relacionadas aos usos feitos do livro didático, às preferências de leitura, aos textos didáticos de ciências, e à preparação para a avaliação final do processo de ensino e aprendizagem.

Para maior esclarecimento das respostas dadas e aprofundamento dos temas tratados nos questionários, foram feitas entrevistas com seis estudantes selecionados, registradas em áudio e no caderno de campo.

4.8 – Os textos didáticos e as mediações em sala de aula

A coleção “Construindo Consciências”, utilizada em nossas aulas, traz no livro destinado ao 9º ano um conjunto de cinco textos que se referem ao tema ligações químicas³⁸. No quadro 2 descrevemos a sequência em que os textos foram utilizados nas aulas, as ideias centrais de cada um deles, as ferramentas mediacionais utilizadas, e os dados construídos a partir dessas mediações:

Quadro 2 – Textos didáticos e ferramentas mediacionais utilizadas

Ordem	Texto didático	Ideias centrais do texto didático	Descrição das ferramentas mediacionais	Dados escritos construídos com a mediação
1	Testando a condutividade elétrica de alguns materiais.	O texto descreve materiais e procedimentos necessários para a construção do dispositivo que	Realização de experimento.	23 textos produzidos nas atividades de: A) Responder a duas questões relacionadas aos cuidados procedimentais para

³⁸ O conjunto de textos utilizados constitui o anexo III deste trabalho.

Ordem	Texto didático	Ideias centrais do texto didático	Descrição das ferramentas mediacionais	Dados escritos construídos com a mediação
		permite detectar a condutividade elétrica dos materiais a serem testados. Descreve os materiais, procedimentos e cuidados na realização do experimento. Traz instruções para organização dos resultados e questões para interpretação da atividade.		realização do experimento. B) Organizar em um quadro os resultados obtidos com o experimento. C) Responder a duas questões que requeriam a proposição de explicações sobre o porquê de algumas substâncias conduzirem eletricidade e outras não.
2	As ligações entre os átomos de um metal.	O texto discute como os átomos devem estar ligados em um metal. Analisa as propriedades dos metais, e conclui que a ligação metálica tem como modelo átomos carregados positivamente, unidos por uma grande quantidade de elétrons livres que se movimentam entre esses átomos.	Identificação de ideias-chave dos parágrafos do texto por meio da leitura de uma pequena lista de subtemas ou de frases sintéticas.	12 textos produzidos (em duplas) nas atividades de: A) Relacionar as ideias trazidas pelos parágrafos do texto e temas pré-definidos (por exemplo: comportamento dos elétrons nos metais). B) Dar títulos aos parágrafos. C) Elaborar um texto síntese.
3	Modelos de ligação química para materiais não metálicos.	Discute como devem estar ligados os átomos nos materiais não-metálicos. Compara as propriedades desses materiais com a do grupo anterior, e conclui que os modelos devem ser diferentes daquele proposto para os metais.	Estratégias de pré-leitura, intraleitura e pós-leitura.	28 textos produzidos nas atividades de:A) Responder a questões de pré-leitura (antes de ir ao texto), intraleitura (após a leitura dos cinco primeiros parágrafos) e pós-leitura (após a leitura completa do texto). B) Elaborar um texto síntese.
4	Os átomos ligam-se uns aos outros.	Discute porque os átomos se ligam e como isso ocorre. Conclui que isso ocorre, pois os materiais tendem ao	Produção de questões e respostas a partir da leitura do texto.	23 textos produzidos nas atividades de: A) Localizar no texto três tipos de questões que correspondessem aos critérios pré-

Ordem	Texto didático	Ideias centrais do texto didático	Descrição das ferramentas mediacionais	Dados escritos construídos com a mediação
		estado de menor energia e que a ligação química se dá pela interação entre os elétrons das camadas mais externas e os núcleos dos respectivos átomos.		estabelecidos, por exemplo, a de que a resposta à questão formulada pudesse ser encontrada no texto. B) Elaborar a resposta a uma dessas questões formuladas. C) Elaborar um texto síntese.
5	Comparando forças de ligação e propriedades dos materiais.	Discute as intensidades das forças de ligação que mantêm os materiais unidos por comparação com as propriedades dos materiais. Conclui que as que ocorrem entre átomos e íons são relativamente mais fortes do que as que ocorrem entre moléculas.	Identificação do que o texto diz, o modo como diz e o que o mesmo não diz.	23 textos produzidos nas atividades de: A) Classificar afirmativas do texto de acordo com critérios pré-estabelecidos (por exemplo, se a afirmativa estaria relacionada com o assunto do texto e se estaria em concordância com ele). B) Elaborar um texto síntese.

Mediamos as leituras dos textos procurando sempre estabelecer uma relação dialógica com os estudantes, conectando com estudos que já tinham sido feitos por eles, postergando as “respostas certas”, e objetivando instalar, com base nos acontecimentos ali vividos, os propósitos para as leituras que seriam realizadas posteriormente. Iniciávamos as aulas retomando os resultados da aula anterior e registrando no quadro as ideias principais que esse texto havia tratado. O objetivo era o de dar um fechamento à aula anterior e construir um novo propósito para a leitura do texto que se faria em seguida. O nosso desafio consistia em estabelecer as conexões entre os diferentes textos sobre ligações químicas, com cada texto instalando os propósitos de leitura para os textos seguintes, numa ação encadeada, compondo um todo contextualizado na proposição de modelos. Durante todo o tempo das aulas, o esforço consistia em ir ao texto com os estudantes procurando por pistas, marcas ou indícios de relacionamento com as ideias centrais dos textos.

A intenção era avançar mais do que nas aulas anteriores no sentido de dar certo acabamento³⁹ às questões tratadas pelos textos e os variados sentidos que vieram sendo atribuídos/negociados. Tal acabamento era dado problematizando os diversos sentidos e destacando aqueles que mais se aproximavam dos projetos de dizer dos autores dos textos de referência e do professor-pesquisador, sentidos estes cientificamente aceitos na atualidade. Ao final das aulas solicitávamos a produção de um texto pelos estudantes, com a intenção de que eles sintetizassem o que havia sido lido.

Esperávamos, a partir de nossos referenciais, que as leituras dos textos didáticos em sala de aula produzissem diferentes sentidos ao longo das interações que se dariam. No nosso caso, estariam em circulação os sentidos dos autores da coleção didática, dos estudantes, dos professores, dos pesquisadores.

4.9 – Os dados construídos

Um extenso *corpus* de dados foi construído em nosso trabalho. Esses dados emergiram principalmente das observações das aulas assistidas e das aulas às quais mediamos as leituras; das interações discursivas ocorridas em sala de aula (gravadas em áudio); das produções escritas e da avaliação final respondidas pelos estudantes; dos questionários respondidos e das entrevistas concedidas pela professora e estudantes.

Em nossa dissertação de mestrado (SILVEIRA JR., 2012), frente a essa mencionada extensão e às limitações de tempo e espaço para produção do trabalho, decidimos tratar apenas de parte das produções escritas pelos estudantes. Essas produções foram constituídas por respostas dos estudantes a questões propostas durante as mediações das leituras de parte dos textos didáticos utilizados, e por textos-síntese elaborados pelos estudantes ao final de uma das aulas desenvolvidas (conforme quadro 2). Nas análises desses dados, buscamos os indícios do desenvolvimento do processo de compreensão por parte dos estudantes.

³⁹ Aqui, *acabamento* não está sendo utilizado da mesma forma como o encontramos no pensamento bakhtiniano.

A partir da análise desses recortes, foi possível reconhecer o *corpus*, aproximarmos-nos dos dados, e ter a indicação de caminhos para outros aprofundamentos necessários. Foi possível apurar a emergência de diferentes sentidos na sala de aula e o início da aproximação desses sentidos dos estudantes com os sentidos defendidos pelos autores da coleção didática de referência e por nós, professor-pesquisador. Assim, no encontro do dito (escrito) pelos estudantes com os projetos de dizer dos autores da coleção didática e do professor-pesquisador, deu-se o início do processo de compreensão da relação entre propriedades dos materiais e modelos de ligações químicas.

No entanto, já naquele momento de apresentação dessas considerações, tínhamos consciência de que a nossa escolha pela análise das produções escritas dos estudantes nos colocava como participantes de um processo que seria diferente de um outro, caso a opção fosse pela análise da interação oral. A partir de *momentos congelados* (das escritas dos estudantes) buscamos os indícios do *movimento*, isto é, deslocamentos produzidos pelos estudantes⁴⁰. Seria desejável, portanto, ir além das produções escritas pelos estudantes.

É, portanto, considerando essas circunstâncias que neste trabalho nos voltamos principalmente para as interações discursivas orais ocorridas em sala de aula durante as mediações das leituras dos textos didáticos de ciências sobre os modelos de ligações químicas para retomar em outros patamares, como dissemos no Capítulo 1, uma das questões apresentadas no nosso projeto inicial de pesquisa para o mestrado quanto à adequação da abordagem de determinados conteúdos de ciência no nível fundamental de ensino. Buscamos nas interações os indicativos de que o desenvolvimento das aulas – das “boas aulas” – foram ao encontro de nossos referenciais teórico-metodológicos e se deram no sentido da consecução de nossos objetivos de pesquisa. Percorrendo as interações que emergiram do encontro com dos estudantes com os textos⁴¹ mediados por nós, organizamos as análises em torno das dimensões que apresentamos no próximo capítulo.

⁴⁰ Não desconsideramos a escrita como uma interação discursiva. Apenas enfatizamos que ela apresenta características diferentes das apresentadas pelas interações discursivas orais.

⁴¹ Opção que fizemos frente à extensão do *corpus* de nossos dados, as interações relativas à leitura mediada do último texto da sequência - *Comparando forças de ligação e propriedades dos materiais* – não serão analisadas neste trabalho.

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS DADOS

Independentemente das opções teóricas que obrigam a explicitar, o dado é um limite para o delírio. (...) Assim, o dado é freio para divagação sem sentido, descontrolada. Sua existência impede o analista de fabricar seu objeto, impede o analista de defender atitudes completamente subjetivistas (...). Em resumo, o dado é o limite para o subjetivismo desvairado. (POSSENTI, 1996).

Ao longo deste texto vimos anunciando o entendimento de que, para atingirmos os nossos objetivos de pesquisa, trabalhamos de acordo com os pressupostos teórico-metodológicos que elegemos. Baseando-nos no que diz Possenti (1996), no entanto, esse nosso sentir e as considerações feitas a partir daí têm que estar referendados pelo conjunto de dados que foi construído. Por isso, nos voltamos a ele, não como “marco teórico” que ficaria esquecido no começo do texto, mas como fundamento de um diálogo com a realidade vivida por nós nesta pesquisa e à qual nos interessa compreender, no sentido bakhtiniano. Desse conjunto de dados, analisamos aqui parte deles, por meio das interações discursivas orais que se deram entre estudantes e o professor quando das leituras mediadas e da realização das atividades relacionadas às mesmas.

Como vimos do capítulo anterior, cinco textos da coleção didática de referência foram a fonte das leituras e atividades realizadas. Esses textos, já apresentados⁴², foram utilizados na seguinte sequência:

Quadro 3 – Sequência de utilização dos textos sobre ligações químicas

Testando a condutividade elétrica de alguns materiais	As ligações entre os átomos de um metal	Modelos de ligação química para materiais não metálicos	Os átomos ligam-se uns aos outros	Comparando forças de ligação e propriedades dos materiais
---	---	---	-----------------------------------	---

Ainda que nos limitássemos somente às interações discursivas orais, consideramos que foram muitos os dados construídos a partir das leituras e atividades realizadas com esses textos. Um indicativo dessa situação é o de que os áudios gravados e relativos a essas interações remontaram a um tempo superior a quatro horas. Nesse sentido, um recorte para a análise dos dados faz-se necessário.

⁴² Vide quadro 2 e anexo III.

Percorrendo as interações que emergiram do encontro com dos estudantes com os textos mediados por nós, organizamos nossas análises em torno de quatro dimensões, conforme a seguir:

- *Propósitos de leitura;*
- *Contrapalavras dos estudantes;*
- *Relações entre propriedades e modelos;*
- *Leitura de textos didáticos de ciências.*

O foco esteve na mediação docente. A escolha desses momentos para a análise nos permitiu - como veremos analisado - a explicitação e problematização dos muitos sentidos que foram produzidos com a mediação da leitura de textos didáticos em sala de aula. Permitiu-nos discutir, a partir daí, a criação de propósitos para a leitura, a intertextualidade, os enunciados e as condições de sua produção, as enunciações, os modos de relação com a palavra alheia, o processo de compreensão, o papel do professor como mediador, as ações para o que vimos chamando de uma *boa aula*, as relações dialógicas, dentre tantos outros. Assim, parafraseando Geraldi (1991), permitiu-nos escolher a linguagem como posto de observação para a experiência que vivemos, não aquilo que aconteceu, mas que nos aconteceu. Também, como não poderia deixar de ser, para possibilitar a análise dos dados nos valemos das vozes dos referenciais teórico-metodológicos que elegemos.

Em cada uma das aulas mediadas pela leitura encontramos indicativos da recorrência a todas as quatro dimensões selecionadas. A nossa opção aqui, no entanto, foi a de focar uma dimensão diferente para cada uma das aulas nas quais ocorreram as mediações das leituras, apenas como modo de organização deste texto. Para isso, escolhemos como representativo de cada dimensão episódios em que ficaram mais bem explicitadas ou caracterizadas.

5.1 – Propósitos de leitura

As aulas eram sempre iniciadas com a retomada das ideias principais até então tratadas. O objetivo era o de dar um fechamento à aula anterior e *construir um propósito* para a leitura do texto que se faria na sequência ou mesmo para lembrar com eles o propósito já estabelecido. Como vimos, Espinoza (2006) defende que a instalação de propósitos de leitura, em etapa anterior ao trabalho com os textos, possibilita oportunidades para que os estudantes sejam capazes de elaborar perguntas *genuínas ou próprias* sobre o conteúdo que se desenvolverá. Assim, esperávamos promover *uma escuta e uma leitura produtivas*, adjetivadas e circunstanciadas como sendo aquelas que:

não repetem as palavras do locutor/autor, mas constroem uma compreensão e a elas podem acrescentar uma interpretação, tomando esta como a compreensão associada a uma criação (crítica ou não, mas que leva adiante e para frente aquilo que se compreendeu) (GERALDI, 2013).

No caso da primeira aula, as circunstâncias eram pouco diferentes uma vez que não havia ideias principais a retomar. A nossa opção foi iniciar o tratamento do tema modelos de ligações químicas pela leitura do texto *Testando a condutividade elétrica de alguns materiais*⁴³, o que envolvia também a realização de um experimento em sala de aula. Essa decisão representou uma utilização dos textos em ordem diferente da apresentada pela coleção didática de referência. Nesta, o texto sobre o experimento não é o primeiro a ser apresentado. Porém, como o experimento foi eleito como modo de criação de propósitos para as leituras que viriam a seguir ele foi o primeiro a ser utilizado em sala de aula.

Como vimos do quadro 2, do Capítulo 4, o texto da experimentação descrevia os materiais e os procedimentos necessários para a construção do dispositivo que permitiria detectar a condutividade elétrica de materiais a serem testados (figura 2). Sugeria também quais seriam esses materiais e apontava os procedimentos e cuidados para a realização do

⁴³ Posição relativa do texto considerado na sequência desenvolvida de leituras:

Testando a condutividade elétrica de alguns materiais	As ligações entre os átomos de um metal	Modelos de ligação química para materiais não metálicos	Os átomos ligam-se uns aos outros	Comparando forças de ligação e propriedades dos materiais
---	---	---	-----------------------------------	---

experimento. Trazia, por fim, instruções para a organização dos resultados obtidos com a realização do experimento e algumas questões para a interpretação da atividade.

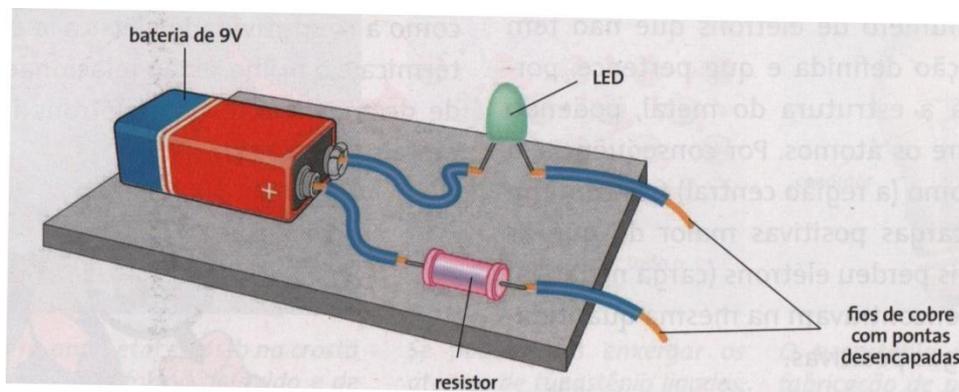


Figura 2: Representação do dispositivo para detecção da condutividade elétrica.

As atividades que envolveram esse texto são emblemáticas da dimensão que remete à instalação de propósitos para as leituras, porque os modelos de ligações seriam apresentados em função das propriedades. Por isso, para a análise, selecionamos interações discursivas a ele relacionadas.

A mediação dessa primeira aula foi estabelecida sobre a demonstração do experimento e as expectativas dos estudantes a partir dos resultados dos testes que seriam realizados. O objetivo foi o de analisar em que medida os estudantes elaborariam uma primeira relação entre modelos e propriedades. Em outros termos, para explicar propriedades diferentes apresentadas pelos materiais, modelos diferentes deveriam ser propostos. Se, por exemplo, os materiais metálicos conduzem a corrente elétrica quando sólidos, mas os materiais plásticos não, então os modelos propostos para as ligações dos átomos nesses materiais deveriam ser diferentes. Esse aspecto do conteúdo “ligações químicas” é o que considerávamos como importante naquele momento, no sentido defendido pelos autores da coleção didática de referência e compartilhado por nós.

Queríamos avaliar a capacidade de suscitar nos estudantes o interesse pela busca de respostas para aquilo que ainda não estava posto, bem como orientar o olhar deles para o modo como texto iria sendo estruturado para aproximá-los dos diferentes modelos de ligações. Por que alguns materiais conduzem corrente elétrica, e outros, não? Criar a necessidade para a leitura dos próximos textos que mediaríamos. Nesses momentos de

ensino, pretendíamos que os estudantes explicitassem suas ideias e as discutissem para chegar ao texto com interpretações e perguntas próprias (ESPINOZA, CASAMAJOR, PITTON, 2009). Como diz Larrosa (2011), o importante, desde o ponto de vista da experiência, é como a leitura pode ajudar-me a pensar o que ainda não sei pensar, ou o que ainda não posso pensar, ou o que ainda não quero pensar, a formar ou a transformar meu próprio pensamento, a pensar por mim mesmo, em primeira pessoa, com minhas próprias ideias.

Nossa expectativa era a de que, ao final das atividades realizadas, os estudantes começassem a propor explicações sobre o porquê de algumas substâncias conduzirem eletricidade e outras não, e, em alguns casos, não conduzirem quando estão no estado sólido, mas sim quando solubilizadas em água. Que modelos seriam capazes de explicar essas ocorrências? Questões dessa natureza foram propostas aos estudantes ao final da realização da atividade. São trechos dessa mediação^{44, 45}:

1. **Professor (P):** Gostaria que vocês abrissem o livro na página 97. A atividade se chama “Testando a condutividade elétrica de alguns materiais”. Vocês já viram com a professora [digo o nome da professora da turma] que alguns materiais são bons condutores de eletricidade, e outros são maus condutores. O que é que isso significa? O que é um bom condutor de eletricidade?
2. **Estudante/s (E):** Metal.
3. **(P):** O metal é um bom condutor?
4. **(E):** É!
5. **(P):** Você está me dando exemplo de um bom condutor. Agora, um exemplo de um mau condutor.
6. **(E):** Isolante. Plástico. Borracha.
7. **(P):** Qual outro exemplo de um material que é bom condutor, e [de um] mau condutor?
8. **(E):** Madeira, fio.

⁴⁴ Aqui, e nos demais trechos apresentados das interações discursivas, o professor-mediador vai referir-se às suas ações em primeira pessoa.

⁴⁵ Como vimos, os registros das interações foram feitos apenas em áudio. Por isso, não é possível identificar, na maior parte dos casos, a qual estudante pertence uma determinada fala. Assim, “Estudante”, nos turnos apresentados, diz respeito indistintamente aos vários estudantes que se manifestaram durante a leitura do texto e realização de atividades relacionadas.

9. **(P):** Já volto no fio. A madeira... Ela é má condutora. Quando ela está seca ou quando está úmida?
10. **(E):** Seca.
11. **(P):** Então, a madeira seca... ela é um mau condutor de energia, de carga elétrica. E a madeira molhada, úmida, é bom condutor. E a nossa pele?
12. **(E):** Bom condutor. Mau condutor.
13. **(P):** É bom ou mau condutor, gente?

Neste trecho da aula, buscamos ativar e explorar o conhecimento prévio dos leitores sobre materiais bons e maus condutores. Vejamos que essa era uma medida importante como etapa preliminar à instalação de propósitos para as leituras posteriores, uma vez que ela se basearia nos resultados de testes sobre a condução de corrente elétrica por materiais diferentes. Como vimos, o tema já havia sido trabalhado pela professora da turma e apresentava-se relativamente bem compreendido pelos estudantes que responderam às questões elaboradas. Como nos disse Bicalho (2014) e os autores da coleção didática de referência, o leitor produz sentidos a partir das relações que estabelece entre as informações do texto e seus conhecimentos. É na relação com o outro que o estudante elabora novas ideias, relaciona-as com seus conhecimentos prévios e modifica seu modo de compreender a realidade.

Ainda em relação a esse trecho da aula, vemos que os estudantes não dizem o que significa, qual é o conceito ou mesmo qual é a definição do que seja um bom condutor de eletricidade. No entanto, lembram-se da família dos metais, como exemplo de bom condutor. Esse dado corrobora a argumentação dos autores da coleção didática de referência de que começar discutindo modelos de ligações para os metais é uma boa estratégia pela familiaridade que se tem com essa vasta família de materiais e a sua propriedade marcante em termos de condutividade térmica e elétrica. Ao contrário disso, geralmente os livros didáticos não começam pelas ligações metálicas, como vimos em Silveira Jr., Lima e Machado, 2011a e 2012, mas pela regra do octeto para explicar a covalência.

Também, do final do trecho apresentado, verificamos que surgem respostas antagônicas sobre a propriedade de condutibilidade elétrica apresentada por alguns

materiais. Isso ocorre, por exemplo, possivelmente pelo fato de os estudantes saberem que a madeira seca “pega fogo” mais facilmente do que a madeira úmida, embora esta seja melhor condutora do que aquela. Vigotski (2008) nos ensina que os conceitos científicos são estruturados de forma hierárquica e intrinsecamente comprometidos uns com os outros. Outra característica dos conceitos científicos é a “precisão” deles, ou seja, a necessidade de serem sempre definidos, circunscritos a seus domínios. Os estudantes não aprendem apenas conceitos, modelos e teorias, mas modos de pensar da ciência, de produzir conhecimento e validá-los. Contudo, essa dimensão epistemológica é usada sem ser explicitada como se fosse natural e de domínio público o seu funcionamento.

Ao contrário do ocorrido no trecho anterior, no seguinte a questão tratada – água destilada – nos pareceu não integrar os conhecimentos prévios dos estudantes. Então, neste trecho tratamos de questão possivelmente desconhecida dos leitores, mas que era importante para compreensão do texto apresentado à leitura.

14. **(P):** Então, a gente vai ler esse primeiro parágrafo [do texto da página 97] Quem pode ler para mim?
15. **(E):** Eu!
16. **(P):** Lê, por favor. [Estudante lê o parágrafo, que trata dos materiais que serão testados quanto à condutividade elétrica e dos materiais necessários para a construção do dispositivo de teste].
17. **(P):** Ok, obrigado. Ô, gente, esse parágrafo está mostrando o material que a gente vai precisar. Eles estão aqui naquela caixa, mas eu queria chamar a atenção de vocês: água destilada. Alguém sabe o que é água destilada?
18. **(E):** Água destilada? É uma água que é feita... [incompreensível]. [Risos]
19. **(P):** Deixa ele falar, gente. Pode falar!
20. **(E):** É uma bebida.
21. **(P):** Uma bebida?
22. **(E):** [Risos] [Incompreensível].
23. **(P):** O que ele “tá” falando é que existem bebidas que são destiladas e bebidas que são fermentadas. É um processo de obtenção da bebida. Mas agora estou preocupado é com a água destilada. O que é que a água destilada tem diferente da água de torneira, da água que chega para a gente nas nossas casas? Alguém sabe?

24. (E): A água que a gente bebe é tratada. A da torneira, é suja. A destilada não sei a diferença não.
25. (P): Não? “Tá”. É importante a gente saber. É porque o seguinte, gente. [Explico a diferença e falo sobre o processo de destilação da água]. Nesse processo, ela [a água destilada] fica mais pura, sem íons. Vocês acham que uma água destilada conduz ou não conduz energia elétrica?
26. (E): Conduz. Não conduz.
27. (P): Então, tem gente que “tá” me falando que conduz, e tem gente que “tá” me falando que não conduz. Então, a gente vai começar o experimento a partir dessa parte.

Um primeiro aspecto a ser destacado em relação a este trecho é o de que o experimento tem um texto e usar esse “artefato” passa pela leitura dele, cujas características são muito próprias e usadas recorrentemente no ensino de ciências. Muitas vezes a leitura desse tipo de texto é negligenciada, no sentido de ser tomada como aproblemática ou não-texto. Prova do que estamos falando são os modos enunciativos de experimentos nos livros didáticos. Dependendo do modo de enunciar, um experimento pode ser mais investigativo ou menos, pode até mesmo ser um recurso meramente ilustrativo ou de comprovação de uma teoria ensinada.

Vejamos também que poderíamos apenas entregar a caixa que abrigava os materiais para o experimento, dizendo que eles estavam ali ou enumerá-los sem a “necessidade” de se “gastar tempo” lendo o que se julga óbvio. Além disso, questiona-se o que é água destilada. Tão parecida com qualquer outra e tão diferente e importante na sua diferença para aquele experimento. Perguntar pelas características dessa água é outro elo na cadeia infinita de enunciados químicos. Isso dá destaque à importância que as propriedades apresentam no processo que está se desenrolando.

Água feita (turno 18) contrapõe-se ao conceito de ocorrência na natureza. Passou por processos químicos, por algum tipo de intervenção humana. Outra enunciação abre para um outro sentido, de algumas bebidas alcoólicas que, após fermentadas, são destiladas aumentando o teor alcoólico. Água também é uma bebida, mas não no sentido em que estão falando, e água destilada não é apropriada para beber. Por mais simples que pareça esse diálogo, ele apresenta uma alta densidade semântica com muitos conceitos rigorosamente diferentes. Dentro dessa aula, que gira em torno do que se pode caracterizar como experimental, há outra subsumida nesse momento como essencialmente teórica.

São os tipos de água: água “suja”, água “limpa”, água tratada para beber, para usar em experimentos; água de torneira da companhia de abastecimento, água para realizar diálise, para produzir componentes eletrônicos e medicamentos, etc. São muitas as águas.

Compreender os sentidos evocados pelo texto, pelos colegas e ainda aqueles específicos perseguidos pelo docente é ler. E, todo esse esforço dialógico que vemos por meio das interações materializadas nos diálogos transcritos, compõe a aula e a leitura do “texto experimento”. Outros procedimentos químicos como destilação, deionização etc. também são incorporados à aula como explicações teóricas, e muitos deles já vistos em outras ocasiões ou mesmo em séries diferentes dentro do estudo da separação de componentes de misturas.

Mas, o que nos importava mesmo, neste caso da água destilada, era a compreensão por parte dos estudantes de observar sempre a necessidade de se lavar os eletrodos com água destilada ao mudar de material a ser testado. Isso porque a água destilada não conduz. Este aspecto é importante para dar pistas aos estudantes mais adiante de que a condução elétrica pela solução aquosa de cloreto de sódio não se devia à água destilada. O professor assim pauta mais uma dimensão do experimento como condição para controlar variáveis valorizando os conhecimentos prévios e a necessidade de socializar com todos aquele conhecimento em vez de usá-lo como ordem expressa de procedimento a ser seguido sem a necessária problematização e compreensão ampliada, ou mesmo pela explicação antecipada como condição para prosseguir com seu intento.

Também é possível perceber que os estudantes ainda chegam ao final confusos quanto à natureza da água destilada, entre acender ou não o diodo emissor de luz (LED), conduzir ou não (turno 26). Momento em que não fechamos os sentidos quando dizemos: *Então, tem gente que tá me falando que conduz, e tem gente que tá me falando que não conduz. Então, a gente vai começar o experimento a partir dessa parte* (turno 27). Ao começar a testagem pelas diferentes “águas” acabamos por permitir aos estudantes reverem suas posições, confirmando ou negando, por meio do teste de uma água destilada e uma água de “torneira”. Aqui, buscamos despertar o interesse dos estudantes e fornecer um objetivo para a leitura e para a elaboração de hipóteses de leitura, nesse caso, para a predição dos resultados do teste. Além disso, construir um consenso com os estudantes é

fundamental neste caso, para continuarem avançando nos testes e na busca de modelos explicativos para o observado. Nesse sentido, entendemos ter ido ao encontro do que defendem Espinoza, Casamajor e Pitton (2009):

o docente aceita todas as respostas como possíveis e desta maneira facilita e sustenta a discussão. Sua intervenção consiste em favorecer que as distintas concepções sejam explicitadas. Por isso não manifesta sua opinião (...). Esses intercâmbios e discussões permitem ao docente aproximar-se às ideias de seus alunos – e assim, entre outras questões, antecipar possíveis dificuldades com as que se encontram ao ler o texto – ao mesmo tempo que gera condições para avançar coletivamente na resposta à pergunta. (p. 165)

Esse convite aos estudantes para irmos ao experimento foi também a tônica deste próximo trecho da aula:

28. **(P)**: O que será que vai acontecer quando eu encostar esses dois fios [do dispositivo] no copo [de metal]?
29. **(E)**: Vai acender [o LED, diodo emissor de luz].
30. **(P)**: Vai acender?
31. **(E)**: Não vai acontecer nada.
32. **(P)**: Não vai acontecer nada?
33. **(E)**: Vai dar choque. Vai explodir. [Outros]
34. **(P)**: Não, não vai explodir. A gente conversou aqui: o metal é um bom condutor, não é?
35. **(E)**: É!
36. **(P)**: Nós já vamos fazer. O que vai acontecer no [caso de um] material que não “é” um bom condutor?

O próximo trecho da aula sucede ao da realização dos testes de condutividade dos diversos materiais e do registro pelos estudantes dos resultados em suas tabelas. Chega o momento de realizar o teste com a solução aquosa de NaCl (cloreto de sódio), o sal de cozinha. O teste com o cloreto de sódio havia indicado que este material não apresentava a propriedade de conduzir corrente elétrica, pelo menos no estado sólido. Por que a situação muda quando esse sal é solubilizado em água? Aqui, propriamente chegamos ao momento de criar os propósitos para as leituras posteriores: por que alguns materiais

conduzem, por que alguns materiais não conduzem, por que alguns materiais não conduzem quando sólidos, mas conduzem quando em solução?

37. (P): O que é que aconteceu com o sal [NaCl] em estado sólido?
38. (E): Vai acender.
39. (P): Olha aí na tabela. Na tabela, [está registrado que] ele não acendeu [o LED], não conduz. Agora vamos ver com a água destilada e sal.
40. (P): [Faço o teste de condutividade elétrica utilizando a solução de NaCl e água destilada]. O sal em estado sólido não conduz. Água destilada mais sal ... [Demonstro o resultado do teste]. Viu a diferença de cor [de luminosidade do LED]? Está muito mais forte.
41. (E): [Incompreensível].
42. (P): O que será que acontece quando se coloca sal na água?
43. (E): Sei lá!

Muitos elementos foram acionados nessa primeira aula que consistia em fazer um “simples” experimento sobre condutividade elétrica. Vejamos que a aula não teve como objetivo provar que os metais conduzem corrente elétrica, mas perguntar sobre aquilo que os estudantes não estavam vendo, isto é, a movimentação de cargas para explicar a condutividade pelos compostos iônicos quando em solução. O propósito não foi tratar especificamente da propriedade de condutividade elétrica apresentada por alguns materiais, mas sim dos modelos que se faziam necessários para explicar algo que se passa com os materiais, sejam eles condutores ou não. Ou seja, da relação propriedades/modelos.

Ao final, o nosso sentimento foi o de que a mediação da leitura do texto e a realização do experimento envolveram a turma, tendo havido a participação ativa e motivada da maioria dos estudantes, e tendo sido possível instalar os propósitos para as leituras dos textos subsequentes. *Por que alguns materiais conduzem corrente elétrica, e outros, não? Por que alguns não conduzem quando estão em estado sólido, mas conduzem quando solubilizados?* Essas perguntas configuravam-se como um convite aos estudantes a buscarem as explicações a partir das leituras dos próximos textos propostos em nosso planejamento. O *sei lá!* (turno 43) interpretamos assim. O *saber* sobre o porquê *as coisas são assim* será propiciado *lá* nos textos ainda por serem lidos.

5.2 – Contrapalavras dos estudantes

Aqui, voltamos o olhar para nossas ações como professor, tanto como intenções previamente planejadas, quanto pela escuta dos estudantes na interação com o texto. Analisamos os dados construídos a partir da leitura compartilhada do texto “As ligações entre os átomos de um metal”. Colocamos em foco o movimento de dar a ler o texto com os estudantes e os recursos dos quais nos valemos a partir das contrapalavras que eles trouxeram para o texto e das suas próprias palavras frente aos autores como um projeto próprio de dizer. Consideramos importante analisar neste momento a mediação docente desenvolvida e os indícios de compreensão pelos estudantes.

O texto em questão aborda a forma como os átomos devem estar ligados em um metal. Faz isso a partir da análise das propriedades dos metais, e conclui que a ligação metálica tem como modelo átomos carregados positivamente, unidos por uma grande quantidade de elétrons livres que se movimentam entre esses átomos do metal. Considerando-se o encadeamento dos textos propostos para apresentar os tipos de ligações e materiais, uma grande ideia a ser perseguida seria a da necessária existência de cargas em movimento, elétrons ou íons, para explicar a condutividade elétrica de metais e de compostos iônicos fundidos e em solução.

Em nosso planejamento, tal texto era o segundo dos cinco selecionados para tratarmos das *ligações químicas*, e sucedia à leitura e ao desenvolvimento do experimento previsto no texto *Testando a condutividade elétrica de alguns materiais*⁴⁶. A leitura do texto envolveu os seguintes procedimentos: 1) A retomada com os estudantes dos resultados dos experimentos da aula anterior sobre a condutividade elétrica dos materiais; 2) A leitura da parte inicial do texto; 3) A retomada da noção de modelos; 4) A leitura do restante do texto; 5) O destaque da ideia principal de cada parágrafo do texto; 6) A socialização das ideias principais do texto. 7) A identificação de ideias-chave dos

⁴⁶ Posição relativa do texto considerado na sequência desenvolvida de leituras:

Testando a condutividade elétrica de alguns materiais	As ligações entre os átomos de um metal	Modelos de ligação química para materiais não metálicos	Os átomos ligam-se uns aos outros	Comparando forças de ligação e propriedades dos materiais
---	---	---	-----------------------------------	---

parágrafos do texto por meio da associação a temas pré-definidos; 8) A produção de um texto de síntese.

Vejam os que a dinâmica de ler um texto, parágrafo por parágrafo, interrompendo e explicando é um dos modos mais recorrentes e intuitivos dos professores realizarem a leitura de um texto didático em classe. Contudo, consideramos importante analisar as possibilidades e limites dessa dinâmica, aqui tida como um dos recursos mediacionais de compreensão. Dos procedimentos descritos acima, temos a utilização de recursos que estão para além da mera vocalização dos parágrafos do texto, seguida de uma explicação do professor ou solicitação de dizerem o que entenderam. *A retomada com os estudantes dos resultados dos experimentos da aula anterior* não estava prevista no texto que ora seria lido. Começar pelo experimento foi um movimento intencionalmente planejado, uma vez que as discussões suscitadas durante a sua realização – ou seja, com a “leitura do texto experimento” – constituíam a criação de propósitos para o estudo dos textos que o sucedeu como vimos. O sentido de um texto está sempre em diálogo com outros textos e, nesse caso, antecipou a necessidade e o modo de abordagem dos últimos.

Da mesma forma, *a retomada da noção de modelos* também não estava no texto, mas é trazida a ele, em um movimento de coautoria, complementação e preenchimento de lacunas do texto apresentado aos estudantes. Nesse sentido, para ler o texto não só verbalizamos o dito, mas preenchemos os vazios para aqueles sujeitos que o liam naquele momento. Representou uma leitura que se produz pelo hipertexto que vai sendo construído pelo compartilhamento com o professor e pela recorrência a outras fontes. Não só lemos o texto como o “reescrevemos” a partir do que sabemos dos alunos (o que já estudaram, dificuldades mais frequentes indicadas pelas pesquisas na área ou pela experiência como professor etc.). Assim, a leitura é também uma nova escrita, de onde emerge um outro texto em produção por efeito do que as contrapalavras produzem em nós. O modo como mediamos a leitura é a resposta ao que fazemos – ou não – com as contrapalavras dos estudantes e dos autores que povoam o nosso universo de leitor.

Também, o *destaque da ideia principal de cada parágrafo* é outro recurso a constituir esse processo de mediação de leitura. Uma ideia principal ou essencial na compreensão do texto não resulta neste nosso caso na identificação de frase ou parágrafo

em que a resposta desejada pode ser localizada. A leitura do restante do texto pressupõe a necessidade da compreensão do todo do texto de modo a ser capaz de perguntar/responder qual é a moral daquela história para o autor e qual é a moral para o leitor que não precisam necessariamente coincidir ou restringir uma a outra. Prova disso é a confusão muitas vezes causada entre autor, professor e estudantes quando gabaritos de testes são apresentados como respostas ao “o que o autor queria dizer” ou qual seria a ideia principal do texto. O nosso movimento aqui com os estudantes é o de correlacionar as partes com o todo, análise/síntese ou decomposição e recomposição para além da soma das partes. É indiciar o que atravessa o texto ou mesmo transcende ao dito. Ainda, *a produção de um texto de síntese* sinaliza a nossa intenção de se ter uma leitura, como *criação ou não, mas que levasse adiante e para frente aquilo que se aprendeu*. Uma síntese não como repetição das palavras do autor/locutor, mas como coautoria do texto lido.

Voltando-nos propriamente para as interações ocorridas durante a mediação pedagógica relacionada à leitura desse texto, destacamos aqui os seguintes trechos transcritos⁴⁷:

44. (P): Olha só, gente. É esse texto aqui. Para que a gente vai ler esse texto aqui? Vamos retomar os resultados do experimento que a gente fez na 2ª feira. Naquele experimento, nós vimos que alguns materiais conduzem carga elétrica e outras, não. Quais são os que conduzem?
45. (E): O sal... o sal... com a água! A moeda.
46. (P): Sal! Então, vocês estão me falando que o sal com água conduz. Moeda. Sal puro, não! Ok, ele viu e nós vamos ter que arrumar um modelo para explicar o que ele viu⁴⁸. Depois. Olha, só: e os metais? Os metais conduzem? Esse texto aqui vai começar a nos explicar o que é que ocorre com os metais para eles conduzirem, e os textos seguintes vão dizer para os outros materiais: porque uns conduzem e outros não conduzem. Eu queria que prestassem atenção na leitura que vamos fazer. Então, vamos lá, olha! [*Leio o título do texto*]: “As ligações entre os átomos de um metal.” O [que] será que esse texto quer nos dizer? Qual a pergunta desse texto? Qual a resposta que a gente vai obter com esse texto?

⁴⁷ Cerca de 90 minutos foram dedicados à leitura e avaliação da leitura desse texto. As transcrições apresentadas referem-se à parte da mediação pedagógica desenvolvida durante a leitura, que transcorreu por cerca da metade do tempo total.

⁴⁸ No experimento da aula anterior, onde testávamos a condutividade elétrica de alguns materiais, um dos estudantes ficou convicto de que via a lâmpada do dispositivo de teste se acender “bem fraquinha”, quando foi testado o sal de cozinha sólido.

Então, vamos começar a ler isso. Olha só o primeiro parágrafo. São sete parágrafos, né? E mais uma figura com uma legenda. Então, estou no 1º. [*Leio a primeira frase desse parágrafo. Pauso para comentar*]. Então, para a gente bolar um modelo para explicar como determinado material funciona, a gente tem que levar em consideração as propriedades desse material. Aí, a gente começa a falar dos metais. Olha só. [*Leio a segunda frase. Pauso para comentar*]. Em geral, os metais são dúcteis, quer dizer, eles formam fios. É por isso que a gente tem fios de? [*Pergunto aos estudantes*].

Já destes primeiros turnos transcritos, especialmente a partir das partes grifadas, pode-se verificar a diferença que há entre ler para os estudantes (ou com eles) para ensinar um assunto, e ensinar a ler para aprender a ler e aprender um assunto. A retomada das questões suscitadas com o experimento e a sua vinculação à finalidade do texto que ora se apresentava e dos que se seguiriam possibilitava a criação das condições para a emergência de perguntas genuínas com as quais os estudantes poderiam aportar ao texto.

Como nos diz Espinoza (2010), devem existir condições didáticas que facilitem a apropriação pelos estudantes dos conteúdos tratados. Esse contrato didático é que objetivamos firmar desde as nossas primeiras intervenções, sem nos furtarmos também da necessária relação a ser estabelecida entre propriedades dos materiais e os modelos explicativos para as mesmas.

47. (P): De cobre, por exemplo, né? [*Continuo a leitura. Pauso para comentar*]. São maleáveis, formam lâminas. Vocês já viram essas chapas de ferro, chapas de aço? Vocês já viram papel-alumínio? Aquilo é uma lâmina de alumínio de uma espessura muito pequena. Então, com os metais, a gente consegue fazer fios, chapas, lâminas. [*Continuo a leitura. Pauso para comentar*]. Os metais têm alta condutividade elétrica. A gente viu isso no experimento? [*Volto a ler*]. E apresentam um brilho que lhes é característico quando são polidos. Então, as panelas, quando são areadas, elas apresentam brilho. [*Volto a ler*]. E, além disso, os metais são bons condutores de calor, né? De energia, de calor. Vamos passar para o segundo parágrafo aí. [*Leio a primeira frase. Pauso*]. Quer dizer, os metais apresentam uma série de propriedades, e a gente tem que bolar um modelo para explicar isso. [*Volto a ler. Pauso*]. Gente, eu acompanhei uma aula aqui de vocês com a Professora [*digo o nome*] em que foi tratado de modelos. Alguém pode me dizer o que entende por modelo?

Sabemos que não há um momento determinado para a realização de um experimento. Em nosso caso, entendeu-se que ele deveria inaugurar a leitura dos textos sobre ligações químicas, pelos motivos já descritos.

Com a opção de realizarmos primeiro o experimento, alterou-se a ordem na qual os textos estavam apresentados na coleção didática, o que é mais uma evidência da

coautoria do professor nessa história, nessa narrativa cuja temporalidade elenca novos elementos em termos de construção de uma moral pela mobilização de recursos mediacionais da leitura. No turno 47, vemos que a relação entre modelos e propriedades é novamente assinalada, bem como dá-se início à discussão sobre a construção dos modelos. Como nos episódios relatados por Espinoza, Casamajor e Pitton (2009), dessa maneira o docente propõe refletir sobre como se pode chegar a pensar sobre coisas que não se veem. Isso era importante para o nosso objetivo de também ensinar sobre como a ciência pensa o mundo que não vemos ou cria modelos para explicar alguns fenômenos que acontecem no mundo. Como nos diz Machado (2004), é fundamental para a formação do pensamento químico que se passe da observação sensível às causas escondidas.

Nessa retomada dos resultados do experimento, há de se verificar também a utilização de mais um recurso de leitura. Em vez de utilizarmos glossário ou apresentarmos definições, fomos apresentando sentidos para “ser maleável”, possibilidade de um material ser transformado em lâminas. O exemplo cotidiano é o papel alumínio, lâmina que, sendo bem fina, parece um papel.

Introduz-se, então, uma nova ideia: não só lâmina, mas também fios. Por que dos fios? Para puxar uma das ideias matriciais - condutividade e carga - e evocar nos estudantes o uso de fios elétricos no cotidiano deles como para carregar bateria de celular, fazer instalações elétricas, etc. Na sequência aparece a ideia de que além da condutividade elétrica, têm também a térmica e outra das características dos metais, que é a de apresentarem brilho característico.

48. (P): Alguém pode me dizer o que entende por modelo?

49. (E): É uma forma de energia.

50. (P): É uma forma de energia?!

51. (E): É uma forma de expressar alguma coisa. A energia como ela é, a... O modelo. É como um desenho em 3D. Uma forma de explicar a teoria.

52. (P): [*Retomando respostas dos estudantes*] Então, você está me dizendo que é uma forma de expressar energia? É uma espécie de desenho 3D? O modelo é uma forma de explicar a teoria? Olha só: eu queria que vocês dessem um pulo lá na

página 60 do livro⁴⁹. A gente vai ler as três primeiras linhas dessa página 60. É o início aí. [Leio a primeira frase. Pauso]. Então, olha só: modelo é alguma coisa que a gente elabora para tentar explicar a realidade. Não é algo acabado, não é algo definido. Tá sempre em constante alteração, se ele não é capaz de explicar a realidade. Então, eu queria contar para vocês – não sei se a Professora [digo o nome] já contou para vocês – o modelo que foi criado, imaginado, para a máquina de refrigerante: aquela que a gente colocava uma moeda e saía uma latinha. Já viram essas máquinas?

Acolher as contrapalavras dos estudantes significa desviar-se de um percurso previsto. Isso foi o que fizemos convidando-os a visitar uma outra página, para ler um outro texto que se torna parte do que estava ali em discussão. Era preciso que eles entendessem o jogo entre modelo e realidade, invenção de entidade como elétrons e íons e compromissos para compreenderem tal relação (traduzir isso na ideia de carga elétrica e de liberdade de movimento das cargas nos diferentes estados) ou correspondência no texto em estudo. Esse retorno a um texto anterior não estava previsto ali, mas considerado como subtítulo já visitado pelos estudantes e recursivamente retomado em um nível de complexidade maior e em contexto diferente.

As contrapalavras dos estudantes criam um momento de suspensão da leitura deste texto para preencher uma lacuna flagrada como tal pelo professor e não pelos autores, pelo menos na materialidade daquele texto. O mesmo movimento pudemos ver no caso da água destilada. Olhar para o que o professor faz com as contrapalavras suscitadas pelos textos de ciências é importante, pois em geral nossas práticas envolvem mais a explicação – a palavra de um – do que a compreensão como ponte entre dois ou mais. Na explicação os sentidos que circulam entre os sujeitos são fechados em torno do que se quer definir, ou seja, damos fim (*de-finimos o*) ao processo de circulação e com isso fixamos sentidos paralisando o exercício do pensamento. O universo das dúvidas, dos modelos, das concepções é reduzido a um fechamento de sentidos em decorrência da concepção da ciência que se tem. Mediar pressupõe ler o dito e o não dito. O não dito nesse caso é preenchido com uma pausa longa ainda que anunciada por nós como uma leitura de apenas 3 linhas, com outro texto, porque sabemos que o que está sendo ensinado é uma teoria de ligações que resulta da articulação entre modelos e propriedades.

⁴⁹ O texto que estava sendo lido constava à página 98. Na página 60, tínhamos o texto “O mundo que não vemos”, que discutia a ideia de *modelo* e não integrava o conjunto de textos que selecionamos sobre ligações químicas.

53. (P): Então, tem um professor de química, já idoso, viaja o Brasil inteiro dando palestras. Ele se chama Attico Chassot, e ele, para explicar essa questão de modelo, ele contou uma historinha que eu vou adaptar aqui. [...] ⁵⁰

Essa referência e história também não estavam no texto então sendo lido. Preenchemos o texto com o que sabemos, de forma a dar humanidade a ele como produção de um colega. E, então continua a leitura:

54. (P): Pois é! Eu deslacro depois de vários meses, ligo a máquina, coloco uma moeda. Passa um tempinho, vem uma latinha. Como é que explico esse modelo? É possível ainda esse modelo ser viável?
55. (E): É.
56. (P): Então, me explica por que. São vários meses. O “anãozinho é uma pessoa”, né?
57. (E): Ele morreu!
58. (P): Se ele morreu, como é que a latinha veio?
59. (E): Aí, não tem jeito não. Fala de novo.
60. (P): Eu lacrei a máquina toda durante vários meses. Desliguei. Depois eu deslacrei, liguei a máquina. Quando eu coloquei uma moeda, a latinha veio. Eu quero ver se esse modelo é viável, pensando que tem um anãozinho ali dentro.
61. (E): É. Ele bebeu muito refrigerante.
62. (P): Mas, como é que você iria conseguir sobreviver dentro de uma máquina fechada?
63. (E): Ele tomou refrigerante.
64. (P): Exatamente. Mas, ele teria que tomar todo o refrigerante.
65. (E): Você abastecia [a máquina]?
66. (P): Não, a máquina estava lacrada. Não entrava nem saía nada. Então, gente, isso prova que esse modelo não serve. Eu teria que inventar um outro modelo, bolar um outro modelo.
67. (E): O anão não existia.
68. (P): Oi? O anão não existia. A gente tem que pensar em outro modelo.
69. (E): Ele morreu. Era um robzinho.

⁵⁰ A partir daqui, seguem-se turnos de falas do professor e dos estudantes (aqui omitidos), nos quais tem-se o início da discussão sobre um modelo para o funcionamento da máquina de refrigerantes.

70. (P): É. Você pode criar um modelo e imaginar que tem um robzinho ali dentro. Mas aí, é outra história.

Aqui, implicamos os estudantes na nova narrativa, buscamos suas contrapalavras nesse processo de leitura. Como nos diz Geraldi (2007), um leitor/ouvinte que não oferece às palavras lidas/ouvidas as suas contrapalavras, recusa a experiência da leitura. É preciso vir carregado de palavras para o diálogo com o texto. Mais simples, talvez, seria a explicação direta sendo dada pelo professor. Mas, nos mostra Bakhtin (2003), para a compreensão necessitamos de mais de uma consciência. Na explicação existe apenas uma consciência, um sujeito.

71. (P): Bom, esse parêntesis todo é porque a gente vai tratar de modelo para ligações químicas. Modelo para ligação metálica. Então, esse modelo vai existir enquanto responder à realidade. À medida que o teste não for funcionando para esse modelo, ele tem que ser substituído. [Voltando ao texto da p. 98]. Então, vamos lá para o terceiro parágrafo. [Leio todo o parágrafo. Pauso]. Então, o metal vai ser um bom condutor porque tem cargas elétricas que podem se mover de um lugar a outro. Vamos ler esse 4º parágrafo, que é maior. [Leio a 1ª e 2ª frases. Pauso]. Eu queria que vocês olhassem essa legenda, essa ilustração. Então, o que tá dizendo aqui? Eu tenho átomos de prata, né? O símbolo Ag, prata. Que tem o sinalzinho + (mais) aqui. Positivo. E tenho aqui representados de vermelho... Essa não é a cor dos elétrons, tá? É só ilustrativo. Que se movem entre os átomos que são carregados positivamente. Então, vamos continuar a leitura. [Leio o restante do parágrafo. Pauso] Então, eu tinha átomos neutros. Que elétrons e prótons eram... Cargas negativas e positivas eram as mesmas. E, depois, esse núcleo fica positivo e esses elétrons ficam circulando entre eles. O 5º parágrafo. Como é que chamam os átomos carregados positivamente? [Espero respostas dos estudantes]. Não? Qual o nome que se dá aos átomos que são carregados positivamente?

Neste momento, justificamos a razão da longa pausa, do parêntesis realizado. Isso não está em nenhum dos dois textos, pelo que se conclui que os autores consideraram esses conhecimentos sabidos e atualizados na memória dos estudantes, o que não era verdade. Quem escreve não preenche todas as lacunas que podem surgir ao longo da leitura. Mediar implica ajudar a preencher as lacunas que surgem na situação de interação do leitor com o texto. Flagramos como *obstáculo* ou *necessidade de* para um futuro que já se vislumbra e percebe-se ser necessário antecipar. De novo é a mediação do professor que ajuda os estudantes a continuar lendo de forma mais enriquecida o texto que está lá no livro didático. Eles podem agora *acrescentar uma interpretação* ao modelo para ligação metálica como a relação entre modelo e realidade, e avaliar a sua validade. Além disso, localizamos os estudantes no texto, o *onde estamos*.

Outro elemento que sinaliza nossa coautoria no texto percebe-se pelas pausas de leitura feitas não necessariamente ao fim dos parágrafos definidos pelos autores da coleção de referência.

Também, como aponta o transcurso do turno 71, não ignoramos a imagem intercalada com o texto verbal. Detemo-nos nela e em sua legenda, ajudando os estudantes a interpretá-la, isto é, a construir um intertexto que articula e complementa mutuamente essas duas formas de linguagem. Ilustração e legenda não foram consideradas como fragmentos ou complementos do texto verbal, mas como um todo com este texto. Como nos diz Piccinini (2012) ao tratar das imagens no ensino de ciências, elas podem sensibilizar, convencer e persuadir, mas a função de texto como sentido em produção que determinadas imagens apresentam demanda auxiliar o estudante na sua leitura e, portanto precisa ser tratada como algo que deve ser aprendido a ler na escola. Aprender a ler imagens dos textos é central para a construção de uma visão situada e crítica da realidade e do conhecimento.

E a nossa mediação da leitura continua:

72. (P): Qual o nome que se dá aos átomos que são carregados positivamente?

73. (E): Prótons.

74. (P): Prótons!⁵¹ E os que são carregados negativamente?

75. (E): Elétrons.

Aqui, a ideia de cargas é fundamental para a compreensão das ligações, das forças eletrostáticas.

76. (P): Elétrons! É isso que vai dizer esse 5º parágrafo. [Leio o parágrafo]. Então, eu tenho cátions e ânions. O 6º parágrafo. O 6º parágrafo vai dizer então qual é o modelo proposto para a ligação metálica. É importante este parágrafo. Olha só. [Leio o parágrafo]. O último parágrafo. Para a gente passar para a nossa atividade. [Leio o parágrafo]. O que que a gente pode concluir? Que as propriedades que os metais apresentam são devidas a quê? [Espero respostas. Estudante pede que eu fale de novo a questão]. Falo! A gente tá vendo... A gente

⁵¹ Aqui, concordamos com a resposta do estudante, quando o correto seria dizer “cátions”. O mesmo tipo de equívoco ocorre nos turnos seguintes (75 e 76), quando “elétrons” substituem a resposta correta, “ânions”. Porém, no transcorrer do próprio turno 76 a retificação é feita.

tá tentando criar um modelo para ligação metálica, ligação entre átomos do metal. Os metais apresentam uma série de características. Condutividade elétrica, maleabilidade, ductibilidade... Isso tudo pode ser explicado por que fato? Qual é a característica que os metais apresentam que pode explicar essas características outras que eu acabei de falar? É o que tá dito neste último parágrafo. [Releio o final do parágrafo]. “Estão relacionadas à facilidade de movimento dos elétrons livres que os metais apresentam”.

“*O que a gente pode concluir?*” é um desafio proposto aos estudantes para a produção de um texto pessoal para além da mera repetição. No sentido de uma *leitura produtiva*, aquela que, como vimos, envolve palavras próprias. Como defendem Paula e Lima (2011), é importante instaurar práticas de leitura nas aulas de ciências de modo a provocar os sujeitos leitores e evocar neles um projeto de dizer. Mesmo que os estudantes não deem conta desse processo completamente, o desafio está posto e serve como modo de orientar a leitura dos próximos textos na busca de indícios para compor essa resposta ou a outras semelhantes que virão. Ao final, localizamos no texto para eles o modo como os autores concluem. De toda forma, esses sujeitos saem modificados por essa experiência de leitura, seja porque adere aos pontos de vista com que compreende o mundo ou porque modifica tais pontos de vista em face do diálogo mantido através do texto com os seus autores (GERALDI, 1996).

A mediação pedagógica da leitura demandou muito esforço ou trabalho semiótico da nossa parte e dos estudantes. A leitura do texto de uma página durou cerca de 45 minutos. Outros 45 foram dedicados à avaliação da leitura, sem considerar o tempo dedicado à aula experimental que consistiu na criação do propósito para ler os textos que se seguiriam.

Ao final os estudantes realizaram algumas atividades que envolviam outras estratégias de releitura, visando à busca de respostas às questões formuladas. Em outras palavras, o objetivo era contribuir para o processo de *aprender a ler* textos didáticos de ciências de modo a *ler para aprender* ciências. Esforço que se percebe a partir de nossas ações desenvolvidas, dentre outras: retomar, em cada início de aula, o que foi tratado nas aulas anteriores ou mesmo reestabelecer nexos de um parágrafo para outro ou ainda entre os diversos textos mobilizados; negociar os sentidos focando a atenção deles em determinadas frases ou enunciados dos autores, trazendo exemplos e conceitos distantes ou novos, fazendo perguntas, usando sinônimos, etc.; produzir sínteses provisórias em

diferentes momentos e explicitar a ideia final com a qual os autores resumem o projeto de dizer deles ou explicitam a moral do texto; e tomar a mediação da leitura como uma necessidade de formar sujeitos leitores dos textos didáticos de ciências considerando-se suas múltiplas linguagens.

Procuramos ensinar a ler. Não se traduziu em *usar a leitura* apenas para ensinar ligações, mas, fazer com eles um exercício de por meio da leitura sobre ligações químicas, aprender a ler textos desta natureza; reconhecer a leitura como um trabalho complexo de significação e, por fim, aprender sobre o assunto. Caso o propósito se reduzisse ao ensino de ligações poderíamos ter feito uma exposição dialogada, com o auxílio de esquemas e anotações no quadro sem que o texto didático tivesse o protagonismo que teve. A leitura poderia ainda ter sido indicada para casa ou de outro modo como complemento da exposição oral.

A aula organizou-se em torno dos processos de significação do texto, numa ruptura com a regra rotineiramente usada em classe de explicação e resolução de exercícios com consulta ao texto correspondente. Desse modo, modificamos os procedimentos de ensino e de leitura que normalmente ocorrem em sala de aula quando dizemos: *vamos ler*, cada um lê um parágrafo e paramos para fornecer esclarecimento de dúvidas vocalizadas ou supostas por nós; *leiam o texto da página tal e respondam os exercícios para corrigirmos*; *leiam em casa o texto da aula e tragam suas dúvidas* e, daí por diante.

Fontana (1996) analisa os modos como geralmente os processos de conceitualização se dão nas relações de ensino. Segundo a autora, numa relação pedagógica tradicional, professor e estudante relacionam-se com os sistemas ideológicos constituídos (palavras alheias) como palavras que devem ser apreendidas independentemente de sua persuasão interior. O professor toma posse do discurso (dito) científico (e por isso legítimo), e na qualidade de autoridade hierárquica o transmite para o aluno.

A relação modelo-propriedades, fundamental em nossos propósitos de ensino, e que já vinha sendo tratada desde o estudo do primeiro texto, foi sistematicamente

retomada procurando atingir os objetivos propostos pelos autores, os de ensinar ligações no 9º ano de um modo diferente do que se encontra em outras coleções. O centro da atenção recaía sobre a ideia de que para explicar propriedades diferentes precisamos criar modelos diferentes. Por fim, foi apresentada uma proposta de modelo para as ligações entre os átomos de um metal. Ensinar a ler o texto representou pensar na relação modelo de ligação metálica com suas cargas em movimento e nas propriedades dos metais como condutividade elétrica. Essa relação foi tensionada o tempo todo, como pudemos ver/analisar.

Tensão essa que encontramos adicionalmente nos turnos que se referiram aos modelos para a máquina de refrigerantes. Esses turnos também apontam para mais uma característica da mediação pedagógica em questão: a recorrência a outro texto – a criação de um hipertexto - em um projeto de ensino que cria os nexos necessários. Aqui, a mediação buscou antecipar as dificuldades e assinalar caminhos para a aprendizagem. A partir de um texto foi se construindo um outro pela mediação, o que resultou em um hipertexto semelhante ao que se vê materializado com os recursos da *internet* e de outras variadas ferramentas das tecnologias da informação e comunicação. A partir de um texto, lemos com os estudantes muitos outros textos.

Na mediação vamos encontrando lacunas, vazios, subentendidos, e vamos pela mediação buscando outros textos para compor o projeto de elaborar significados com o texto e sobre o texto. Consideramos essa leitura extremamente dialógica, pois faz saltos no tempo e no espaço. Isso vai tornando o processo de aquisição das ferramentas de leitura mais rico. Os estudantes aprendem que ler implica ir a outros textos, em um processo de intertextualidade, que permite checar ideias, complementar informações, promover novas relações, complexificar a compreensão que o texto original não seria capaz de dar conta sozinho sem que houvesse o encontro dele com o leitor e suas contrapalavras. Esse modo de pensar cria uma tensão na consciência dos alunos pois os desloca em termos de pensamento e espacialidade. Exige um disciplinamento intelectual para correlacionar com outras informações, estabelecer nexos de implicação, encontrar contradições ou complementaridades. Isso aumenta a nossa capacidade de produzir mais interrelações, de elaborar questões, de concluir a partir de um número maior de dados, informações e

inferências. Tudo isso já está muito presente na vida dos estudantes com as possibilidades oferecidas pela *internet*.

Outra característica da mediação pedagógica analisada é a de que a leitura do texto não se resumiu aos aspectos verbais, mas também se voltou aos imagéticos, como vimos. O texto do livro didático é organizado a partir de uma diversidade de linguagens: verbal (texto escrito), matemática (equações, gráficos, notações) e imagética (desenhos, fotografias, mapas, diagramas). Esta característica do texto impõe demandas às práticas de leitura de professores e estudantes, que precisam lidar com a complexidade de um texto multimodal⁵² (MARTINS, 2012).

O episódio analisado destaca a importância da mediação pedagógica intencionalmente planejada e construída a partir da compreensão dos aspectos teóricos explicitados de forma a dar destaque aos processos de significação na leitura de textos de ciências. O que foi feito? Uma movimentação do professor em torno do texto para discutir o que são modelos; como a ciência produz modelos; que compromissos epistemológicos existem entre modelos e realidade; como deve ser o modelo para um metal e, acima de tudo, ensinar a ler textos de ciências. Oportunizamos aos estudantes uma leitura compartilhada e com o uso de diversas estratégias para torná-la *produtiva* em termos da dupla aprendizagem: modelos científicos e textos didáticos de ciências. E por que torná-la produtiva? A pesquisa, o pesquisador e seu outro como ato responsável, um experimento responsivo:

Uma teoria precisa entrar em comunhão *não* com construções teóricas e vida imaginada, mas com o evento realmente existente do ser moral – com a razão prática, e isso é responsabilmente completado por quem quer que se conheça, na medida em que o ato de cognição esteja incluído como *minha* ação, com todo o seu conteúdo, na unidade da minha responsabilidade, na qual e pela qual eu realmente vivo – executo ações. (BAKHTIN, 2010).

E como nossas ações foram executadas? Por meio de uma leitura teotônica (ordenada parágrafo a parágrafo); pela criação de propósito e explicitação do propósito

⁵² Embora reconheçamos a importância dessa complexidade de linguagens a constituir os livros didáticos, ela não foi objeto de nossas análises, que se focaram nas interações verbais (orais e escritas).

nos dois momentos (experimento e da leitura: *é para isso e foi para isso*); pelas recorrentes digressões acompanhadas pela introdução de dados de memória (*a professora de vocês...; vamos dar um pulo na página 60; vejam a figura*); preenchendo lacunas entre o texto e o que os estudantes dão pistas de não saberem do que se trata; garantindo o espaço para os dizeres dos estudantes e escuta para o que iam dizendo, ao mesmo tempo em que não se evadia da responsabilidade de tomar a palavra e assumir o protagonismo que nos coube como docentes.

Nesse sentido, a mediação da leitura é mais do que a mera vocalização do texto parágrafo a parágrafo com os estudantes ou realizada por um dos sujeitos e acompanhada silenciosamente pelos demais. Ainda que ela se reduzisse a esse procedimento, o que importam são as condições sob as quais o docente apresenta essa leitura para que possa ser uma ferramenta que os alunos usem para problematizar suas ideias, modificar suas representações, ampliar seu marco de referência e assim explicar os fenômenos da natureza utilizando a linguagem da ciência (ESPINOZA, CASAMAJOR e PITTON, 2009). Trata-se de gerar condições para que, ao ler, os estudantes possam se apropriar das ideias da ciência e que isto lhes permita explicar fenômenos ao mesmo tempo que aprendem a ler textos da área para seguirem o próprio caminho desvencilhando-se dos professores.

5.3 – Relações entre propriedades e modelos

As mediações pedagógicas foram planejadas para dar ênfase à relação modelo-propriedades. Esse destaque vai ao encontro do que defende Paula (2004) quanto à centralidade dos modelos no processo de tornar mais complexo o nosso conhecimento sobre o significado de princípios e teorias:

Os modelos cumprem um papel central neste processo, pois, além de um poderoso meio de comunicação, são instrumentos também poderosos de organização do pensamento e permitem derivar implicações das teorias, representando o real e produzindo simulações de fenômenos, processos e acontecimentos. São instrumentos de comunicação na medida em que transformam teorias e pensamentos em objetos que podem ser submetidos à análise e à consideração de nossos interlocutores, sejam eles alunos ou colegas de profissão. Isso é muito similar ao que eu imagino ocorrer também com os cientistas que utilizam as teorias e modelos admitidos em suas áreas, para a produção de conhecimentos

sobre fenômenos naturais ou sociais. É, também, similar àquilo que acredito que a educação em ciências deve permitir aos estudantes realizar com o conhecimento a que eles têm acesso na escola.

A opção por estabelecer essa tensão entre propriedades e modelos foi de nos afastarmos das tradicionais classificações das substâncias de acordo com os tipos de ligações formadas como um fim em si mesmas e com foco na memorização entendida como repetição e não compreensão.

Aqui, utilizamos a mediação da leitura do texto *Modelos de ligações químicas para materiais não metálicos* para analisar os indicativos do estabelecimento dessa relação. O texto tratou sobre como poderiam estar ligados os átomos nos materiais não metálicos. Fez isso comparando as propriedades desses materiais, e concluindo que os novos modelos deveriam ser diferentes daquele proposto para os metais. Em nosso planejamento, ele era o terceiro dos cinco textos selecionados para tratarmos do tema *ligações químicas*⁵³. Da mediação pedagógica relacionada à leitura desse texto, destacamos os trechos a seguir:

77. (P): Olha só, gente. Eu queria fazer um fechamento da aula anterior, e quem não “tava” aqui na sexta-feira vai ver resumidamente o que a gente tratou. Na sexta-feira, a gente “tava” vendo modelos de ligação química. [*Escrevendo no quadro*] Vou abreviar aqui por LQ para metais. O que o texto dizia? Duas coisas: que os modelos eles têm que ter... têm que estar relacionados com as propriedades. [*Ainda escrevendo no quadro*]. Então vou colocar essa dupla seta aqui. O que isso significa? Para a gente “bolar” um modelo, a gente tem que levar em consideração quais são as propriedades do material. E qual a outra coisa que a gente viu? Que o texto nos diz? Que um modelo de ligação química para os metais... eles têm a ver com a facilidade de movimento de quem? Vamos ver se alguém lembra? O que os metais têm, que são livres e se movimentam entre os átomos que estão carregados positivamente? [*Voltando-se para os estudantes*]. Sim? Pode dizer. Não? Nenhuma dica? O que os metais têm livres, que circulam entre os átomos que estão carregados positivamente?

78. (E): Matéria? Energia? Os elétrons?

79. (P): Os elétrons. Exatamente. A facilidade de movimento dos elétrons. Hoje, a gente vai ver um outro modelo. Um modelo para os materiais que não são

⁵³ Posição relativa do texto considerado na sequência desenvolvida de leituras:

Testando a condutividade elétrica de alguns materiais	As ligações entre os átomos de um metal	Modelos de ligação química para materiais não metálicos	Os átomos ligam-se uns aos outros	Comparando forças de ligação e propriedades dos materiais
---	---	---	-----------------------------------	---

metálicos. Então, a gente vai começar com esse formulário aqui [*Referindo-se ao formulário no qual eram propostas questões relacionadas à leitura do texto. Vide anexo IV*]. (...) Vamos ler juntos aqui. [*Inicia a leitura do enunciado da questão*]. “As propriedades dos metais, incluindo a condutividade elétrica, estão relacionadas à facilidade de movimento dos elétrons livres que os metais apresentam”. Então é isso que a gente falou agora. [*Continua a leitura do enunciado da questão*] “Como devem estar os elétrons nos materiais que não conduzem bem a corrente elétrica e apresentam propriedades diferentes das dos metais?” Ora, nos metais, os elétrons estão livres. Como é que estarão os elétrons nesses materiais que não conduzem corrente elétrica?

80. (E): Estão presos, ué!
81. (P): Bom, então, coloca aí o que vocês acham, antes de começar a leitura. [*A questão estava classificada como uma de pré-leitura*]. “Tá” bom?
82. (E): Fala aí de novo, professor. Não entendi não.
83. (P): Nos metais, os elétrons estão... livres. Nos materiais que não conduzem corrente elétrica, como é que esses elétrons devem estar?
84. (E): Dificil movimento?
85. (P): É isso. Um falou “preso”, outro “com difícil movimento”. Eu quero que vocês coloquem aí o que vocês acham.

Neste trecho da aula, evidencia-se a ênfase que demos à relação modelo/propriedades. Essa relação, que já vinha sendo tratada desde o estudo do primeiro texto, foi retomada. A partir das referências utilizadas para tratar das ligações químicas, os modelos funcionam como uma espécie de “kit de ferramentas”. Se um não dá conta de tudo, cria-se outro. O existente não desaparece – é negado/superado ou desdito – e outro é inventado. Uma característica dos modelos é a de mesmo sendo superados, como nos casos dos modelos atômicos de Dalton e Rutherford, eles continuam funcionando dentro de determinados domínios. Por exemplo, podemos usar o modelo de Dalton para ensinar estequiometria de reação, embora ele não dê conta de explicar o mecanismo mesmo da reação. Os modelos são construídos e reformulados sempre como respostas a novas/outras perguntas. “Servem” para uma coisa, mas não para outras. A partir das interações que ocorreram, podemos observar o esforço na negociação de sentidos na direção dessa questão central.

Vemos que essa negociação começou até mesmo antes de irmos propriamente ao texto selecionado para a aula considerada. Por meio de uma questão proposta aos

estudantes⁵⁴ e que sucedia a retomada dos assuntos que havíamos tratado até então, eles foram reintroduzidos na discussão sobre a correspondência entre propriedades e modelos diferentes. Levantamento de conhecimentos prévios, predição e instalação de propósitos para a leitura compuseram esse conjunto acionado através da chamada *questão de pré-leitura*.

Para essa questão cujo núcleo era “*Como devem estar os elétrons nos materiais que não conduzem bem a corrente elétrica e apresentam propriedades diferentes das dos metais?*”, as respostas mais comuns dadas pelos estudantes foram: “*Com difícil movimento*” e “*Presos*”, tomando como referência a relação propriedades/modelo proposta para os *materiais metálicos*, anteriormente estudada.

Isso nos indicia, indiretamente, o início do processo de compreensão também para o modelo proposto para as ligações metálicas. Além disso, entendemos que a estratégia da pré-leitura cria uma tensão no estudante, que espera que sua resposta seja confirmada ou não, e, por isso, provoca suas contrapalavras, que são importantes para o processo de ensino e aprendizagem e para a compreensão. Se é verdade que as enunciações mais completas nos permitem aproximar melhor do modo como podem estar se dando os processos de compreensão dos estudantes, entendemos também que, de maneira geral, mesmo nas respostas menos completas, as ideias ali consolidadas criaram uma base para a leitura do próximo texto, foco de nosso interesse naquele momento. De forma geral, portanto, nos enunciados dos estudantes já eram apresentadas hipóteses explicativas sobre como deve ser o modelo para um material que apresenta propriedades diferentes das dos metais.

A leitura propriamente do texto foi então iniciada:

86. **(P)**: O título primeiro, “tá” gente? Olha o que o texto vai tratar.
87. **(E)**: [*Lê o título do texto*]. “Modelos de ligações químicas para materiais não metálicos”. [*Lê o 1º parágrafo do texto*]. “Os materiais cerâmicos e os plásticos mais comuns são, em geral, isolantes térmicos e elétricos. Ao contrário dos metais, as cerâmicas não possuem brilho, quebram-se facilmente e, quando colocadas no fogo, demoram a esquentar e, depois, a esfriar. Os plásticos são

⁵⁴ Questão respondida pelos estudantes antes da leitura do texto *Modelos de ligações químicas para materiais não metálicos*.

pouco reativos, isto é, duram muitos anos e pegam fogo com facilidade, ou seja, são inflamáveis”.

88. (P): Então, gente. Os materiais são diferentes. Os metais apresentam certas características; os plásticos apresentam outros; as cerâmicas outras. Então, para explicar esse comportamento, o que nós temos que fazer? O texto vai nos dar umas dicas aí.
89. (E): [Lê o 2º parágrafo do texto]. “Nos materiais que não conduzem bem a corrente elétrica, os elétrons ficam “presos” e não podem movimentar-se em conjunto, do modo como ocorre com a “nuvem de elétrons” que constitui a ligação metálica. Isso nos leva a pensar que as ligações químicas devem ser diferentes daquelas que utilizamos para explicar as propriedades dos metais”.
90. (P): “Tá” claro isso, gente? As ligações químicas nesses materiais devem ser diferentes das ligações químicas nos metais.
91. (E): [Lê o 3º parágrafo do texto]. “Para decidir sobre o tipo de ligação que uma substância não metálica apresenta podemos pensar em termos de transferência de elétrons de um átomo para outro ou de compartilhamento de elétrons de átomos vizinhos. Vejamos a seguinte situação: os elétrons de um átomo se transferem integralmente para outro. O átomo que perde seus elétrons forma um cátion, ou seja, um átomo deficitário de elétrons, já que o número de prótons existente no núcleo não varia. Por outro lado, o átomo que recebe tais elétrons forma um ânion, ou seja, um átomo com excesso de cargas negativas. A ligação que ocorre entre íons – átomos carregados -, recebe o nome de ligação iônica”.
92. (P): Então, nos metais, o modelo que está proposto para os metais é que eu tenho elétrons livres circulando entre os átomos. Aqui, aparece uma nova proposta de modelo para outros materiais. É uma ligação que ocorre entre dois íons. E recebe o nome de ligação iônica. No 4º parágrafo, que ele vai ler, mais uma proposta diferente.
93. (E): [Lê o 4º parágrafo do texto]. “Já no caso do compartilhamento de elétrons, os átomos estão ligados por covalência. Não apresentam íons, nem elétrons livres”.
94. (P): Covalência seria o que? Os dois átomos estariam ali disputando o mesmo elétron. Isso é um modo... “né”?... Cientificamente, não “tá” correto. É só para a gente ter uma analogia.
95. (E): [Lê o 5º parágrafo do texto]. “As propriedades específicas das substâncias nos ajudam a decidir quanto ao melhor modelo de ligação que permite explicá-las. O desafio então é criar modelos de estruturas capazes de explicar um conjunto de propriedades para os diferentes grupos de materiais, tais como cerâmicas, metais, cristais variados etc.”.
96. (P): Esse último parágrafo retoma esse... essa primeira coisa que eu escrevi aqui, olha. [Voltando-se para o que estava escrito no quadro] Para criar modelo, temos que verificar as propriedades dos materiais.

Vemos desses trechos que a leitura do texto pelo estudante é entremeada por intervenções no sentido de dar relevo à ideia de que são necessários modelos diferentes de ligações químicas para explicar propriedades diferentes apresentadas pelos materiais. Continuando as interações:

97. **(P)**: Entendeu não? Nós criamos... Nós criamos, não. Nós estudamos o modelo para ligações metálicas. Eles servem para os metais. Por que esse modelo não serve para materiais que não são metálicos?
98. **(E)**: Porque eles têm difícil movimento.
99. **(P)**: Têm difícil movimento?
100. **(E)**: É.
101. **(P)**: O “que que” os outros materiais apresentam diferente dos metais?
102. **(E)**: É que os plásticos são pouco...
103. **(P)**: Pouco reativos?
104. **(E)**: É, reativos.
105. **(P)**: Então essa é uma característica o quê? Diferente ou igual a dos metais?
106. **(E)**: Diferente.
107. **(P)**: “Tá”, gente? Nós precisamos criar modelos diferentes... por quê?
108. **(E)**: Os plásticos são pouco reativos.
109. **(P)**: Não só os plásticos. Porque os outros materiais apresentam características... o quê?
110. **(E)**: Poucos reativos.
111. **(P)**: Propriedades iguais ou diferentes?
112. **(E)**: Diferentes. Iguais.
113. **(P)**: Não. Vamos de novo. Olha, só. Eu propus um modelo para a ligação metálica. Só serve para os metais. Para os outros materiais não serve... Não serve porque os outros materiais apresentam propriedades iguais ou diferentes dos metais?
114. **(E)**: Diferentes.
115. **(P)**: Então, é isso.

Entendemos que as interações fornecem indícios de que a relação propriedade/modelo estava sendo construída e compreendida como compromisso epistemológico entre modelo e realidade. Nesse sentido, os estudantes foram se apropriando da palavra alheia e iniciaram o processo de aproximação com o projeto de dizer dos autores da coleção didática e do professor-pesquisador.

Como vimos, os modelos de ligação química são ao mesmo tempo uma ideia poderosa e complexa, e, por isso, demandam enorme esforço de compreensão. Ainda assim, ou justamente por isso, entendemos que o estudo dos modelos de ligações químicas justifica-se pela implicação que tem no entendimento das propriedades e dos comportamentos dos materiais, o que fundamenta sua antecipação nos anos finais do Ensino Fundamental. No entanto, como já expusemos, há a necessidade de avançarmos na proposição de abordagens diferentes das comumente utilizadas, e que sejam capazes de favorecer a compreensão sobre os modelos de ligações por parte dos estudantes, além de contribuir para a compreensão mais ampla dos modelos químicos e das teorias. Daí a nossa aposta no ensino sobre modelos de ligações químicas, não como é tradicionalmente feito no Ensino Fundamental, mas como uma oportunidade de ensinar outros conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais no que se refere ao modo como a ciência produz conhecimento, como os modelos são criados e validados, as relações entre modelo e realidade, entre outros.

Assim, nos trechos transcritos da aula, evidencia-se o esforço de favorecer especialmente a compreensão sobre essas relações entre modelo e realidade. Esforço que constituiu-se como continuação ao longo das aulas, das interações e das atividades propostas aos estudantes. Entendemos ter ido ao encontro dos nossos objetivos de ensino-aprendizagem. O foco esteve nas relações entre propriedades e modelos, e não estivemos interessados propriamente nos modelos de ligação química em si mesmos. Essa abordagem foi deliberadamente adotada e esteve em consonância com o projeto de dizer dos autores da coleção.

Não adentramos nas complexidades que envolvem o tema. Ao mesmo tempo, porém, questões relevantes associadas aos modelos de ligação química não deixaram de ser tratadas pelo conjunto de textos e mediações utilizadas: estabilidade das ligações pelo

abaixamento de energia do sistema; vinculação entre modelos de estruturas e propriedades dos materiais; importância das interações intermoleculares na determinação das propriedades físicas de determinados materiais; dentre outras.

5.4. – Leitura de textos didáticos de ciências

Como vimos de nossos referenciais, o texto didático de ciências apresenta características distintivas que ensejam determinadas demandas para sua leitura e, por consequência, para a mediação docente dessa leitura em sala de aula. Esta pode configurar-se como um complexo processo de produção de sentidos, de oferta de contrapalavras pelos estudantes e professores, contribuindo assim para a compreensão dos conteúdos escolarizados tratados.

Pensando assim, é que voltamos a análise agora para as nossas ações que buscaram auxiliar os estudantes em seus exercícios de avaliar as leituras que fizeram em sala de aula. Dois pressupostos principais guiaram essas ações. Com base no que nos disse Geraldi (2010), o primeiro pressuposto é o do professor deixar de lado a sua função de leitor-corretor para assumir o papel de mediador do processo de aprendizagem e, assim, de coenunciador dos textos dos seus alunos. Indo ao encontro a esse pressuposto, um segundo seria o do professor compartilhar com os estudantes a responsabilidade pela leitura, ajudando-os a monitorar sua própria compreensão, oferecendo-lhes oportunidades de construir estratégias de autocontrole da leitura (ESPINOZA, 2010).

Para tanto, selecionamos para análise parte dos dados construídos durante a mediação da leitura do texto *Os átomos ligam-se uns aos outros*⁵⁵. Em nosso planejamento, o referido texto era o quarto de cinco outros selecionados. O texto discute porque os átomos se ligam e como isso ocorre. Os autores concluem que isso ocorre pois os materiais tendem ao estado mais estável, de menor energia. Explica a ligação química

⁵⁵ Posição relativa do texto considerado na sequência desenvolvida de leituras:

Testando a condutividade elétrica de alguns materiais	As ligações entre os átomos de um metal	Modelos de ligação química para materiais não metálicos	Os átomos ligam-se uns aos outros	Comparando forças de ligação e propriedades dos materiais
---	---	---	-----------------------------------	---

pela interação entre os elétrons das camadas mais externas e os núcleos dos respectivos átomos.

A parte inicial da aula serviu, como de costume, à retomada com os estudantes do que havíamos discutido até então. A intenção era avançar sempre mais no sentido de dar certo acabamento às questões tratadas pelos textos e os variados sentidos que vieram sendo atribuídos/negociados a cada aula, significando, portanto, que acabamento aqui não significa fechamento de sentidos, mas inscrição das mesmas em marcos conceituais mais amplos pela recursividade. Tal acabamento era dado problematizando os diversos sentidos e destacando aqueles que mais se aproximavam dos projetos de dizer dos autores dos textos de referência e do professor-pesquisador, sentidos estes cientificamente aceitos na atualidade, além de indicar a demanda de outras leituras, outros textos. Ao final das aulas era solicitada a produção de um texto pelos estudantes. A intenção era a de que eles sintetizassem o que havia sido lido, considerando os seguintes aspectos: *a) Que questão o texto lido se propunha a discutir? b) Que resposta o texto lido fornecia a essa questão?*

O trecho inicial dessa retomada com os estudantes nessa aula foi o seguinte:

116. (P): Olha só, gente. Na última aula, eu “tava” perguntando para vocês... Uma das perguntas lá que vocês responderam... Por que os modelos que a gente usa para os materiais que não são metálicos têm que ser diferentes dos modelos que a gente usa para os metais? Aí, aí, eu peguei algumas respostas que vocês me deram. Olha só: “Porque possuem propriedades diferentes” [*escrevendo no quadro*], “Porque são diferentes dos metais”, “Porque possuem difícil movimento”, e “Má condução de eletricidade”. Mas vocês estão me falando aqui que eles são diferentes. Mas em que eles são diferentes? Então, eu queria retomar no início desta aula só um resumo para a gente fechar esse assunto.

Vejamos que, antes de irmos propriamente ao texto que seria objeto de leitura naquela aula, foram retomados os sentidos produzidos pelos estudantes nas leituras dos outros textos que o antecederam. Essa retomada é marcada no primeiro turno de fala pela rememoração de que *na última aula, eu “tava” perguntando para vocês... Uma das perguntas lá que vocês responderam...* Isso também fica especialmente marcado nos outros 63 turnos que se seguiram a este (mas que aqui não são apresentados), nos quais é

possível identificar a utilização de elementos de negociação de sentidos (FREIBERG, 2015) nas interações ocorridas durante as mediações da leitura. Dentre esses elementos, encontramos os usos de sinônimos, de analogias, de imagens e desenhos, de referências às aulas passadas, de gestos, de metáfora, de reformulação da mesma pergunta, da apresentação de situações adversativas, da colocação de hipótese em teste, da legitimação de uma colocação, etc. (vide quadro 4). Essa negociação de sentidos é importante para o processo de compreensão dos conteúdos tratados.

Quadro 4 – Exemplos de elementos de negociação de sentidos utilizados pelo professor

Elementos de negociação de sentidos	Trechos de interações características
Referenciação às aulas passadas	(P): Modelo! Qual é o modelo que a gente previu para a ligação metálica? “Vamo” ver se a gente consegue recordar. Os elétrons estão livres ou estão presos?
Legitimação de colocações.	(P): Quem pode me dar um exemplo de um metálico? (E): Ferro. (P): Ferro.
Colocação de hipótese em teste	(P): Então, os metais possuem brilho [escrevendo no quadro]. (E): Nem todos, não... (P): “Me fala” um que não fica com brilho. Um que você lembra.
Uso de exemplos do cotidiano	(P): Quando você poli uma panela, “né”?, ele... ela fica com brilho, “né”?
Uso de sinônimos	(P): A moeda é feita de...? (E): Metal. (P): É uma liga, “né”? Um conjunto de dois metais.
Reformulação de pergunta	(P): [Quem pode me dar um exemplo de um material] não metálico? (E): Borracha, plástico, chinelo (P): É... Não metálicos. “Tá” tudo certo. Mas eu queria que vocês lembrassem lá do texto. O que temos de exemplo de não metálicos lá do texto? (E): Sal... (P): Sal... [escrevendo no quadro]

Elementos de negociação de sentidos	Trechos de interações características
	<p>(E): Açúcar, PVC.</p> <p>(P): PVC... Plástico, “né”?</p>
Apresentação de situação adversativa	<p>(P): “Me fala” um que não fica com brilho. Um que você lembra.</p> <p>(E): Enferrujado, por exemplo.</p> <p>(P): Há, sim! Mas aí esse metal já sofreu uma reação química. Ele já se transformou em outra substância.</p>

A construção da mediação da leitura passou essencialmente pelo esforço de compreender o “para que” daquele texto em vez de “o que faríamos para explicá-lo e dele extrair seu sentido” (GERALDI, 2010). Aqui localizamos uma postura epistêmica fundamental do professor mediador da leitura de qualquer texto didático. O para quê, nesse conjunto de textos utilizados, remete ao compromisso entre modelo e realidade ou modelos de propriedades dos materiais em termos de comportamentos e usos, como vimos. Essa ideia pode ser sintetizada na ideia de que propriedades diferentes demandam a proposição de modelos também diferentes.

Só 64 turnos depois de iniciada a aula é que finalmente são explicitados aos estudantes os propósitos da leitura do texto selecionado para aquela aula em questão. Se todo o preâmbulo anterior foi necessário, não menos importante seria aquele momento da aula.

Nosso desafio consistia em estabelecer conexões entre os diferentes textos sobre ligações químicas, com cada texto instalando os propósitos de leitura para os textos seguintes, numa ação encadeada, não fragmentada, nem descontextualizada da totalidade do que se intencionava desenvolver.

Narrativa aqui está sendo usada como um modo de encadeamento de uma história em que um enredo vai sendo construído por recorrência e complementaridade dos elementos textuais apresentados, marcada ainda por alguns desfechos que se abrem imediatamente para outra história. Em outras palavras, uma história de apresentação de modelos diferentes e de compromissos internos com cada um, principalmente no que se

refere a uma das propriedades que é a condutividade elétrica. A continuidade da história precisava então ser retomada a cada aula ou momento dela, bem como os estudantes serem lembrados do que se pretendia ou para onde estávamos caminhando.

O planejamento previa, em seguida à citada retomada, que os estudantes fizessem uma leitura individual e silenciosa do texto para, depois, elaborarem questões conforme as orientações fornecidas em uma das ferramentas mediacionais utilizadas do inventário de atividades de leitura (vide anexo IV). Exemplo disso podemos ver a seguir:

117. (P): O que é que vamos fazer agora? Vamos voltar em um texto. Eu quero que vocês abram, por favor, na página 96 do livro. O que é que a gente viu até agora? A gente viu que os átomos... eh... dos metais se ligam de uma certa maneira. Os átomos dos não metais se ligam de outra maneira. Mas, faltou dizer o que é ligação química entre átomos. Os átomos se unem. Por que eles se unem? Por que será que eles se unem?

118. (E): Igual une uma pessoa quando casa.

119. (P): Nós vamos fazer uma atividade em relação a esse texto, e eu queria que vocês... [*Distribuindo aos alunos as folhas com a atividade a ser feita*]. Vamos tentar então seguir essas instruções aqui, ó. Vocês vão ler de forma silenciosa o texto e vocês têm 10 minutos para ler, “tá” ok? [Esta era a fase 1 da atividade].

120. (E): Ler o texto?

121. (P): Ler o texto. A [fase] 2 eu vou explicar depois que vocês lerem, ok? [Referindo-se à atividade de elaborar as questões].

Neste ponto, os estudantes passaram a ler o texto silenciosamente como combinado para, em seguida, elaborar as questões conforme as orientações reproduzidas no quadro abaixo:

Quadro 5 – Critérios para elaboração de questões sobre o texto *Os átomos ligam-se uns aos outros*

Tipo de questão	Critérios para elaboração da questão	Questões elaboradas
A	A resposta à questão pode ser encontrada no texto.	
B	A resposta à questão não está no texto, mas você entende que a questão formulada está claramente ligada ao conteúdo do texto.	
C	A resposta à questão formulada ajudaria a compreender aspectos do texto que vocês não compreenderam.	

Avançamos então à fase 2. A partir desse momento, teve início toda uma cadeia de ações do professor na mediação pedagógica da leitura compartilhada com eles. No caso do texto aqui analisado, utilizamos a estratégia de formulação pelos estudantes de perguntas sobre o texto após a sua leitura (PAULA e LIMA, 2010). Solé (1998) defende a importância de se ensinar aos estudantes a formular e a responder perguntas sobre um texto, pois essa seria uma estratégia essencial para uma leitura interativa. Acredita-se que o leitor que é capaz de formular perguntas pertinentes sobre o texto está mais capacitado para regular o próprio processo de leitura e, portanto, mais produtiva.

122. **(P)**: Nesse quadro aqui, vocês vão ter que elaborar uma questão “que” a resposta “tá” aí no texto. [*Referindo-se à questão do tipo A*]. Então, é como se você tivesse fazendo uma pergunta para o seu colega sobre o texto, e a resposta ele vai achar aí no texto. “Tá” ok? Então é a questão tipo A. Você vai fazer a pergunta então nessa terceira coluna. Uma questão tipo B é o seguinte: você vai fazer uma pergunta que tem a ver com o texto, “né”?, aqui ó. A resposta à questão não está no texto, mas você entende que a questão está ligada ao que o texto está tratando. Por exemplo: ah!, eu vou fazer uma pergunta que eu sei que tem a ver com o tema aí do texto, mas a pessoa não vai achar a resposta no texto. [*Estudantes demonstram que não entenderam as regras para elaboração das questões*]. Não? Ó, a primeira questão... a primeira pergunta que você vai fazer para o seu colega é uma pergunta que a resposta ele vai achar no texto. A segunda pergunta ele não vai achar a resposta no texto. Mas a sua pergunta tem a ver com o que o texto está tratando. E tem um último... o último tipo de questão é uma questão que você acha que a resposta ia te ajudar a entender uma coisa que você não entendeu sobre o texto [*Referindo-se à questão do tipo C*]. “Tá” ok?

123. **(E)**: É só para copiar então a pergunta dentro desse quadro?

124. **(P)**: Isso. A pergunta que você bolou você coloca aí dentro do quadro.

125. **(E)**: “Me explica” a [*questão*] C de novo.

126. **(P)**: A [*questão*] C? A [*questão*] C é o seguinte: você vai “bolar” uma pergunta “que” a resposta a essa pergunta te ajudaria a entender uma coisa melhor aqui do texto. Vamos fazer. Faz a questão A, faz a questão B. Se precisar, me chama, que aí eu tento esclarecer um pouco melhor essa estratégia aí.

Vejamos que os estudantes estavam sendo introduzidos em um ritual no qual se buscava a compreensão da leitura por meio da estratégia de formulação de questões sobre o texto. Essa atividade proposta aos estudantes constituía-se como uma novidade para eles, como depreendemos desses turnos apresentados.

127. **(E)**: Eu só entendi a letra A.

128. **(P)**: Só a [*questão*] A? A [*questão*] B é o seguinte. Vamos para a B. Você vai “bolar” uma pergunta que tem a ver com o que o texto está tratando, mas o seu

colega não vai conseguir achar essa resposta no texto. Por exemplo, o texto está tratando de que?

129. (E): De átomos.

130. (P): De átomos? Ou de ligação entre os átomos?

131. (E): É, ligação entre os átomos.

132. (P): Então, você pode fazer uma questão sobre ligação entre os átomos, mas que ele não vai achar aí no texto... a resposta. ... Imagina um texto que está tratando sobre veículos, sobre carros. Está tratando lá sobre carros fabricados no Brasil. Então, você pode fazer uma pergunta sobre carros que são fabricados em outro país. O texto trata sobre carro, mas a resposta não vai “tá” lá. Não se preocupem. Se vocês não conseguirem fazer, passa para a outra questão, “tá”?

133. [...]

134. (E): A letra B eu não entendi não.

135. (P): Não? “Tá” bom, ok. Você vai fazer uma pergunta que tem a ver com o tema. Qual o tema do texto? Que você já identificou?

136. (E): Os átomos ligam-se uns aos outros.

137. (P): Isso, “tá” falando da ligação entre átomos. É... então você tem que fazer uma questão que tem a ver com ligação entre átomos. Deixa eu ver aqui: os átomos unidos encontram.... [*lendo a questão formulada*]. Isso. Aqui, o “cara” vai achar a resposta, não é? Se você passar para o [*diz o nome do colega do aluno*], ele vai achar a resposta ali. Agora, você tem que fazer uma para ele que ele não vá achar a resposta no texto.

138. (E): Ah, tá! Como se fosse assim: ele saber o que eu “tô” perguntando, mas não tem no texto.

139. (P): Exatamente.

140. (E): Ah, sim!

141. (E): Anh, faz o favor aqui.

142. (P): Deixa eu só responder ela rapidinho. A [*questão*] C. A [*questão*] C é mais complicada. Você não entendeu alguma coisa do texto, por exemplo. Então, você vai fazer uma pergunta sobre o que você não entendeu. Por exemplo, me diga alguma coisa que você não entendeu. Er... Vamos imaginar sobre aquele texto sobre o carro. Ah, eu não entendi o que ele falou sobre combustível. Aí sua pergunta seria: o que tem a ver o combustível com o desempenho do carro, por exemplo? “Tá”? Sobre alguma coisa do texto que você não entendeu. Esclareceu?

143. [...]

144. (E): Professor, a resposta pode estar no texto...

145. (P): Só para a questão A. Questão A. Para a questão B, a resposta não vai estar aí. Ok, gente. Nós vamos ter que...
146. (E): Calma!
147. (E): A [questão] “C”! A [questão] “C”!
148. (P): Oi?..
149. (E): A [questão] “C”!
150. (P): A [questão tipo] C: alguma coisa que você não entendeu sobre o texto. Você vai fazer uma pergunta, por exemplo, para o professor... sobre o texto. “Tá” ok, gente? [Falando à turma] Na letra C, é como se vocês estivessem fazendo uma pergunta para o professor sobre alguma coisa que vocês não entenderam no texto.

Os turnos descritos mostram que a atividade de “formular perguntas” exigiu tanto a retomada constante pelos estudantes do texto lido, quanto a mediação docente intensiva para o entendimento da atividade e para a produção dos sentidos a partir da leitura daquele texto⁵⁶. Durante todo o tempo, o esforço consistia em ir ao texto com os estudantes procurando por pistas, marcas ou indícios de relacionamento com as ideias centrais dos textos (GINZBURG, 1989). Essas ideias centrais foram, então, socializadas ao final com toda a turma a partir dos sentidos explicitados pelos estudantes.

Para Silva (1998), a dinâmica das aulas nas diferentes disciplinas está assentada sobre a linguagem verbal escrita, ou seja, os trabalhos caminham através de textos escritos: ou aqueles colocados no quadro/lousa para efeito de cópia ou aqueles colocados nos diversos suportes de escrita, dentre eles os livros didáticos. Esse seria, então, o padrão preponderante de circulação/promoção do saber. Paradoxalmente, nos diz Geraldi (2002) que na escola não se leem textos. Fazem-se exercícios de interpretação e análise de textos. Para o autor, isso não mais é do que simular leituras e, por consequência, o ato de ler se torna um martírio para o aluno.

Por isso, dado esse contexto e as características dos textos didáticos de ciências, entendemos que as ações e relações em sala de aula referentes à leitura precisam ser

⁵⁶ Há de se considerar se as dificuldades apresentadas pelos estudantes, principalmente em relação à elaboração das questões do tipo “C”, pudessem estar relacionadas ao entendimento da moral envolvida naquele conjunto de textos sobre ligações químicas. Embora clara para o professor, essa moral ainda estava em construção para os estudantes.

repensadas. O processo de ensino e aprendizagem de leitura se faz fundamentalmente na interação entre sujeitos. É dialógico por natureza e demanda mediações docentes intencionalmente planejadas: antes, durante e depois da leitura. Como nos disse Machado (2007), o objeto real de ensino e aprendizagem devem ser as operações de linguagem necessárias para as ações de linguagem, operações essas que, dominadas, constituiriam as capacidades de linguagem:

consideramos que esses construtos sócio-históricos-culturais devem ser dominados pelas crianças e jovens em formação, para que possam atuar como verdadeiros agentes em nossa sociedade, usando e transformando as ferramentas materiais e semióticas disponíveis (MACHADO, 2007, p. 258).

Entendemos que as nossas ações docentes contribuíram para que os estudantes realizassem esse domínio. Ao assumirem o risco de ler construindo suas próprias interpretações, eles têm a oportunidade de aprender a ler textos e conteúdos da área de forma mais autônoma:

Ler é assumir riscos e controlá-los; aprender a ler é – em grande medida – aprender a revisar, a monitorar os significados que se vão construindo em interação com o texto a partir dos indícios que o mesmo aporta. Em outros termos, aprender a ler é também aprender a controlar as próprias interpretações. (ESPINOZA, CASAMAJOR e PITTON, 2009, p. 131)

A escola precisa ensinar a ler o texto, em um processo de construção de autonomia do leitor: aprender a aprender e aprender a perguntar. Ao aprender modos de ler pode continuar a aprender os conteúdos dos textos e passar de uma situação de consumidor passivo de textos à de um usuário crítico, produtor ativo de compreensões.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chamo sentidos às respostas a perguntas. Aquilo que não responde a nenhuma pergunta não tem sentido para nós (BAKHTIN, 2011).

Que sentidos foram elaborados ao longo e a partir da experiência que nos aconteceu? Como nos diz Geraldi (2012), o não desperdício da experiência – que é sempre singular – somente pode acontecer se dela soubermos extrair lições para o futuro, ao mesmo tempo que ressignificamos o passado narrado. Buscamos aqui com este trabalho extrair lições para, a partir delas, contribuir para a enunciação de novas questões de pesquisa para o campo da educação em ciências.

Buscamos compreender o texto constituído por essa experiência. Para isso, devemos cotejá-lo com outros textos, aqueles que formaram o quadro teórico-metodológico e que nos orientaram nessa caminhada. Partimos de um horizonte no qual os sujeitos se constituem à medida que interagem com os outros por meio da linguagem, numa prática sócio-cultural-histórica. Nesse sentido, não há sujeitos prontos que entram em interação, mas sujeitos que se completam e se constituem nas suas falas e nas falas dos outros. Nesse contexto, a leitura é parte indissociável do processo de constituição de subjetividades, cabendo ao docente desempenhar o papel ativo de mediador, e não de mero espectador (GERALDI, 1996). Noutro giro, consideramos a leitura de textos didáticos de ciências como um dos recursos para se ensinar-aprender ciências e sobre ciências. O *para quê ler*, na nossa experiência, remeteu ao estabelecimento do compromisso entre modelo e realidade, ou de modelos de propriedades dos materiais em termos de comportamentos e usos. Compromisso com a ideia de que propriedades diferentes demandam a proposição de modelos também diferentes.

Tendo em vista sempre esse quadro, voltamos às nossas unidades de análises para delas extrair as nossas lições para o futuro.

Propósitos de leitura

Já sabíamos de nossos referenciais que não existe uma maneira ideal para criar um propósito para a leitura em sala de aula. Espinoza (2010), por exemplo, diz que não é possível prever qual deveria ser a intervenção do professor em cada situação de leitura,

pois há muitas variáveis envolvidas a considerar: o conteúdo específico, as características do texto, a história escolar dos alunos, as preferências do professor. Se isso é verdade, também é verdade que, conhecidas essas variáveis, é ao professor que cabe a responsabilidade pela definição da maneira que julga melhor para instalar esses propósitos. Não há receita pronta a ser seguida. Mas também não é lugar de improvisos.

Em nosso caso, como vimos, utilizamos um dos textos propostos pelos autores da coleção didática de referência para ser o instalador dos propósitos de toda uma série de leituras: o texto constituído e constituinte de um experimento. Entendemos que essa escolha atendeu bem aos nossos objetivos, propiciando além disso uma rica discussão em sala de aula. Há de ressaltarmos, porém, que essa escolha também demandou-nos esforço e tempo consideráveis, seja no planejamento da aula, na construção do dispositivo de testes, na reunião dos materiais a serem testados (especialmente no caso da água destilada), nos testes preliminares antes da aula, na condução dos trabalhos em sala, etc. Estamos preparados para isso? Mais adiante retomaremos essa questão.

Ainda quanto à escolha da realização de um experimento como instalador de propósitos de leitura, há de refletirmos que o papel dos experimentos no processo de ensino e aprendizagem de ciências poderia ter sido melhor aprofundado neste trabalho. No sentido que fizemos, por exemplo, no caso dos modelos e, mais especificamente, no caso dos modelos de ligações químicas. Estudos poderiam ser realizados, retomando-se essa questão para analisar vantagens e limites da utilização desse recurso como instalador de propósitos de leituras no processo de ensino e aprendizagem de ciências, bem como da importância que representa como recurso multimodal que é.

Por fim, sobre os propósitos para as leituras, há ainda que enfatizarmos que não basta apenas tê-los. A mediação docente se faz fundamental para que os estudantes aportem ao texto a partir desses propósitos instalados.

Contrapalavras dos estudantes

A partir dessa dimensão queremos aqui buscar os sentidos para o que vimos denominando por *boas aulas*. Vejamos que, em nosso contexto, esse diálogo com as

contrapalavras dos estudantes não se faria possível e/ou de forma produtiva caso nos baseássemos apenas no improviso. Não, neste trabalho, as condições que o propiciaram faziam parte desse planejamento de boas aulas.

A nossa única determinação era a construção e desenvolvimento de boas aulas. Mas o que isso significava? Dialogar com os estudantes durante as leituras realizadas em sala de aula? Ao invés de explicar, exercitar um tenso esforço dialógico para propiciar a compreensão pelos estudantes e assim favorecer uma leitura produtiva? Entendemos que sim. Essas e outras características nos sinalizam o que seriam essas boas aulas.

No entanto, mais do que nos voltarmos para as características intrínsecas das boas aulas e das leituras produtivas, os sentidos que nos interessam são os que surgem a partir do olhar voltado para a responsabilidade de nossos atos nessa experiência. O foco sempre foi a boa aula. O que aconteceu em termos de pesquisa foi consequência dessa premissa. Assim, o que buscamos foi agir nesse contexto vivendo o momento singular, arriscando, ousando, comprometendo-nos, assumindo responsabilmente o nosso ponto de vista e o nosso viver (GEGe, 2009). Buscamos nesse trabalho sermos responsáveis e responsáveis. Ao mesmo tempo em que buscamos ser responsáveis pelo que fizemos e dissemos, também fizemos e dissemos em resposta aos pressupostos de que a pesquisa não poderia suplantiar a aprendizagem.

Por outro lado, não podemos deixar de registrar que a boa aula exige um grande esforço docente e tempo. E nesse sentido temos que pensar na diferença entre ensinar e pesquisar. Quando ensinamos, não temos o mesmo tempo que temos quando para pesquisar. Como conciliar essa questão? Estamos fadados a termos boas aulas apenas no contexto de realização de pesquisas? Outros estudos poderiam se debruçar sobre a questão.

Ainda sobre as boas aulas, é necessário compartilhar aqui que muitas coisas feitas em nosso trabalho ficaram ainda sem as devidas análises. Tínhamos todo um referencial teórico-metodológico que nos levou à prática, um movimento relativamente mais rápido. O mais demorado, por outro lado, foi o da teorização sobre a prática.

Por fim, há de se registrar que em alguns momentos as aulas não foram tão boas como planejamos e queríamos. Nesses momentos, não fizemos junto com os estudantes as atividades relacionadas à escrita (textos-síntese, por exemplo). Diferentemente do que ocorreu no caso das leituras, nas escritas os estudantes recebiam as orientações para a produção dos textos, mas essa ocorria sem uma ação efetiva do professor, seja na própria produção que não foi orientada a partir de um gênero do discurso, seja no retorno dado aos estudantes sobre essa produção. Outros momentos representativos desse sentimento foram aqueles nos quais ocorria por nossa parte uma profusão de conceitos como, por exemplo, condutividade elétrica, condução de eletricidade, condução de carga, etc. Sabemos que esses conceitos necessitariam ser mais bem delimitados nas interações com aqueles estudantes. Nesse mesmo sentido, houve aqueles momentos em que ratificamos como corretas respostas incorretas dos estudantes (como no caso dos turnos 72 a 75 como vimos, por exemplo). Dentre outros momentos.

Relações entre propriedades e modelos

Vimos neste trabalho buscando caracterizar a nossa abordagem do tema modelos de ligações químicas como tendo sido uma simplificação. Possivelmente, essa primeira caracterização era tributária do estudo que, como vimos, fizemos das complexidades relacionadas ao tema e da necessidade de se “adaptar” essas complexidades ao nível fundamental de ensino. Usamos o termo *simplificação*, mas em nenhum momento queríamos nos referir a um “simplificismo” do tratamento do tema junto a esses estudantes.

Agora, mais do que isso, entendemos que ao invés de uma simplificação temos, na verdade, uma sofisticação de tratamento. Ao contrário da verdadeira simplificação que normalmente encontramos nos livros didáticos de ciências que tratam o assunto de modo classificatório e dogmático, aqui estamos tratando com os estudantes propriamente da natureza do conhecimento científico dos pontos de vista metodológico, filosófico, e epistêmico em um campo discursivo próprio. Assim, ter estabelecido com os estudantes relações entre propriedades e modelos foi uma elaboração complexa e não uma simplificação.

Vejam, porém, que essa não é uma abordagem comum. Estudo recente de Milaré, Marcondes e Rezende (2014) sobre o ensino-aprendizagem de química do 9º ano do Ensino Fundamental confirma o nosso sentimento como professores e as conclusões às quais chegamos quando da análise que fizemos dos livros didáticos de ciências para essa série. Geralmente, os conteúdos tratados são muitos e são abordados de maneira estanque e completamente descontextualizada de suas origens e também de situações reais e de relevância para a sociedade. No caso analisado e especificamente em relação às ligações químicas, as autoras mostram que não são feitas relações entre o macro e o micro. Não são feitas relações entre os tipos de ligações químicas e as propriedades dos materiais. Em suma, estamos diante de um ensino memorístico e dogmático. Há ênfase na repetição e na memorização de definições.

As autoras vão descrever ainda que esses problemas relacionados aos conteúdos de química no Ensino Fundamental são também encontrados no Ensino Médio. E também no Ensino Superior, como nos diz Duarte⁵⁷. Como professor de Química Geral, ele percebe que os estudantes insistem em decorar, mas não conseguem usar os conceitos conforme se faz necessário. Foram tão bloqueados com nomes, regras e tabelas que não se sentem capazes de propor soluções. Caso os estudantes tivessem uma ideia do que seria teoria e modelo, diz ainda Duarte, a discussão e a motivação seriam facilitadas. Por fim, entende que esses estudantes também demandam o *por que* e *para que* aprender.

Entendemos que seriam bem-vindos outros estudos que investigassem como os problemas de abordagem dos conteúdos de ciências no Ensino Fundamental reverberam em outros níveis de ensino.

Leitura de textos didáticos de ciências

Vimos que tivemos um duplo propósito com a nossa mediação de leitura dos textos didáticos de ciências. Baseando-nos no que dizem Espinoza, Casamajor e Pitton (2009), tratou-se de gerar as condições para que, ao ler, os estudantes pudessem se apropriar das ideias da ciência e sobre a ciência, o que lhes permitiria compreender

⁵⁷ Prof. Hélio Anderson Duarte (DQ/UFMG).

fenômenos ao mesmo tempo em que aprenderiam ler textos da área. Vejamos que essas mesmas autoras apontam que, quando se lê para aprender, a leitura adquire características peculiares: é mais lenta, mais reflexiva, profunda. Relê-se, volta-se ao texto, interroga-se. Aprende-se a ler, lendo. E tendo o professor o papel preponderante, como vimos, de coenunciador, de coautor dos textos lidos pelos estudantes. Esse é um entendimento com o qual compartilhamos e um sentimento que emergiu também a partir do nosso trabalho.

Aprender a ler um texto didático de ciências é, portanto, uma tarefa a longo prazo, contínua, persistente e diversificada em termos de estratégias de leituras. Não tínhamos a pretensão de ensinar a ler textos didáticos de ciências em poucas aulas. A nossa contribuição foi a de buscar provocar reflexões, assinalar caminhos para aprendizagem. Concordamos com Reyes (2014) quando ela diz que o trabalho do mediador de leitura não é fácil de ser reduzido a um manual de funções. Seu ofício é ler de muitas formas possíveis: em primeiro lugar, para si mesmo; em segundo lugar, criando rituais, momentos e atmosferas propícias para facilitar os encontros entre os textos e os leitores; por fim, lendo os seus leitores, antevendo suas possíveis dificuldades com o tipo de texto e conteúdo disponibilizados para esse encontro.

No entanto, o que temos aprendido é que a escola geralmente – de novo – não tem tempo para este tipo de processo, lento e trabalhoso. Explicar é mais rápido e mais fácil. A avaliação da aprendizagem centra-se nos produtos acabados e memorizados para serem repetidos tal qual a informação inscrita no texto e por isso não temos “tempo a perder” com processos demorados e difíceis de serem medidos em termos de aquisições humanas. O padrão é não ler. Geralmente, parte-se para os resumos, para os esquemas, para os “finalmentes”. O livro não cabe na aula. E, quando se lê, a ênfase é dada à avaliação da leitura: soube o estudante localizar informações, responder perguntas, repeti-las? Entendemos que esse espectro da leitura na escola deve ser ampliado para incluir o *ensinar a ler*, pois compartilhamos do entendimento de que a leitura não é apenas mais um dentre vários recursos dos quais dispõem os docentes, mas um dos mais importantes.

Tendo consciência dessas particularidades a envolver a mediação de leitura, o professor estará em melhores condições para realizar suas escolhas: do conteúdo a

abordar, do texto a selecionar, dos demais recursos a utilizar, e até mesmo da decisão de ler ou não ler, de como e quando ler.

O que é importante considerar, entendemos, é que aprender ciências a partir da leitura oferece oportunidades e apresenta limites. Outros estudos poderiam tratar de forma mais aprofundada dessas oportunidades e limites. Onde está o cerne da questão que envolve o *não ler* na escola? Que motivos têm levado ao não uso, ao pouco uso ou ao uso restritivo deste recurso? Os estudantes não sabem ler textos didáticos de ciências? Ou sabem ler e devem fazer essa leitura em casa? Que usos os estudantes fazem dos textos: como leem, em que circunstâncias leem, que tipos de dificuldades encontram? Ou o problema está com esses textos, que são ruins e “espichados”? O professor sabe ler os textos que oferece aos seus alunos? Em outro suporte, como o dos *tablets* por exemplo, os textos serão lidos? Essas são algumas das questões que entendemos importantes a serem respondidas.

Faz sentido ensinar modelos de ligações químicas no Ensino Fundamental?

Feitas essas considerações, entendemos que hora é de voltarmos à nossa questão de pesquisa. Faz sentido ensinar modelos de ligações químicas no Ensino Fundamental? Entendemos que, no nosso caso, fez sentido. Fez sentido naquela turma, com aqueles textos. Fez sentido, pois buscou o desenvolvimento de um certo modo de pensar que se encontra indiciado nas interações discursivas que ocorreram em sala de aula. Houve indícios de que foi produtivo lidar com a complexidade dos modelos de ligações químicas com esses estudantes. Mas com um tratamento que se deu de forma sofisticada, como vimos. Não como a compreensão de um conteúdo. Essa compreensão foi de outra ordem: da criação de modelos, das relações entre propriedades e modelos, da natureza e funcionamento da ciência. E esse sentido assim se fez por conta de como se deu o processo de ensino e aprendizagem e dos mediadores que utilizamos, pondo a linguagem química em ação. Fez sentido, afinal, por não ter postergado essa experiência a esses estudantes que ingressarão no Ensino Médio.

O mesmo valeria para outros conteúdos de ciências tratados no Ensino Fundamental? Novos estudos poderiam nos dar essas respostas.

Formação docente

Por fim, há de falarmos sobre como essa experiência influenciou em *minha* formação. Compreendemos que a intencionalidade da mediação docente que enfatizamos significou projetar no presente o seu futuro. Promoveu em meu processo de formação – ou seja, do professor-pesquisador-mediador – a oportunidade de planejar, cotejar o nosso planejamento com os referenciais teóricos, e olhar para o ocorrido em sala de aula com um olhar mais profundo e articulado. Se aprender ciências é introduzir os estudantes em uma nova forma de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo, que movimentos e processos estão envolvidos (MACHADO, 2004)?

Tive a oportunidade de experienciar alguns desses movimentos e processos, e pelo “lado de dentro”. Dar aula e teorizar sobre ela apresentou desafios e riscos enormes, ao mesmo tempo que enriqueceu de forma imensurável a minha formação. Aprendi ao estudarmos as coleções didáticas de ciências, aprendi ao planejarmos a mediação, aprendi ao desenvolvê-la, aprendi ao analisarmos os sentidos que emergiram dessa mediação. A partir da discussão sobre a mediação da leitura, discutimos a educação de forma mais geral. O que ora concluímos, portanto, é o relato de nossa experiência com intencionalidade de pesquisa. Uma experiência que amadureceu o professor iniciante, que influenciou e influi no meu fazer docente.

Como nos diz a música de *Siba e o Fuloresta*, “toda vez que eu dou um passo, o mundo sai do lugar”. O meu, com certeza, saiu.

REFERÊNCIAS

AGUIAR JR., O. Mudanças conceituais (ou cognitivas) na educação em ciências: revisão crítica e novas direções para a pesquisa. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Educação. Centro de Ensino de Ciências e Matemática. Belo Horizonte, v.3, n.1, 2001.

ALVARENGA, J.P. *et al.* **Ciências Integradas**. Curitiba: Positivo, 2010.

AMARAL, L.O.F. **A ligação metálica**. Departamento de Química da UFMG, Belo Horizonte. (Manuscrito inédito) [s/d].

AMBROGI, A.; VERSOLATO, E.F.; LISBÔA, J.C.F. **Unidades modulares de química**. São Paulo: Hamburg, 1987.

AMORIM, M. Cronotopo e exotopia. In: BRAIT, B. (org.). **Bakhtin: outros conceitos-chave**. 1.ed. 1.reimpr. São Paulo: Contexto, 2008. p. 95-114.

_____. A contribuição de Mikhail Bakhtin: a tripla articulação ética, estética e epistemológica. In: FREITAS, M.T.; SOUZA, S.J.; KRAMER, S. (org.). **Ciências humanas e pesquisa: leituras de Mikhail Bakhtin**. São Paulo: Cortez, 2003.

_____. **O pesquisador e seu outro: Bakhtin nas ciências humanas**. São Paulo: Musa, 2001, 304p.

ANTUNES, I. Coesão textual. In: FRADE, I.C.A.S.; VAL, M.G.C.; BREGUNCI, M.G.C. (org.). **Glossário Ceale: termos de alfabetização, leitura e escrita para educadores**. Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Educação, 2014.

BAKHTIN, M. **Estética da Criação Verbal**. 6.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011.

_____. **Para uma filosofia do ato responsável**. Tradução de Valdemir Miotello e Carlos Alberto Faraco. São Carlos: João e Pedro Editores, 2010.

_____. _____. 4.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

_____. **O freudismo: um esboço crítico**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2001.

_____. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. 7.ed. São Paulo: Hucitec, 1995.

BALOCCO, A.E. A perspectiva discursivo-semiótica de Gunther Kress: o gênero como um recurso representacional. In: MEURER, J.L.; BONINI, A.; MOTTA-ROTH, D. (org.). **Gêneros: teorias, métodos, debates**. São Paulo: Parábola Editorial, 2007.

BARROS, C.A.; PAULINO, W.R. **Ciências: Física e Química**. São Paulo: Ática, 2010.

BENTES, A.C.; REZENDE, R.C. Texto: conceitos, questões e fronteiras [con]textuais. In: SIGNORINI, I. (org.) **[Re]discutir texto, gênero e discurso**. São Paulo: Parábola Editorial, 2008.

BICALHO, D.C. Leitura. In: FRADE, I.C.A.S.; VAL, M.G.C.; BREGUNCI, M.G.C. (org.). **Glossário Ceale: termos de alfabetização, leitura e escrita para educadores**. Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Educação, 2014.

_____. **Língua Portuguesa: ensino fundamental**. RANGEL, E.O. e ROJO, R.H.R. (Coord.)- Brasília: SEB/MEC, 2010. (Coleção Explorando o Ensino; v. 19)

BIZZO, N.; JORDÃO, M. **Ciências BJ**. São Paulo: Editora do Brasil, 2010.

BRAGA, S.A.M. **O texto de biologia do livro didático de ciências**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

BRAIT, B. Bakhtin e a natureza constitutivamente dialógica da linguagem. In BRAIT, B. (org.). **Bakhtin: dialogismo e construção do sentido**. 2.ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

BRANDÃO, H.H.N. Escrita, leitura, dialogicidade. In BRAIT, B. (org.). **Bakhtin: dialogismo e construção do sentido**. 2.ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

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

BRONCKART, J-P. **Atividade de linguagem, textos e discursos**: por um interacionismo sócio-discursivo. São Paulo: Educ, 1999.

BUNZEN JR., C.S. **Dinâmicas discursivas na aula de Português: os usos do livro didático e projetos didáticos autorais**. Tese (Doutorado) – Instituto de Estudos da Linguagem, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2009.

CANTO, E.L. **Ciências Naturais – Aprendendo com o cotidiano**. São Paulo: Editora Moderna, 2009.

CARNEIRO, M.H.S.; SANTOS, W.L.P.; MÓL, G.S. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Educação. Centro de Ensino de Ciências e Matemática. Belo Horizonte, v.7, n.2, 2005.

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.

CHEMICAL BOND APPROACH COMMITTEE. **Química**. Trad. por GIESBRECHT, A.M. et al. Brasília: Universidade de Brasília, 1964.

DAHLET, P. Dialogização enunciativa e paisagens do sujeito. In BRAIT, B. (org.). **Bakhtin: dialogismo e construção do sentido**. 2.ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

DUARTE, H.A. Ligações químicas: ligação iônica, covalente e metálica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, Cadernos temáticos. n.4, p.14-23, 2001.

ECHEVERRIA, A.R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 3, 1996.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

ESPINOZA, A. **Ciências na escola: novas perspectivas para a formação dos alunos**. São Paulo: Ática, 2010.

_____. La especificidad de las situaciones de lectura em “naturales”. **Lectura y vida. Revista Latinoamericana de Lectura**, Buenos Aires, ano 27, n.1, p. 6-16, 2006.

_____; CASAMAJOR, A.; PITTON, E. **Enseñar a ler textos de ciências**. Buenos Aires: Paidós, 2009.

FAEZ, R. *et. al.* Polímeros condutores. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 11, maio 2000.

FAILLA, Z. (org.). **Retratos da leitura no Brasil 3**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo: Instituto Pró-Livro, 2012.

FAVALLI, L.D. *et al.* **Projeto Radix: ciências**. São Paulo: Scipione, 2009.

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

FERREIRA, G.A.L; MÓL, G.S.; SILVA, R.R. Criogenia e condutividade. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.3, 1996.

FERREIRA, P.F.M.; JUSTI, R.S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**. São Paulo: SBQ, n.28, 2008.

FIJALKOW, J. A leitura, entre as ciências naturais e as ciências sociais. **Leitura: Teoria & Prática**, Campinas, v.32, n.62, p.13-40, jun. 2014.

FIORIN, J.L. **Introdução ao pensamento de Bakhtin**. São Paulo: Ática, 2008.

_____. O romance e a simulação do funcionamento real do discurso. In BRAIT, B. (org.). **Bakhtin: dialogismo e construção do sentido**. 2.ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

FONTANA, R.A.C. **Como nos tornamos professoras?: aspectos da constituição do sujeito como profissional da educação**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

_____. **Mediação pedagógica na sala de aula**. Campinas: Autores Associados, 1996.

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

FRANCISCO JR., W.E. Estratégias de leitura e educação química: que relações? **Revista Química Nova na Escola**. Sociedade Brasileira de Química. São Paulo: v. 32, n. 4 - nov. 2010.

FREIBERG, H. L. **Elementos Catalisadores para a promoção da Negociação de Sentidos**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FREITAS, M.T.A. Nos textos de Bakhtin e Vigotski: um encontro possível. In BRAIT, B. (org.). **Bakhtin: dialogismo e construção do sentido**. 2.ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

_____. A perspectiva sócio-histórica: uma visão humana da construção do conhecimento. In: FREITAS, M.T.A.; SOUZA, S.J.; KRAMER, S. (org.). **Ciências humanas e pesquisa: leituras de Mikhail Bakhtin**. São Paulo: Cortez Editora, 2003.

_____; RAMOS, B.S. No fluxo dos enunciados, um convite à contrapalavra. In: FREITAS, M.T.A.; RAMOS, B.S. (org.). **Fazer pesquisa na abordagem histórico-cultural: metodologias em construção**. Juiz de Fora: Ed. da UFJF, 2010.

GARCIA, J.F.M. **Sentidos da leitura mediados pela experiência do estágio supervisionado de estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

GERALDI, J.W. Introdução: o mundo não nos é dado, mas construído. In: VOLOCHÍNOV, V.N. **A construção da enunciação e outros ensaios**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2013.

_____. Heterocientificidade nos estudos linguísticos. In: GEGe (org.). **Palavras e contrapalavras: enfrentando questões da metodologia bakhtiana**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2012.

_____. **A aula como acontecimento**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2010.

_____. **Leitura: uma oferta de contrapalavras**. In: GEGe. *O espelho de Bakhtin*. Campinas: Pedro & João Editores, 2007.

_____. É possível investir nas enunciações, sem as garantias dos enunciados já firmados? In: **Veredas Bakhtinianas - de objetos a sujeitos**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2006.

_____. Paulo Freire e Mikahil Bakhtin. O encontro que não houve. In: FERREIRA, N.S.A. (org.) **Leitura: um cons/certo**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003.

_____. Unidades básicas do ensino de Português. In: GERALDI, J.W. (org.) **O texto na sala de aula**. São Paulo: Ática, 2002.

_____. **Linguagem e ensino: exercícios de militância e divulgação**. Campinas: Mercado de Letras, 1996.

_____. **Portos de passagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

_____.; FICHTNER, B.; BENITES, M. **Transgressões convergentes: Vigotski, Bakhtin, Bateson**. Campinas: Mercado de Letras, 2006.

GEWANDSZNAJDER, F. **Ciências – Matéria e Energia**. São Paulo: Ática, 2010.

GINZBURG, C. **Mitos, emblemas, sinais: morfologia e história**. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

GÓES, M.C.R. A natureza social do desenvolvimento psicológico. In: SIRGADO, A.P.; GÓES, M.C.R. (orgs.) **Cadernos Cedes 24 - Pensamento e linguagem: estudos na perspectiva da psicologia soviética**. 3.ed. Campinas: Cedes, 2000

GOULART, C. Uma abordagem bakhtiniana da noção de letramento: contribuições para a pesquisa e para a prática pedagógica. In: FREITAS, M.T.; SOUZA, S.J.; KRAMER, S. (orgs.). **Ciências humanas e pesquisa: leituras de Mikhail Bakhtin**. São Paulo: Cortez Editora, 2003.

GRUPO APEC. **Construindo Consciências**: coleção de ciências para o ensino fundamental. São Paulo: Scipione, 2003.

_____. **Construindo Consciências**: coleção de ciências para o ensino fundamental. São Paulo: Scipione, 2010.

GRUPO DE ESTUDOS DOS GÊNEROS DO DISCURSO - GEGe (org.). **Palavras e contrapalavras: glossariando conceitos, categoria e noções de Bakhtin**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2009.

KLEIMAN, A. **Oficina de leitura: teoria e prática**. 11.ed. Campinas: Pontes, 2007.

_____. **Leitura: ensino e pesquisa**. 2.ed. São Paulo: Pontes, 1996.

KOCH, I.G.V. **Desvendando os segredos do texto**. 2.ed. São Paulo: Cortez, 2003.

LADEIRA, A.C.Q.; PANIAGO, E.B.; DUARTE, H.A.; CALDEIRA, C.L. Especificação química e sua importância nos processos de extração mineral e de remediação ambiental. **Química Nova na Escola**, São Paulo, Caderno temático n. 8, maio 2014.

LARROSA, J. Experiência e alteridade em educação. **Reflexão e Ação**, Santa Cruz do Sul, v.19, n.2, p.4-27, 2011.

_____. **La experiencia de la lectura**. 2.ed. México D.F.: Fondo de Cultura Económica, 2003.

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

LIMA, M.E.C.C. Apropriação. **Presença Pedagógica**, Belo Horizonte, v.20, n.118, jul./ago.2014.

_____. **Sentidos do trabalho mediados pela educação continuada em Química**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2003.

_____; GERALDI, C.M.G.; GERALDI, J.W. O trabalho com narrativas na investigação em educação. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v.31, n.1, 2015.

_____; BARBOZA, L.C. Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 21, maio 2005.

_____; AGUIAR JR., O.G.; BRAGA, S.A.M. **Aprender Ciências: um mundo de materiais**: livro do aluno. – 2. ed. revista. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2004.

_____; _____. Ensinar ciências. **Presença Pedagógica**, Belo Horizonte, v.6, n.33, maio/jun.2000, p. 90-92.

LOPES, M.A.P.T. Coerência textual. In: FRADE, I.C.A.S.; VAL, M.G.C.; BREGUNCI, M.G.C. (org.). **Glossário Ceale: termos de alfabetização, leitura e escrita para educadores**. Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Educação, 2014.

LOPES-ROSSI, M.A.G. O desenvolvimento de habilidades de leitura a partir de características específicas de gêneros discursivos. In: CASTRO, S.T.R. (org.) **Pesquisas em Linguística Aplicada: novas contribuições**. Taubaté: Cabral Editora e Livraria Universitária, 2003.

MACHADO, A.H. **Aula de Química**: discurso e conhecimento. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2004.

MACHADO, A.R. A perspectiva interacionista sociodiscursiva de Bronckart.. In: MEURER, J.L.; BONINI, A.; MOTTA-ROTH, D. (org.). **Gêneros: teorias, métodos, debates**. São Paulo: Parábola Editorial, 2007.

MAHAN, B.M.; MYERS, R.J. **Química: um curso universitário**. São Paulo: Editora Blücher, 1995.

MARCELINO JR, C.A.C. A abordagem química no ensino fundamental de ciências. In: PAVÃO, A.C.; FREITAS, D. (orgs.) **Quanta ciência há no ensino de ciências**. São Carlos: EdUFSCAR, 2008.

MARCUSCHI, L.A. Leitura e compreensão de texto falado e escrito como ato individual de uma prática social. In: ZILBERMAN, R.; SILVA, E. T. (org.). **Leitura: perspectivas interdisciplinares**. São Paulo: Ática, 2005.

MARIN, E.B.; TERRAZAN, E.A. Linguagem cotidiana e linguagem científica no ensino de ciências nas séries iniciais. In: ALMEIDA, M.J.P.M.; BRITTO, L.P.M. (orgs.) **Cadernos Cedes 41 – Ensino da ciência, leitura e literatura**. Campinas: Cedes, 1997.

MARINHO, M.C.N. Transmissão do discurso alheio e formas de dialogismo em *Vidas Secas*, de Graciliano Ramos. In BRAIT, B. (org.). **Bakhtin: dialogismo e construção do sentido**. 2.ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos do Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. In: MARTINS, I. *et al.* (Editoras) **O livro didático de Ciências: contextos de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012.

_____. Quando o objeto de investigação é o texto: uma discussão sobre as contribuições da Análise Crítica do Discurso e da Análise Multimodal como referenciais para a pesquisa sobre livros didáticos de Ciências. In: NARDI, R. (org.). **A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras Editora, 2007.

_____. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos do Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Pro-Posições**. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. Campinas: v. 17, n. 1 (49) - jan./abr. 2006.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. **O livro didático de ciências: problemas e soluções**. *Ciência & Educação*, Bauru, v.9, n.2, p. 147-157, 2003.

MELO, M.R.; LIMA NETO, E.G. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química Nova na Escola**. São Paulo: SBQ, v.35, n.2, 2013.

MEURER, J.L.; BONINI, A.; MOTTA-ROTH, D. Prefácio. In: MEURER, J.L.; BONINI, A.; MOTTA-ROTH, D. (org.). **Gêneros: teorias, métodos, debates**. São Paulo: Parábola Editorial, 2007.

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.

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

_____; MARCONDES, M.E.R.; REZENDE, D.B. Discutindo a química do ensino fundamental através da análise de um caderno escolar de ciências do nono ano. **Química Nova na Escola**. São Paulo: SBQ, v.36, n.3, 2014.

MONTEIRO, M.A. Prefácio. In FAILLA, Z. (org.). **Retratos da leitura no Brasil 3**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo: Instituto Pró-Livro, 2012.

MORTIMER, E.F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. 1. reimpr. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

_____; MACHADO, A.H. **Química: ensino médio**. São Paulo: SCIPIONE, 2011.

_____; 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.

NERY, R.M. Ler em língua materna, ler em língua estrangeira: a questão é de leitura. In: FERREIRA, N.S.A. (org.) **Leitura: um cons/certo**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003.

NOGUEIRA, A.L.H. As normas e as práticas discursivas nas relações de ensino. In: SMOLKA, A.L.B.; NOGUEIRA, A.L.H. (orgs.). **Questões de desenvolvimento humano: práticas e sentidos**. Campinas: Mercado de Letras, 2010.

ORLANDI, E.P. Leitura e discurso científico. In: ALMEIDA, M.J.P.M.; BRITTO, L.P.M. (orgs.) **Cadernos Cedes 41 – Ensino da ciência, leitura e literatura**. Campinas: Cedes, 1997.

PAIVA, A. Barrados na escola. **Revista Carta Fundamental**. São Paulo, n.47, 2013.

PAULA, H.F. **Inventário de Atividades de Leitura**, 2010 [não publicado].

_____; **A ciência escolar como instrumento para a compreensão da atividade científica**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

_____; ALVES, E.G.; MATEUS, A.L. **Quântica para iniciantes: investigações e projetos**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

_____; LIMA, M.E.C.C. A leitura de textos didáticos de ciências como confronto de perspectivas. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**. UFMG. FaE. CECIMIG. Belo Horizonte, Belo Horizonte, v.13, n.3, 2011.

_____; _____. Formulação de questões e mediação da leitura. **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v.15, n.3, p.429-461, 2010.

PENIDO, T.N. **Um estudo da leitura como temática nos resumos das teses de doutorado e das dissertações de mestrado no Brasil (2000-2005)**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

PEREIRA, A.M. *et al.* **Ciências - Coleção Perspectiva**. São Paulo, 2010.

PERINI, M.A. Pelos caminhos da perplexidade: uma receita para ler sem entender. In: MARI, H.; WALTY, I.; VERSIANI, Z. (org.). **Ensaio sobre leitura**. Belo Horizonte: Pucminas, 2005.

PICCININI, C.L. Imagens no ensino de Ciências: uma imagem vale mais do que mil palavras? In: MARTINS, I. *et al.* (Editoras) ***O livro didático de Ciências: contextos de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula.*** Rio de Janeiro: [s.n.], 2012.

POPPER, K.R. **A lógica da pesquisa científica.** São Paulo: Editora da USP, 1975.

POSSENTI, S. O dado dado e o dado dado. In: CASTRO, M.F.P. (org.). **O método e o dado no estudo da linguagem.** Campinas: Ed. da Unicamp, 1996.

POZO, J.I.; CRESPO, M.A.G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico,** 5ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REYES, Y. Mediadores de leitura. In: FRADE, I.C.A.S.; VAL, M.G.C.; BREGUNCI, M.G.C. (org.). **Glossário Ceale: termos de alfabetização, leitura e escrita para educadores.** Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Educação, 2014.

ROCHA, D.A. **Caracterizando atividades investigativas no ensino de ligações químicas.** Belo Horizonte: TCC – DQ/ICEx/UFMG, 2013.

ROCHA, W.R. Interações intermoleculares. **Química Nova na Escola,** São Paulo, caderno temático n. 4, maio 2001.

RODRIGUES, R.H. Os gêneros do discurso na perspectiva dialógica da linguagem: a abordagem de Bakhtin. In: MEURER, J.L.; BONINI, A.; MOTTA-ROTH, D. (org.) **Gêneros: teorias, métodos, debates.** 2.ed. São Paulo: Parábola Editorial, 2007.

ROJO, R. Gêneros de discurso/texto como objeto de ensino de línguas. In: SIGNORINI, I. (org.) **[Re]discutir texto, gênero e discurso.** São Paulo: Parábola Editorial, 2008.

_____. Gêneros do discurso e gêneros textuais: questões teóricas e aplicadas. In: MEURER, J.L.; BONINI, A.; MOTTA-ROTH, D. (org.) **Gêneros: teorias, métodos, debates**. 2.ed. São Paulo: Parábola Editorial, 2007.

RÖSING, T.M.K. **A formação do professor e a questão da leitura**. 2.ed. Passo Fundo: UFP, 2003.

RUSSELL, J.B. **Química Geral**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1981.

SCHMIDT, S.J. **Linguística e teoria de texto**. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1978.

SCHNAIDERMAN, B. Bakhtin 40 Graus: uma experiência brasileira. In BRAIT, B. (org.). **Bakhtin: dialogismo e construção do sentido**. – 2. ed. revista. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

SIGNORINI, I. Apresentação. In: SIGNORINI, I. (org.) **[Re]discutir texto, gênero e discurso**. São Paulo: Parábola Editorial, 2008.

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.

SILVA, E.P.Q. O ensino de ciências, a avaliação e o livro didático: pontes para leitura do mundo e da palavra. In: PAVÃO, A.C.; FREITAS, D. (orgs.) **Quanta ciência há no ensino de ciências**. São Carlos: EdUFSCAR, 2008.

SILVA, E.T. A escola e a formação de leitores. In FAILLA, Z. (org.). **Retratos da leitura no Brasil 3**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo: Instituto Pró-Livro, 2012.

_____. Ciência, leitura e escola. In: ALMEIDA, M.J.P.M.; SILVA, H.C. (org.) **Linguagens, leituras e ensino da ciência**. Campinas: Mercado das Letras, 1998.

SILVA, G.S., SANTOS, D.O. e WARTHA, E.J. Ligação metálica e a condução de corrente elétrica na visão de professores de Química na Educação Básica e nos Livros didáticos. In: **32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, 2009, Fortaleza.

SILVA, L.H.A.; SCHNETZLER, R.P. A mediação pedagógica em uma disciplina científica como referência formativa para a docência de futuros professores de biologia. *Ciência & Educação*, v. 12, n. 1, p. 57-72, 2006

SILVA, M.G.L.; NÚÑEZ, I.B. Modelos científicos, didáticos e mentais. In: SILVA, M.G.L.; NÚÑEZ, I.B. **Instrumentação para o ensino de química II**. Natal: Editora da UFRN, 2007.

SILVA, N.S. **Modos de uso e o processo de apropriação do conceito de elemento químico por estudantes do ensino fundamental**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SILVEIRA JR., C. **Ler para aprender ligações químicas em aulas de ciências: investigação, reflexões e lições**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

_____; LIMA, M.E.C.C.; MACHADO, A.H. Análise das ligações químicas nos livros didáticos. **Revista Presença Pedagógica**, Belo Horizonte, v.18, n.107, p.26-31, 2012.

_____; _____. Abordagens de ligações químicas em livros didáticos de ciências aprovados no PNLD 2011. In Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VIII, Campinas, 2011. **Anais...** : Campinas: ABRAPEC, 2011a.

_____; _____. Análise das orientações pedagógicas dirigidas aos professores nos livros didáticos de ciências do ensino fundamental para o tema ligações químicas. In Simpósio Mineiro de Educação Química, I, Viçosa, 2011. **Anais...** : Viçosa: UFV, 2011b.

SMOLKA, A.L.B. O (im)próprio e o (im)pertinente na apropriação das práticas sociais. **Cadernos Cedes 50 – Relações de ensino: análises na perspectiva histórico-cultural**. Campinas: Centro de Estudos Educação e Sociedade, 2000a.

_____. A prática discursiva na sala de aula: uma perspectiva teórica e um esboço de análise. In: SIRGADO, A.P.; GÓES, M.C.R. (orgs.) **Cadernos Cedes 24 - Pensamento e linguagem: estudos na perspectiva da psicologia soviética**. 3.ed. Campinas: Cedes, 2000b.

SOARES, M.B. As condições sociais da leitura. In: ZILBERMAN, R.; SILVA, E.T. (org.). **Leitura: perspectivas interdisciplinares**. São Paulo: Ática, 2005.

SOLÉ, I. **Estratégias de leitura**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SOLOMONS, G.; FRYHLE, C. **Química orgânica**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

SOUZA, S.C. Condições de produção de sentidos em textos didáticos. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Educação. Centro de Ensino de Ciências e Matemática. Belo Horizonte, v.8, n.1, 2006.

_____. Repensando a leitura na educação em ciências: necessidade e possibilidade na formação inicial de professores. In Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, IV, Bauru, 2003. **Anais...** : ABRAPEC, 2003.

TIEDEMANN, P.W. Conteúdos de química em livros didáticos de ciências. **Ciência e Educação**, Bauru, v.5, n.2, 1998.

TOMA, H.E. Ligação química: abordagem clássica ou quântica? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.6, p.08-12, 1997.

TRIVELLATO JR., J. *et al.* **Ciências, Natureza & Cotidiano: criatividade, pesquisa, conhecimento**. São Paulo: Editora FTD, 2009.

UFSC – Revista Eletrônica do Departamento de Química da UFSC – **Interações intermoleculares**. Florianópolis: UFSC, [s/d]. Disponível em http://www.qmc.ufsc.br/quimica/pages/revista_especiais.html. Acesso em julho/2014.

VAL, M.G.C. Textualidade. In: FRADE, I.C.A.S.; VAL, M.G.C.; BREGUNCI, M.G.C. (org.). **Glossário Ceale: termos de alfabetização, leitura e escrita para educadores**. Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Educação, 2014.

VIGOTSKI, L.S. **Pensamento e linguagem**. 4.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

_____. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WEISSMANN, H. O que ensinam os professores quando ensinam Ciências Naturais e o que dizem querer ensinar. In: WEISSMANN, H. (org.). **Didática das Ciências Naturais: contribuições e reflexões**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

WERTSCH, J.V.; **Vygotsky y la formación social de la mente**. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1988.

_____; DEL RÍO, P.; ALVAREZ, A. Estudos socioculturais: história, ação e mediação. In: WERTSCH, J.V.; DEL RÍO, P.; ALVAREZ, A. (orgs.). **Estudos socioculturais da mente**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

_____; SMOLKA, A.L.B. Continuando o diálogo: Vygotsky, Bakhtin e Lotman. In: DANIELS, H. (org.). **Vygotsky em foco: pressupostos e desdobramentos**. Campinas: Papyrus Editora, 1994.

ANEXOS

ANEXO I: OS PROJETOS DE DIZER DOS AUTORES DA COLEÇÃO DIDÁTICA DE REFERÊNCIA⁵⁸

Os autores declaram que as suas opções foram fundamentadas nas pesquisas em educação em ciências. Acreditam que a coleção poderá se tornar uma aliada dos professores na promoção de uma educação em ciências comprometida com o desenvolvimento da autonomia intelectual e emocional dos estudantes. O estudante é tratado como sujeito do processo de ensino-aprendizagem, reconhecendo-se a importância de suas ideias prévias, bem como criando oportunidades para que elas sejam avaliadas e reestruturadas à luz dos conhecimentos historicamente acumulados e sistematizados pelas Ciências Naturais. A sala de aula é considerada como espaço coletivo de produção de conhecimentos. Têm a convicção de que na sala de aula não existem sujeitos isolados, mas indivíduos que interagem por meio da linguagem e da ação coletiva. É na relação com o outro que o estudante elabora novas ideias, relaciona-as com seus conhecimentos prévios e modifica seu modo de compreender a realidade. Defendem que o aprendizado de conceitos constitui elemento fundamental na educação em ciências. Os conceitos são ferramentas que utilizamos para pensar o mundo e a nós mesmos, para agir no mundo e interagir com os outros. Reconhecendo que a leitura de um texto pelos estudantes pode ser prejudicada por palavras ou expressões desconhecidas, esclarecem que foram muito criteriosos com a introdução de palavras e conceitos novos nos textos. Em vez de remeter os estudantes a um glossário no final do livro, preferiram explicar o significado dos novos termos ao longo dos próprios textos em que foram inseridos, de forma a utilizar os contextos para deles fazerem emergir o sentido das palavras. Acreditam que as contribuições que a educação em ciências pode dar para a formação dos estudantes não se limitam à compreensão de conceitos, atingindo também as dimensões atitudinal e procedimental. Descrevem que ao longo dos capítulos da coleção há diversificadas atividades de ensino-aprendizagem. Para desenvolver a compreensão da atividade científica, procuram discutir a origem dos conceitos, das teorias e dos modelos científicos. Que dada a extensão dos saberes constituídos pelas disciplinas e à opção por

⁵⁸ A análise dos projetos de dizer dos autores se fez com base nas orientações destinadas aos professores no livro do 9º ano (GRUPO APEC, 2010). Dessas orientações, destacamos os trechos que constituem este anexo.

um tratamento dialógico e investigativo dos conteúdos das ciências, os autores elegeram alguns conceitos e ideias como aspectos centrais para uma iniciação ao estudo das ciências naturais. Dentre as referências à química, os autores afirmam que a noção de átomo, a ideia de descontinuidade da matéria e a teoria de ligações, embora essenciais no pensamento químico, são bastante abstratas e solicitam um estudo introdutório dos fenômenos da matéria, tendo sido a opção nessa obra pela introdução ao estudo do átomo com parcimônia. São os modelos de constituição e de interação das partículas que permitem maior entendimento das propriedades e das transformações dos materiais, razão pela qual a compreensão desses modelos constitui uma meta de aprendizagem ao longo da coleção. A explicação para a diversidade dos materiais, suas propriedades e usos, do ponto de vista atômico-molecular, foi feita pela construção de modelos para o mundo que não vemos, do estudo da natureza elétrica dos materiais e de uma introdução à teoria das ligações químicas. A atividade denominada *Praticando e avaliando a leitura* faz parte da estrutura e dos recursos da coleção. De acordo com os autores, são atividades inseridas entre as seções de um dado texto, ou após alguns textos, com a intenção de assinalar certos aspectos da leitura, exercitar a capacidade do estudante de interpretar segmentos do texto e relacioná-los uns com os outros ou com textos afins. Que essas atividades auxiliam os professores a exercer um compromisso da educação em ciências que é o de contribuir com a formação de sujeitos leitores e produtores de texto. Também, descrevem que o texto principal de cada capítulo é subdividido em itens articulados com as diversas atividades e seções propostas pela coleção. Que uma grande diversidade de gêneros textuais é oferecida aos estudantes de maneira que contribua com o desenvolvimento de competências de leitura e escrita.

Neste ponto, é importante considerar mais detidamente como os *modelos* encontram-se tratados na coleção didática utilizada⁵⁹. O livro do 9º ano trabalha tanto o papel dos modelos criados no estudo do Universo, quanto a proposição de modelos que explicam e descrevem o mundo do muito pequeno. Cinco unidades compõem esse volume destinado ao último ano do ensino fundamental:

- Unidade 1: A Terra e o espaço ao seu redor

⁵⁹ Para tanto, valeremo-nos do livro do 9º ano destinado ao estudante, e da assessoria pedagógica destinada aos professores.

Capítulo 1 – Modelando o cosmo

Capítulo 2 – Estações do ano e ritmos da vida

- Unidade 2: Modelando os materiais

Capítulo 3 – O mundo que não vemos

Capítulo 4 – A natureza elétrica dos materiais⁶⁰

- Unidade 3: A diversidade genética e a evolução dos seres vivos

Capítulo 5 – Entendendo a herança genética

Capítulo 6 – Teorias sobre a evolução dos seres vivos

- Unidade 4: Ciência, tecnologia e sobrevivência

Capítulo 7 – Estratégias de defesa dos organismos

Capítulo 8 – Tecnologia e saúde

Capítulo 9 – Viajando com segurança

- Unidade 5: Outras tecnologias que mudaram o mundo

Capítulo 10 – Eletricidade em nossas casas

Capítulo 11 – A comunicação

A unidade 1 introduz o tema da construção de modelos e da compreensão do papel dos modelos no entendimento que fazemos do mundo que nos cerca. Para isso, no capítulo 1, propõe uma viagem ao macrocosmo e aos modelos construídos pela humanidade sobre o Universo. No capítulo 2, a partir do modelo do eixo inclinado, são tratados de modo integrado conteúdos astronômicos, biológicos e noções de climatologia. A unidade 2 dá continuidade ao tema da construção e da compreensão do papel de modelos iniciada na unidade anterior. Propõe nos capítulos 3 e 4 uma viagem ao mundo submicroscópico das partículas atômicas. Modelos são propostos para explicar e descrever o mundo das coisas muito pequenas. Na unidade 3, reaparece o caráter provisório e de incerteza que caracteriza o conhecimento científico como empreendimento humano quando se fala das muitas dúvidas e de algumas respostas que conhecemos sobre a evolução da espécie humana. As duas últimas unidades, 4 e 5, vão tratar, em síntese, da caracterização da

⁶⁰ Os modelos de ligações químicas são tratados neste capítulo 4.

capacidade humana de gerar conhecimento e tecnologia que interferem de modos diversos no ambiente, na saúde e na segurança pessoal e coletiva. Assim, no livro do 9º ano a discussão se faz em torno da construção de modelos para o universo e para o átomo, e da relação entre ciência e tecnologia.

Ainda da assessoria pedagógica da coleção didática, descrevemos os seguintes destaques feitos e intencionalidades declaradas pelos autores em relação aos modelos:

- *Quando tratamos de modelos, é importante estabelecer vínculos entre eles e os fenômenos e processos que se pretende representar e explicar.*
- *Nos quatro capítulos das unidades 1 e 2, a noção de modelo e as atividades de modelagem foram sendo cuidadosamente concebidas. Desse modo, esperamos não apenas que o material contribua para uma compreensão da própria natureza da ciência e do modo como o conhecimento científico é produzido e validado.*
- *Destacamos o uso de modelos para evidenciar que: a ciência combina imaginação, observação e experimentação; as ideias da ciência vão muito além do que é observável; a ciência não apenas descreve os fenômenos, mas produz teorias para explicar fenômenos conhecidos e prever outros ainda não observados; a ciência não é imutável e seus modelos são constantemente revistos e examinados à luz de novas ideias, observações e experimentos; os modelos em ciências constituem um modo organizado e estruturado de compreender a realidade.*
- *Um modelo científico não é um sistema de proposições lógicas que se basta em si mesmo. Ele só faz sentido se o compreendermos como uma ferramenta para interpretar o mundo, e para extrair consequências dessa interpretação que possam ser examinadas empiricamente.*
- *Esperamos caracterizar os modelos científicos como instrumentos capazes de explicar os dados de observação e alargar nossa compreensão dos fenômenos.*

- *Um bom modelo não precisa necessariamente explicar todos os aspectos da realidade que ele pretende abordar. Os modelos são sabidamente parciais e provisórios. Eles se destinam à compreensão de alguns aspectos da realidade, mas não todos.*
- *O pensamento químico se constitui a partir da relação entre fenômenos, modelos e linguagens.*
- *Os modelos envolvem muita imaginação, mas devem ser sempre submetidos a testes empíricos. Através desses “testes” examinamos se a realidade se comporta tal como previa nosso modelo. Não havendo correspondência entre as previsões do modelo e os resultados experimentais, ele deve ser revisto e modificado.*

Outros importantes apontamentos são feitos pelos autores quando tratam especificamente do capítulo *A natureza elétrica dos materiais*:⁶¹

A principal intenção neste capítulo é introduzir modelos mais simples e significativos entre o átomo e a sua organização interna. Em geral, esse tema é apresentado na escola como um conjunto de “fatos” a serem memorizados e não como modelos que nos permitem explicar fenômenos e prever resultados de novos experimentos (p. 47).

Para atingir esse propósito, optamos por uma abordagem que estabelece um grande número de conexões entre o plano da experimentação e o plano das proposições teóricas dos modelos. Sempre que possível, introduzimos experimentos relativamente simples de se fazer na escola e que servem de evidências dos aspectos teóricos desenvolvidos com o modelo proposto. Em outros momentos, apresentamos proposições teóricas e reexaminamos, a partir delas, os resultados experimentais. (p. 47). (...)

⁶¹ (GRUPO APEC, 2010, capítulo 4, unidade 2, livro do 9º ano).

Desenvolvemos, no texto e nas atividades desse capítulo, um modelo que corresponde, grosso modo, ao átomo de Rutherford. A partir dele, reinterpretamos as ligações químicas e o número atômico dos elementos químicos, já mencionados e investigados em outros volumes da coleção. Discutimos, por último, modelos de ligações para os sólidos metálicos; iônicos e covalentes no que se refere basicamente a algumas propriedades de materiais, o que se constitui como eixo de apresentação e de discussão dos conteúdos químicos na coleção. É preciso esclarecer que não está proposto nenhum exercício de classificação de substâncias de acordo com o modelo de ligação correspondente, utilizando-se de fórmulas ou nomes. Toda a construção teórica foi feita considerando-se que são as propriedades de uma substância que fornecem os elementos básicos para propor e validar um modelo de ligação. Além disso, temos clareza de que os estudantes farão uma primeira aproximação com esses modelos, muito mais como modo de pensar a química e explicar o mundo do que memorizar fórmulas e nomes de substâncias representativas dos compostos covalentes, iônicos etc. Com essa abordagem, demos acabamento à introdução do estudo sobre a diversidade dos materiais na natureza, suas transformações e os modelos que nos ajudam a compreender e explicar tal diversidade. Finalmente, encerramos o capítulo com aplicações práticas dos fenômenos eletrostáticos, de constituição e de propriedades dos materiais e possíveis modelos de ligações químicas. É a partir do entendimento dessa opção didática que o professor poderá fazer escolhas do que ensinar e de como avaliar os estudantes (p.48). (...)

Em geral, o ensino de ligações químicas é bastante criticado pelas simplificações feitas pelos textos didáticos que acabam incorrendo em erros conceituais. Cientes disso, procuramos apresentar algumas ideias orientadoras do entendimento das ligações, quais sejam: 1) ligação não é algo físico como pinos, colchetes ou “pauzinhos” que prendem um átomo, íon ou molécula em seus vizinhos. 2) Nas ligações ocorrem abaixamento de energia do sistema, o que significa dizer que forma um sistema mais estável. 3) 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 a de um gás nobre, o que costuma estar associado à apresentação da regra do octeto. Para compreender os

equívocos ligados a essa regra, sugerimos ler o artigo intitulado (...). 4) Para apresentar o modelo de ligação metálica utilizamos a analogia da “nuvem de elétrons”, também conhecida como “mar de elétrons”. Sobre os cuidados necessários de serem tomados pelos docentes quando recorrem a essa analogia, especificamente, sugerimos consultar (...) (p.50).

Tungstênio, PVC e sal de cozinha foram escolhidos como substâncias representativas dos grupos que formam ligações metálicas, covalentes e iônicas. Embora tenhamos substâncias bastante características desses grupos, vale lembrar que, na natureza, não existem compostos 100% iônicos ou ligados por um caráter exclusivamente covalente ou metálico, (...) [o que] costuma ser frequentemente desconsiderada nos atuais textos didáticos. (...) (p.50).

Esse projeto de investigação [Investigando o surgimento de cargas de substâncias em solução] só fará sentido caso seja solicitado antes que os estudantes leiam a seção que trata de modelos de ligações para materiais não metálicos, pois o texto explica o surgimento de cargas de substâncias iônicas, quando dissolvidas em água. O projeto proposto traz uma novidade em relação à investigação compartilhada, testando a condutividade elétrica de alguns materiais feita anteriormente. Aqui, os estudantes deverão propor o mesmo teste de condutividade para avaliar o surgimento de cargas dos sais dissolvidos em água. Para isso, terá de admitir que o aparecimento de cargas fará a lâmpada do dispositivo elétrico se acender. Muitos estudantes deverão se lembrar do que já foi feito, mas o objetivo agora não é mais constatar que a lâmpada acende, mas explicar por que ela acende. O que está em questão é a ideia de que cargas em movimento (elétrons ou íons) são responsáveis pelo aparecimento de corrente elétrica (...) (p.51).

Propor aos estudantes que façam modelos para o sal de cozinha sólido, líquido e dissolvido em água é muito importante. Os estudantes terão oportunidades de rever conceitos estudados no Capítulo 3 e aprofundar a compreensão dos estados físicos até aqui discutidos com base em um modelo cinético-molecular. Além disso, a aquisição de modelos de dissolução é muito importante na aprendizagem

de vários conceitos químicos que serão objeto de atenção no Ensino Médio (...)
(p.51).

Nessa seção [Comparando forças de interação a partir de propriedades dos materiais] comparamos as forças que mantêm os átomos unidos com as forças existentes entre moléculas. Para isso, exploramos as temperaturas de fusão do gelo com as do diamante e do tungstênio como evidências de que separar átomos é mais difícil do que separar moléculas. Concluimos que uma propriedade específica isolada não é suficiente para caracterizar um material, mas que precisamos, para isso, analisar um conjunto de propriedades (p.51). (...)

[Em resposta a algumas das questões elaboradas na seção O que você aprendeu sobre a natureza elétrica dos materiais]: 9. *Não é fundamental para um modelo científico ser bem avaliado “admitir somente a existência de coisas que podem ser observadas” pela experiência (I). Os cientistas, de fato, usam largamente a imaginação para tecer suas conjecturas, que vão além dos fatos observados.* 10. *No estado sólido, os átomos carregados (íons) estão presos em um arranjo organizado e, em solução aquosa, esses átomos interagem com as moléculas de água e ficam livres para se movimentar (p.52).*

ANEXO II: IMPORTÂNCIA E COMPLEXIDADE DOS MODELOS DE LIGACÕES QUÍMICAS

Os átomos ligam-se uns aos outros

Tudo o que existe no Universo é constituído pela combinação variada das mesmas peças, os átomos (Grupo Apec, 2010, p. 90).

De acordo com Paula, Alves e Mateus (2011), a ideia de que os materiais são constituídos por átomos foi concebida na antiguidade, mas o modelo atômico usado atualmente só foi desenvolvido a partir do século XX. Em 1911, Rutherford propôs a existência de um núcleo maciço e positivo em torno do qual giravam elétrons. Esse modelo, aperfeiçoado por Bohr em 1913, sofreu diversas modificações⁶² até alcançar sua condição atual como um modelo essencialmente matemático, representado por um conjunto de equações que permitem fazer previsões sobre o comportamento dos átomos. O modelo atualmente aceito e usado nas ciências pode ser sintetizado por meio das seguintes afirmações: (i) esse modelo se baseia em cálculos que preveem quanta energia os elétrons possuem e como se comportam dentro dos átomos; (ii) há regiões (níveis ou “camadas”) em torno do núcleo onde é mais provável detectar os elétrons; (iii) os elétrons que ocupam uma mesma região não apresentam, necessariamente, o mesmo nível de energia; (iv) elétrons que apresentam níveis de energia semelhantes são agrupados em sub-regiões (subníveis).

Esses átomos vão se ligar a outros, formando as substâncias que nos rodeiam. Mas por que os átomos se ligam? Para Amaral [s/d], uma ligação química⁶³ é sempre uma interação eletromagnética, que envolve a redistribuição dos elétrons, principalmente aqueles mais externos e mais energéticos de cada uma dessas espécies. Quando se forma uma ligação ou interação entre duas espécies, a redistribuição dos elétrons é capaz de provocar um abaixamento de energia do sistema constituído pelas duas espécies. Para qualquer tipo de interação entre espécies químicas será possível representar a variação de energia em função da distância entre os núcleos das duas espécies. Como resultado desta

⁶² No início da década de 1930, por exemplo, descobriu-se que o núcleo maciço imaginado por Rutherford era constituído por dois tipos de partícula: os prótons, portadores de carga positiva, e os nêutrons, sem carga elétrica aparente.

⁶³ Ou interação entre espécies químicas, sejam elas átomos, radicais, íons ou moléculas.

interação é possível observarmos no traçado do gráfico a formação de um poço de energia. Ou seja, uma situação na qual a energia do sistema é mínima. Para a interação entre dois átomos de hidrogênio, que formam uma molécula com a ligação covalente H-H, teríamos uma representação gráfica do seguinte tipo:

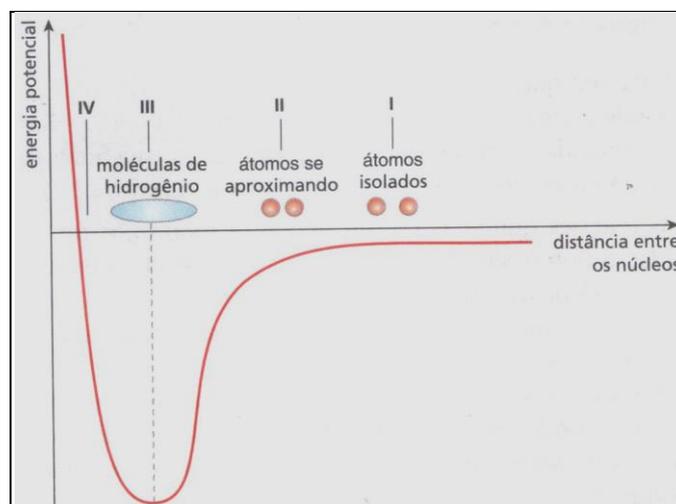


Figura 3 – Diagrama de energia x distância internuclear para a formação da molécula de H₂ (Fonte: Mortimer e Machado, 2011)

Há um gráfico como esse para a interação entre um cátion Na⁺(g) e um ânion Cl⁻(g); para a interação entre um íon, digamos, NO₃⁻ e as moléculas de água numa solução; para a interação entre duas moléculas de água, a que chamamos ligação de hidrogênio; para a interação entre dois átomos de Ne(g), exemplo da interação fraca a que chamamos interação de van der Waals, etc. Para todos esses casos, nos diz ainda Amaral [s/d], será possível traçar um gráfico a representar que a energia das duas espécies, infinitamente separadas é nula. Ou seja, se a distância entre elas for muito grande, não há interação. Mas, à medida que elas se aproximam, passará a haver uma interação atrativa e a energia do sistema formado pelas duas espécies vai diminuir. Haverá uma distância na qual a energia do sistema é um mínimo. E se essas espécies se aproximarem ainda mais, ao invés de se atraírem, passam a se repelir, o que faz com que a energia do sistema cresça muito rapidamente para separações menores do que o valor crítico. A possibilidade de representar um gráfico com um poço de energia é, portanto, comum a todas as interações com que a química lida⁶⁴: ligações covalentes, iônicas, metálicas, interações iônicas

⁶⁴ Russell (1981) alerta que a maioria das ligações não são 100% iônicas ou 100% covalentes, por exemplo. Na verdade a maioria possui características intermediárias, mas seria mais fácil entender estas ligações intermediárias relacionando-as com os tipos puros ou ideais de ligação. Mahan e Myers (1995) nos dizem que mesmo as ligações iônicas apresentam certo grau de covalência, e as ligações covalentes polares apresentam uma transferência parcial de elétrons.

molécula, ligações de hidrogênio, interações entre dipolos (sejam eles permanentes ou induzidos), etc.

O que varia em cada caso é: 1º - o mecanismo físico que resulta no abaixamento da energia, quando se cria a interação; 2º - a intensidade dessa interação, que no gráfico corresponderá à profundidade do poço de energia. Quanto ao primeiro aspecto, podemos dizer que o modelo da mecânica quântica nos possibilita elementos para compreender melhor esse abaixamento de energia que acompanha a aproximação das espécies que interagem atrativamente entre si. É raciocinando em termos das propriedades ondulatórias dos elétrons que se consegue calcular os abaixamentos de energia que ocorrem quando as espécies se atraem⁶⁵. O mérito da mecânica quântica é possibilitar que esses abaixamentos sejam calculados usando-se apenas as quatro constantes fundamentais da física⁶⁶.

De acordo com Toma (1997), as teorias atuais sobre ligação química foram em grande parte inspiradas na ideia da união por meio de pares de elétrons, proposta por Lewis em 1916, logo após o lançamento da teoria de Bohr. A ligação ficaria representada por meio de dois pontos, que seriam os elétrons, colocados entre os símbolos dos elementos, ou por um traço, simbolizando a união. Na concepção de Lewis, os dois elétrons da ligação são atraídos eletrostaticamente pelos dois núcleos atômicos, sendo compartilhados pelos mesmos. Associada a esse modelo de ligação está a teoria do octeto. Os elétrons ficariam dispostos ao redor do núcleo de modo a minimizar a repulsão entre os mesmos. O número máximo de elétrons de valência seria oito, com exceção dos elementos do primeiro período (H, He). Nessa ideia, está inerente a questão da afinidade dos átomos por elétrons (afinidade eletrônica, potencial de ionização), bem como a questão da igualdade ou desigualdade com que estes são atraídos pelos núcleos. A afinidade associa-se ao conceito de valência como maneira de expressar a capacidade de

⁶⁵ Para Amaral [s/d], há uma exceção importante, em que é possível fazer um modelo clássico da origem do abaixamento da energia sem recorrer à mecânica quântica: a ligação iônica. O modelo da interação eletrostática descreveria bastante bem a parte atrativa da curva de energia versus distância para um par de íons. Ainda assim, a parte repulsiva das curvas de energia só poderia ser explicada convenientemente por meio da mecânica quântica.

⁶⁶ Essa e outras contribuições, que agradecemos, foram dadas pelo Prof. Hélio Anderson Duarte (DQ/UFMG) a partir de sua leitura crítica desta seção do Capítulo 3.

combinação dos átomos. Para tratar das desigualdades atômicas, Pauling introduziu o conceito de eletronegatividade (em termos de energias de ligação). Linnett ampliou o modelo de Lewis de forma a assimilar o Princípio de Pauli: o par eletrônico deve ser representado por dois elétrons de spins opostos, e o octeto passa a ser constituído por dois quartetos de elétrons diferenciados pelos spins.

Ainda como nos diz Toma (1997), o modelo de Lewis é bastante útil na descrição qualitativa das ligações químicas⁶⁷. Porém, quando se quer discutir questões energéticas, geometrias ou aspectos de natureza espectroscópica, em geral torna-se necessário lançar mão de teorias quânticas que enfocam a ligação química em termos da combinação de orbitais⁶⁸. Esse tipo de abordagem exige o ensino do modelo quântico para o átomo, e considera que, quando dois átomos se ligam, o compartilhamento eletrônico se dá pela combinação dos orbitais que estão interagindo. Os dois orbitais atômicos são representados por funções de onda. O resultado dessa combinação é a formação de novos orbitais estendidos sobre os dois átomos, denominados orbitais moleculares. Essas ideias constituem a base da Teoria dos Orbitais Moleculares, proposta por Mulliken, em 1932.

As energias são calculadas por meio da equação de Schrödinger, uma expressão matemática dos termos energéticos da molécula, englobando, por exemplo, a energia cinética dos elétrons, a atração dos núcleos pelos elétrons de ligação, a repulsão entre os elétrons e a repulsão internuclear. A solução da equação de Schrödinger sempre conduz a dois valores de energia associados às combinações, por soma ou diferença, dos orbitais atômicos. A solução de menor energia provém da combinação dos orbitais atômicos com

⁶⁷ O que é razoável ensinar então a partir de Lewis, já que não se ensina quântica no nível médio? De acordo com Mahan e Myers (1995), os diagramas de Lewis tiveram sucesso ao explicar as fórmulas moleculares e o conceito de valência, ficando claro que o compartilhamento de um par de elétrons era a base de uma ligação química covalente. Esses avanços, segundo os autores, ocorreram 10 anos antes do desenvolvimento da mecânica quântica. O único modelo disponível para interpretar o comportamento dos elétrons nos átomos, antes do advento da mecânica quântica, era o modelo de Bohr. Este representava o movimento eletrônico de forma tão grosseira que não pode ser utilizado para explicar a formação das ligações covalentes, que constituem a maioria das ligações químicas. Somente a mecânica quântica foi capaz de explicar o comportamento dos elétrons nas moléculas. Assim, entendemos que o modelo de Lewis pode ser abordado no ensino médio não para “explicar” a ocorrência das ligações covalentes, mas para as questões tratadas com “sucesso” pelo modelo. Como em qualquer teoria, explicamos por meio de modelos, considerando seus limites (DUARTE).

⁶⁸ Duarte nos apresenta alternativas ao uso de teorias quânticas nesses casos: modelo de *born lande* para ligação iônica, ou o modelo VSEPR.

o mesmo sinal, formando um orbital molecular denominado ligante que leva à estabilização da molécula⁶⁹.

O diagrama de energia dos orbitais moleculares mostra que a formação da ligação química está relacionada à estabilização proporcionada pelo preenchimento do orbital ligante:

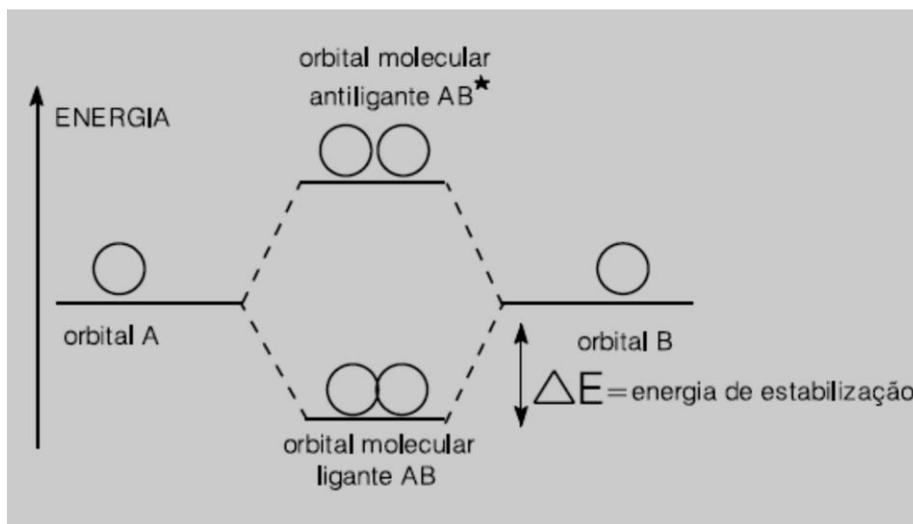


Figura 4 – Representação de um diagrama simplificado de orbitais moleculares. (Fonte: Toma, 1997)

Toma (1997) também descreve que a teoria de bandas estende a teoria dos orbitais moleculares para um número grande ou infinito de átomos. Eisberg e Resnick (2003), ao tratarem da *teoria de bandas nos sólidos*, nos dizem que para compreendermos o efeito de se colocar um grande número de átomos próximos num sólido, devemos considerar primeiro somente dois átomos que estão inicialmente distantes. Todos os níveis de energia desse sistema de dois átomos têm uma dupla degenerescência de troca. Isto é, para o sistema total, a parte espacial da autofunção dos elétrons pode conter uma combinação das autofunções espaciais individuais dos átomos que seja simétrica numa troca de pares de coordenadas eletrônicas ou que seja antissimétrica numa troca desse tipo. Quando os átomos estão bem afastados, os dois tipos distintos de autofunções têm a mesma energia e, portanto, cada um dos níveis de energia tem uma dupla degenerescência

⁶⁹ Como nos diz Duarte, porém, a solução que conduz a dois valores de energia só ocorre no caso da utilização de uma base mínima: mesmo para o hidrogênio podem ser geradas infinitas soluções. Além disso, o “mesmo sinal” requerido para os orbitais atômicos significa interferência construtiva das funções de onda, ponto de contato, portanto, com a física das ondas.

de troca. Mas quando os átomos são aproximados, a degenerescência de troca é removida. Quando os átomos estão suficientemente próximos, a energia do sistema dependerá da simetria da autofunção espacial. Conseqüentemente, um dado nível de energia do sistema é desdobrado em dois níveis de energia distintos quando começa a haver a superposição e a separação entre os níveis aumenta à medida que diminui a distância entre os átomos. Com três átomos isolados, teríamos tido uma tripla degenerescência de troca dos níveis de energia. Quando os átomos são colocados juntos numa rede linear uniforme, cada um dos níveis se desdobra em três níveis distintos. Num sólido que contenha algo como 10^{23} átomos/mol, os níveis de cada conjunto num sólido estão de tal forma próximos que na verdade constituem praticamente uma banda contínua de energia. As bandas provenientes dos níveis dos elétrons de subníveis fechados de um átomo isolado têm todos os seus níveis ocupados. As bandas provenientes dos elétrons de valência podem estar ou não totalmente ocupados. Se um campo elétrico for aplicado no sólido, os elétrons vão adquirir uma energia extra somente se existir em níveis disponíveis não ocupados dentro do intervalo de energia que a intensidade do campo elétrico aplicado permitirá aos elétrons adquirir. Se não existir níveis vazios vizinhos, o elétron não poderá ganhar energia alguma e o sólido se comportará como um isolante. O que vai determinar se as bandas contendo elétrons de valência serão cheias ou vazias é a valência dos átomos que constituem o sólido e a geometria da rede cristalina na qual este se solidifica. É possível, pelo menos, dizer que um sólido não será isolante a menos que uma de suas células unitárias tenha um número par de elétrons de valência, porque um número ímpar de elétrons de valência nunca poderá preencher uma banda. A maioria dos sólidos covalentes como diamante, ou cristais iônicos como cloreto de sódio, são isolantes. Todos eles têm um número par de elétrons de valência por célula unitária. Em sólidos formados a partir de átomos alcalinos monovalentes, como o sódio, a banda contendo os elétrons de valência não pode ser totalmente ocupada e conseqüentemente o sólido se comporta como um condutor⁷⁰.

Toma (1997) nos diz que, assim como a combinação de dois orbitais atômicos conduz a dois orbitais moleculares, a combinação de n orbitais atômicos dará origem a n orbitais moleculares, porém com forte superposição, formando uma banda de orbitais:

⁷⁰ Não se pode esquecer, ressalta Duarte, de que há o aspecto de simetria espacial. No diamante, por exemplo, as ligações sp^3 são localizadas. No grafite, os orbitais p que geram ligações π são os responsáveis pela condutividade ao longo da superfície.

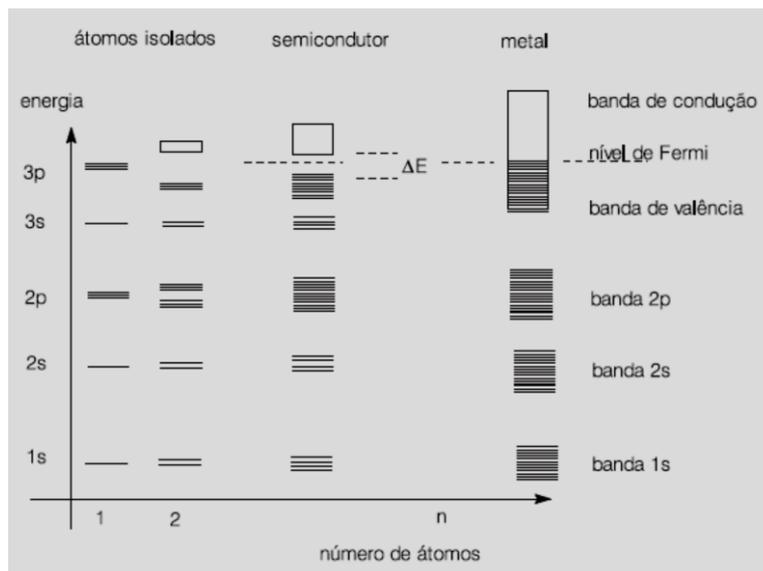


Figura 5 – Extensão dos orbitais moleculares mostrando a multiplicação dos níveis com o aumento do número de átomos, até formar bandas de orbitais moleculares. (Fonte: Toma, 1997)

A situação mais simples no diagrama da figura 5 é a do átomo isolado ($n = 1$) ou de moléculas pequenas ($n = 2, 3$, etc.), para os quais todos os níveis são discretos. A situação intermediária, com bandas de valência separadas umas das outras, é típica dos elementos não metálicos encadeados. Nesses elementos, o último nível com elétrons está completo e encontra-se separado do nível vazio mais próximo por uma diferença significativa de energia. A condução eletrônica, propriedade típica dos materiais metálicos, exige a promoção dos elétrons da banda cheia para a banda vazia (banda de condução).

A ligação metálica

Que modelo podemos fazer para uma ligação entre metais, a qual chamamos de ligação metálica? (Grupo Apec, 2010, p.98).

De acordo com o *Chemical Bond Approach Committee* (1964), as diversas propriedades apresentadas pelos metais (maleabilidade, ductibilidade, condutividade e elevada força de tensão, dentre outras) podem ser explicadas pela ideia da ligação metálica. A ligação metálica é a força de atração considerável originada pelos elétrons que ficam entre os átomos de um metal, que rodeiam cada átomo de uma maneira essencialmente simétrica, ligando-o ao átomo vizinho. A figura que resulta deste modelo mostra um grande número de núcleos positivos suspensos num “mar de elétrons”, os quais

não estariam firmemente ligados a núcleo algum. Uma vez que este mar de elétrons circunda cada núcleo simetricamente, estes podem ser movidos, uns em relação aos outros, com relativa facilidade, desde que não se altere a distância média entre eles. Para Mahan e Myers (1995), uma maneira de descrever a situação eletrônica dos metais é representar o cristal como um conjunto de íons positivos imersos num “mar de elétrons” de valência móveis. Este “mar de elétrons” é o responsável pela coesão dos metais e pela singularidade de suas propriedades mecânicas, elétricas e térmicas. No mesmo sentido, de acordo com Russell (1981) as unidades que ocupam os pontos reticulares num sólido metálico são íons positivos. No sódio metálico, por exemplo, encontramos íons Na^+ ocupando os pontos de um retículo, e cada Na^+ perde um elétron formando uma “nuvem eletrônica” que se espalha por todo o retículo. Estes elétrons não estão ligados a qualquer átomo ou mesmo a um par, mas estão deslocalizados sobre o cristal. Por isto são chamados elétrons livres. Muitas vezes, também são tratados como um “gás de elétrons”⁷¹ e a mecânica quântica os considera como ondas que se estendem pelo cristal inteiro de sódio⁷².

Para Amaral [s/d], pode-se pensar que as ligações interatômicas correspondam a dois tipos de estratégia. No primeiro tipo, no qual se inclui a ligação metálica, há relativamente poucos elétrons nas camadas externas dos átomos que interagem entre si. Havendo poucos elétrons e sendo grandes os raios atômicos⁷³, as ligações localizadas entre um par de átomos tenderão a ser fracas. Para conseguir o máximo de abaixamento

⁷¹ A descrição da “distribuição” dos elétrons nos metais geralmente é feita por meio da utilização de analogias como as do “mar de elétrons” – como fizeram o *Chemical Bond Approach Committee* (1964) e Mahan e Myers (1995) –, ou da “nuvem eletrônica” e “gás de elétrons” – como fez Russell (1981). O uso dessas diferentes analogias também pode ser verificado nos livros de química destinados ao Ensino Médio, como nos mostram Silva, Santos e Wartha (2009). Carvalho e Justi (2005) discutem o papel das analogias na compreensão do modelo da ligação metálica, discussão essa que retomaremos na seção na qual problematizamos o ensino dos modelos de ligação química.

⁷² Conforme Duarte, o tratamento quântico é exatamente o mesmo. A questão é que as equações matemáticas são demasiadamente complexas e por isso teremos que usar aproximações como esta das ondas planas.

⁷³ De acordo com Amaral [s/d], raios atômicos grandes contribuem para que os átomos apresentem baixas energias de ionização. Energia de ionização, conforme Russell (1981), é a energia mínima necessária para a formação de um íon positivo de um átomo em seu estado fundamental isolado e neutro por remoção do elétron chamado de ionizável.

de energia, as ligações não serão entre átomos localizados, mas os elétrons tenderão a se deslocalizar, interagindo com um número maior de núcleos atômicos. Isso significará que, individualmente considerado, cada par de átomos vizinhos terá uma fraca ligação entre si. Em compensação, todos os átomos interagirão (fracamente) com todos os outros. O resultado de um grande número de interações atrativas, individualmente fracas, será uma interação global forte.

De acordo com Eisberg e Resnick (2003), nos sólidos metálicos⁷⁴ os elétrons participam de todos os íons do cristal. Quando um cristal é formado por átomos contendo alguns elétrons fracamente ligados nos subníveis mais externos, esses elétrons podem ser liberados dos átomos individuais pela energia disponível com a ligação. Esses elétrons movem-se no potencial combinado de todos os íons positivos e são compartilhados por todos os átomos do cristal. Fala-se de um “gás de elétrons” no qual os íons positivos estão imersos e que exerce forças atrativas sobre cada íon, superando as forças repulsivas exercidas pelos outros íons, daí a ligação. Os elétrons estão compartilhados por todos os átomos, estão livres e podem movimentar-se através do cristal, de átomo em átomo, havendo muitos estados eletrônicos desocupados.

Segundo Paula, Alves e Mateus (2011), a reunião de muitos átomos metálicos implica uma economia de energia. Quando vários átomos se aproximam, os níveis de energia permitidos em cada átomo são afetados pela presença dos outros átomos, dando origem a uma banda de energia formada por níveis muito próximos. Desse modo, todos os elétrons que compõem os átomos que se reuniram são “acomodados” em níveis de energia permitidos na nova estrutura. Essa reunião dá origem a uma banda de energia com muitos níveis de energia vazios e permitidos, bem como outros proibidos. Esses níveis vazios podem ser compartilhados por elétrons presentes em todos os átomos do

⁷⁴ Conforme os autores, os sólidos classificam-se segundo o tipo predominante de ligação, sendo os tipos principais o *molecular*, o *iônico*, o *covalente* e o *metálico*. Essa mesma tipologia é proposta por Russell (1981), que diz que as propriedades dos sólidos dependem da geometria e da estrutura do retículo cristalino, da natureza das unidades (átomos, íons, moléculas) nos pontos reticulares e das forças que mantêm unidas estas unidades. Para Mahan e Myers (1995), parece inevitável que os aspectos mais detalhados dos sólidos devam relacionar-se com a natureza das forças que mantêm unido o retículo cristalino. Assim, para os autores, torna-se útil distinguir entre sólidos *iônicos*, *metálicos*, *moleculares* e *redes covalentes*, e associá-los a uma série de propriedades características de cada tipo de ligação. Eles ainda alertam que pode haver muitas substâncias que não se enquadram claramente em uma das quatro classes.

sólido. A existência de uma banda de energia parcialmente vazia na estrutura de bandas de energia de um sólido metálico facilita o deslocamento de elétrons de um nível de energia já ocupado para outro desocupado. Quando esse deslocamento acontece, os elétrons que ocupam a última banda de energia parcialmente preenchida passam a se comportar, grosso modo, como “elétrons livres”. Esses elétrons que ocupam as últimas bandas de energia de um material são os responsáveis por todos os fenômenos químicos e, também, pelo fenômeno da condução de corrente elétrica. Na figura 6, ilustra-se a ligação de um sólido metálico aos polos de uma bateria, uma das situações em que o processo de deslocamento de elétrons costuma ocorrer:

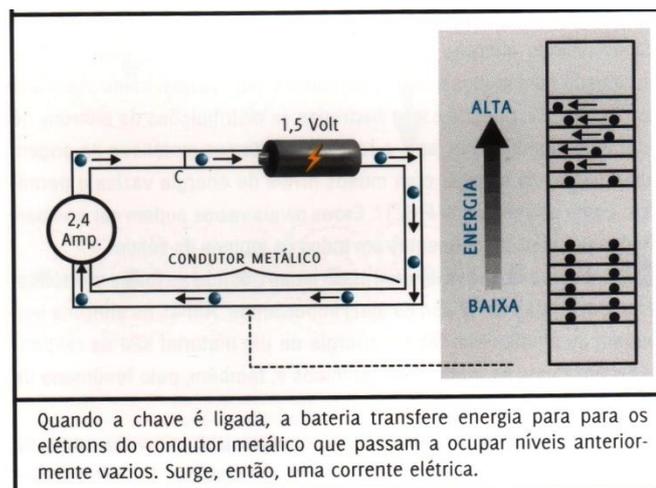
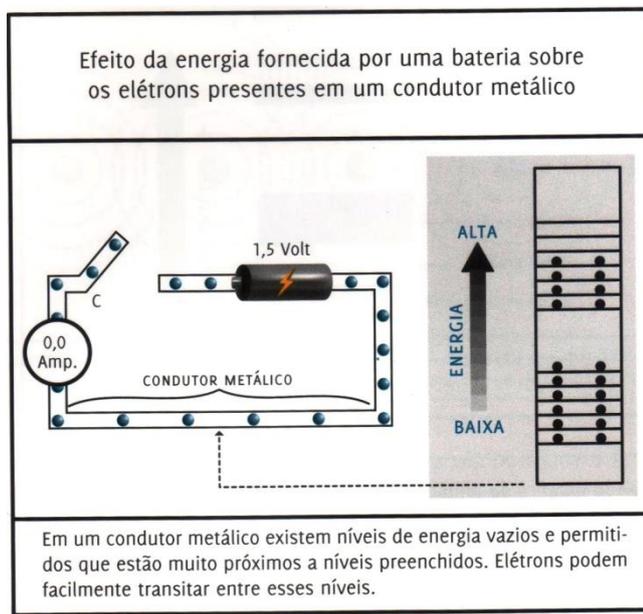


Figura 6 – Efeito da energia fornecida por uma bateria sobre os elétrons presentes em um condutor metálico. (Fonte: Paula, Alves e Mateus, 2011)

Nesse sentido, Toma (1997) nos diz que no estado metálico ocorre forte superposição entre a banda cheia e a banda vazia superior, de modo que a passagem do elétron para a banda de condução exige uma quantidade insignificante de energia. Também é possível que a última banda eletrônica esteja apenas parcialmente preenchida, apresentando vacância para condução, sem necessidade da interpenetração energética com o nível vazio superior. Nesse caso, também se observa um caráter metálico. Nos sistemas metálicos, os elétrons se distribuem dentro da banda como se fossem um fluido dentro de um copo.

Também para Eisberg e Resnick (2003), como o sólido metálico é uma rede regular de íons positivos esfericamente simétricos, dispostos como esferas compactas, através dos quais os elétrons movem-se, eles são obviamente excelentes condutores de eletricidade ou calor. Os elétrons absorvem facilmente energia da radiação incidente ou das vibrações da rede, movendo-se sobre a influência de um campo elétrico aplicado, ou de um gradiente térmico. Reconheceu-se que as altas condutividades elétrica e térmica dos metais deveriam ser atribuídas ao movimento dos elétrons no metal. As teorias clássicas da condução metálica tratavam esses elétrons como um gás de partículas independentes dentro do metal colidindo com as imperfeições da rede. Utilizando os métodos da teoria cinética clássica, vários experimentos ligados às condutividades elétrica e térmica podiam ser explicados. Na ausência de um campo aplicado, esses elétrons se movem em direções ditadas pelo acaso. A razão disso é que os elétrons frequentemente colidem com imperfeições da rede cristalina do metal, produzidas pela agitação térmica dos íons em torno de suas posições de equilíbrio na rede ou com íons de impurezas da rede. Ao colidir com essas imperfeições, os elétrons mudam de direção e velocidade, o que torna seu movimento aleatório. Quando um campo elétrico é aplicado ao metal, os elétrons modificam seus movimentos aleatórios, de modo que, em média, eles se deslocam lentamente na direção oposta à do campo, pois suas cargas são negativas. Com o advento da mecânica quântica, tornou-se possível levar em conta a natureza ondulatória dos elétrons e o princípio de exclusão de Pauli. Vários outros fenômenos não explicados até então passaram a ser. A necessidade da utilização da distribuição de Fermi para os elétrons livres, por exemplo, levou à compreensão da contribuição eletrônica ao calor específico dos sólidos. A subsequente aplicação das ideias ondulatórias levou à

quantização da energia em níveis e a teoria de bandas em sólidos, que explica, como vimos, a vasta gama de condutividade observada nos sólidos comuns.

Em síntese, as propriedades geralmente apresentadas pelos materiais metálicos, portanto, poderiam ser explicadas por meio da estratégia concebida para as interações interatômicas nesse material, sobre a qual discorreremos⁷⁵. De acordo com o *Chemical Bond Approach Committee* (1964), com Russell (1981), com Mahan e Myers (1995), e com Eisberg e Resnick (2003), essas propriedades geralmente apresentadas pelos metais seriam as seguintes⁷⁶:

- Os metais são caracterizados pelo brilho prateado e refletividade, alta condutividade elétrica e térmica, e por sua maleabilidade, ou facilidade com a qual eles podem ser esticados, martelados e curvados, sem se quebrar. Prata, ouro e platina são substâncias em que todas estas propriedades aparecem com maior nitidez. Por outro lado, para a maioria dos metais falta uma ou mais destas características.
- As temperaturas nas quais ocorrem a fusão e a ebulição são muito mais altas para o metal do que para o composto molecular⁷⁷, como também a região correspondente ao líquido é muito maior no caso do metal. Como regra aproximada, pode-se considerar que um metal permanece líquido numa faixa de temperatura de cerca de 1000 °C. Os metais podem ser obtidos na forma de cristais

⁷⁵ Mahan e Myers (1995) nos alertam que, apesar da descrição de elétrons livres ser coerente com as propriedades gerais da maioria dos metais, não restam dúvidas de que ela é uma grande simplificação. Dentro do grupo dos metais, há uma considerável variação de propriedades. Assim, o mercúrio funde a -39 °C e tungstênio a 3300 °C; os metais alcalinos podem ser cortados com uma faca de cozinha, mas o ósmio é duro o bastante para riscar o vidro; o cobre é um condutor elétrico 65 vezes melhor do que o bismuto. Para entender estas variações nas propriedades metálicas, é preciso conhecer teorias de ligação mais elaboradas.

⁷⁶ Nesta seção, a opção foi a de iniciarmos com a descrição dos modelos explicativos para os diversos tipos de ligações químicas, e só depois tratarmos das propriedades apresentadas pelos materiais. Como veremos nos Capítulos 5 e 6, porém, as mediações pedagógicas em sala de aula trilharam o caminho inverso: partindo-se das propriedades apresentadas por materiais, buscava-se a construção de modelos explicativos para tais propriedades.

⁷⁷ De acordo com Russell (1981), nos sólidos moleculares as unidades que ocupam os pontos reticulares são moléculas. *Dentro* de cada molécula os átomos se mantêm unidos através de ligações covalentes.

maciços muito fortes, mas tão flexíveis que podem ser dobrados e transformados em fios. Os metais podem ser forjados e transformados em fios, sem se quebrarem. Apresentam um contraste notável com a friabilidade dos não metais, e com a facilidade que estes podem ser quebrados. Nos metais, a atração mútua entre o “gás de elétrons” e os íons positivos que ocupam os pontos do retículo cristalino estabiliza a estrutura e ao mesmo tempo lhes permitem sofrer distorção sem esfarelar. Assim, o sódio e alguns metais são moles e facilmente deformáveis. Alguns metais, entretanto, são duros. No tungstênio e no cromo, a ligação metálica é complementada por ligações covalentes entre átomos vizinhos. Estas tendem a manter a estrutura rígida, impedindo que os metais se deformem facilmente.

- Os metais são altamente opacos à luz visível. Como a radiação da região visível do espectro eletromagnético é facilmente absorvida, tais sólidos são opacos. A maior parte dos metais reflete praticamente toda a luz visível que incide sobre eles. Isso dá origem à aparência brilhante característica das superfícies planas do metal. Quando um metal comum não apresenta brilho, isto geralmente significa que sua superfície está recoberta por algum material estranho, ou que ele reagiu com o oxigênio formando-se uma camada de óxido. O fato de serem altamente opacos à luz visível distingue os metais dos compostos predominantemente iônicos ou covalentes, os quais, com poucas exceções, são transparentes, desde que os cristais sejam suficientemente grandes. Esse aspecto característico do metal, seu brilho, também é originado por elétrons livres. Os elétrons não ligados na superfície do metal absorvem e reirradiam a luz, que incide na superfície. Isto ocorre de tal maneira, que uma superfície metálica lisa reflete a luz em todos os ângulos, dando aos metais seu brilho característico.
- Os metais também se diferenciam dos outros materiais pela pequena resistência em relação à passagem da corrente elétrica, isto é, alta condutividade. Os elétrons deslocalizados num metal dão origem à condutividade elétrica e térmica. A alta condutividade elétrica dos metais é prontamente entendida se os elétrons estão livres para se movimentar sob a ação de um campo elétrico aplicado. Os elétrons podem ser adicionados ao “gás eletrônico” numa extremidade de um pedaço de metal e, simultaneamente, retirados de outra. A passagem de elétrons de uma

extremidade a outra constitui a condução elétrica. Os compostos iônicos⁷⁸, quando fundidos, também tornam-se condutores de eletricidade, mas a condutividade de uma substância iônica fundida é bem menor do que aquela de uma barra metálica de mesma seção reta. Além do mais, no caso do metal, a condução de eletricidade não produz efeito algum sobre o metal, a não ser uma elevação de temperatura, enquanto que, num sal fundido, a condução é sempre acompanhada de reações químicas nos pontos em que a corrente entra na massa fundida e dela sai novamente. Como vimos, o conceito das faixas ou bandas de energia pode ser empregado na discussão de algumas propriedades gerais dos condutores metálicos, em comparação com os isolantes.

- Os metais também são bons condutores de calor. A alta condutividade térmica dos metais também é consequência da liberdade dos elétrons, os quais podem adquirir grande energia cinética térmica, mover-se rapidamente através do sólido e, deste modo, transportar calor. O aquecimento da extremidade de uma peça metálica aumenta a energia cinética média tanto dos íons, que vibram mais violentamente, como dos elétrons, que se movimentam mais rapidamente por todo o metal. A liberdade que os elétrons têm de transferir energia rapidamente de uma extremidade a outra do metal é responsável pela alta condutividade térmica.
- A ductibilidade e a maleabilidade também são explicadas com o uso do modelo para a estrutura metálica. A descrição de elétrons livres é coerente com as propriedades mecânicas dos metais. Uma vez que não há ligações localizadas altamente direcionais, um plano de átomos pode se movimentar sobre outro com relativamente pouco gasto de energia. Em virtude dos elétrons de valência não estarem localizados e da ligação metálica não ser fortemente direcional, não é preciso quebrar completamente as forças de ligação para deformar o sólido.

Outros materiais, no entanto, não apresentam essas mesmas propriedades dos metais. Como nos diz Amaral [s/d], uma segunda estratégia rege as ligações interatômicas que ocorrem nos materiais não metálicos. Nesse caso, os átomos terão muito elétrons de

⁷⁸ De acordo com Mahan e Myers (1995), nos sólidos iônicos, as unidades do retículo que se repetem são fragmentos carregados positiva e negativamente, arrançados de tal modo que a energia potencial dos íons nas posições reticulares é mais baixa do que quando os íons estão infinitamente separados.

valência e seus raios atômicos serão pequenos. Os elétrons de valência estão fortemente presos a seus núcleos e a estratégia da deslocalização não é mais possível. Por outro lado, eles podem interagir mais fortemente com os elétrons e os núcleos dos átomos imediatamente vizinhos. Ao invés de se formar um grande cristal metálico, a forma mais eficiente de promover o abaixamento da energia do sistema de átomos será a formação de pequenas moléculas entre dois átomos (ou outro número pequeno de átomos). Os elétrons estarão localizados, num modelo de ligação chamada covalente. Outra possibilidade de localização de elétrons é relevante, se considerarmos o que ocorre se aproximarmos átomos de um elemento situado no início de um período da tabela periódica de outros átomos de elementos situados no final de um período. Como resultado, os átomos com elétrons fracamente ligados são arrancados e passam à eletrosfera dos outros átomos, menores e mais capazes de atrair elétrons. Com isso, fica criado um par de íons – positivo e negativo – e há um abaixamento de energia, que é descrito pela Lei de Coulomb: é o modelo das ligações iônicas. Como nos diz Russell (1981), quando um átomo possui uma energia de ionização baixa e outro apresenta uma alta afinidade eletrônica, um ou mais elétrons podem se transferir do primeiro para o segundo para formar uma ligação predominantemente iônica⁷⁹.

A ligação iônica

Vejam a seguinte situação: os elétrons de um átomo se transferem integralmente para outro. O átomo que perde seus elétrons forma um cátion, ou seja, um átomo deficitário de elétrons, já que o número de prótons existente no núcleo não varia. Por outro lado, o átomo que recebe tais elétrons forma um ânion, ou seja, um átomo com excesso de cargas negativas. A ligação que ocorre entre íons – átomos carregados –, recebe o nome de ligação iônica (Grupo Apec, 2010, p.99).

De acordo com Eisberg e Resnick (2003), “*existem dois tipos principais de ligação molecular, a ligação iônica e a ligação covalente*”⁸⁰. Consideremos a formação

⁷⁹ Uma das críticas que Lima e Barboza (2005) fazem é quanto ao estudo da classificação periódica dos elementos como tópico de conteúdo e objeto de memorização. Entendemos que o estudo das propriedades periódicas a partir do estudo dos modelos de ligações químicas é uma oportunidade para se inverter esse quadro apontado pelas autoras. Não faz sentido ensinar propriedades periódicas em bloco e descoladas de ligações como é geralmente feito.

⁸⁰ Coerentes com esse entendimento de que uma ligação *molecular* pode ser do tipo iônica ou covalente, Eisberg e Resnick (2003) vão se referir à “*molécula de NaCl*” como um exemplo de

do NaCl a partir de um átomo de Na e outro de Cl, inicialmente muito afastados. A figura 7 mostra que remover o elétron mais externo do Na para formar o íon Na^+ requer uma energia de ionização de 5,1 eV:

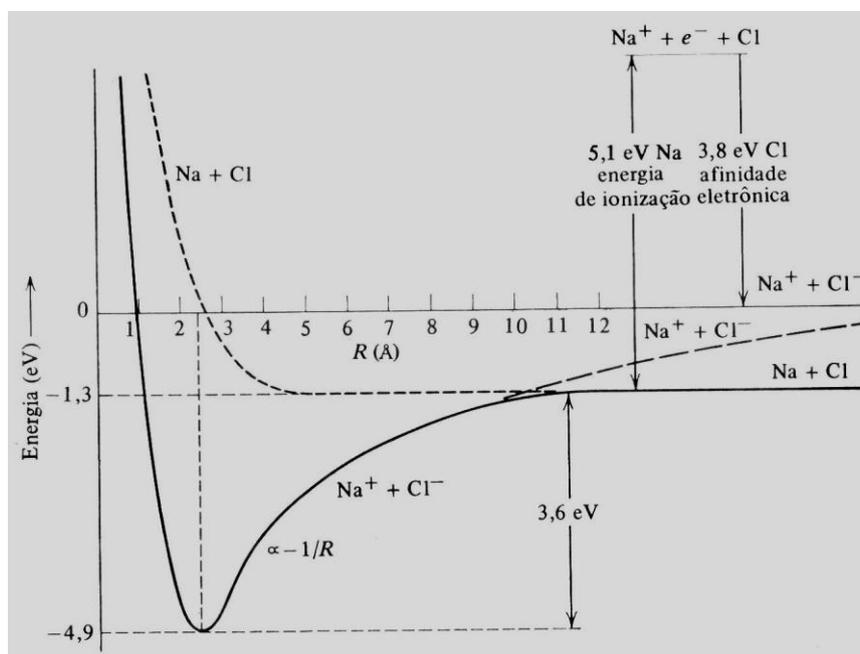


Figura 7 – Energia dos átomos neutros Na e Cl e dos íons Na^+ e Cl^- em função da separação internuclear R. (Fonte: Eisberg e Resnick, 2003)

Nos átomos de sódio, Na, as interações dos elétrons de valência são relativamente fracas, pois a presença de elétrons em outros subníveis exerce um efeito de blindagem elétrica do núcleo. Desta forma, os elétrons de valência movem-se externamente num campo enfraquecido. O íon cloreto, Cl^- , é formado porque ao átomo de cloro, Cl, liga-se esse elétron, completando-se assim um nível de energia anteriormente incompleto. Os átomos neutros de cloro têm uma afinidade eletrônica relativamente alta. Ou seja, o íon que apresenta o último nível de energia completo é mais estável do que o átomo neutro,

ligação iônica, e à molécula de H_2 como um exemplo de ligação covalente. Para os autores, de um certo ponto de vista, uma *molécula* é um arranjo estável de um grupo de núcleos e elétrons, cuja configuração exata é ditada pelas forças eletromagnéticas e pelas leis da mecânica quântica. Outros autores, como Mahan e Myers (1995), e Paula, Alves e Mateus (2011), por exemplo, vão se referir também à “*molécula de NaCl*” quando estão tratando da ligação iônica. Quanto aos sólidos iônicos, no entanto, não verificamos divergências quanto ao entendimento expresso, por exemplo, por Russell (1981): nem todos os sólidos, como os iônicos, são formados por moléculas. Para o autor, que utiliza o mineral wurtzita (ZnS) como exemplo, não há conglomerados discretos de átomos de zinco e enxofre que possam ser chamados moléculas. Há somente o arranjo regular, que se repete até que a superfície do cristal é atingida, à distância de muitos trilhões de átomos. Assim, o sulfeto de zinco não seria formado de moléculas.

cerca de 3,8 eV menor. A formação dos íons Na^+ e Cl^- envolve 1,3 eV de energia (5,1 eV – 3,8 eV) Esses íons, porém, exercem entre si forças coulombianas atrativas e a energia de atração é maior do que 1,3 eV. Como a energia potencial de Coulomb entre os íons é negativa, a energia potencial do sistema total decresce inicialmente quando a separação entre os íons é reduzida progressivamente. Há uma distância internuclear para a qual essa energia é mínima, 4,9 eV menor do que o valor para íons afastados. Em comparação com os dois átomos neutros, $\text{Na} + \text{Cl}$, o sistema combinado NaCl tem energia 3,6 eV menor (isto é, $E = 1,3 \text{ eV} - 4,9 \text{ eV} = - 3,6 \text{ eV}$) de forma que o estado ligado é energeticamente favorecido. A separação internuclear de equilíbrio para o NaCl vale 2,4 Å. Um aspecto particularmente importante desse processo, ressaltam Paula, Alves e Mateus (2011), é o fato de que a energia do que chamamos agregado, formado a partir da atração entre os íons Na^+ e Cl^- , ser significativamente menor que a soma das energias apresentadas pelos dois átomos Na e Cl , quando ambos estão neutros e isolados um do outro. O NaCl se mantém por uma ligação predominantemente iônica, portanto.

Eisberg e Resnick (2003) nos dizem ainda que, como a região da carga positiva (Na^+) e a região de carga negativa (Cl^-) estão separadas, existe um momento de dipolo elétrico permanente. As ligações iônicas não são direcionais, pois cada íon tem uma configuração de camada fechada, sendo esfericamente simétrico. Podem-se formar ligações iônicas com mais de um elétron de valência, como no caso do MgCl_2 , quando o estado do agregado é energeticamente menor do que o estado de átomos separados. O número de ligações iônicas que um átomo pode formar depende da estrutura de camada do átomo, isto é, nos potenciais de ionização gerados pela remoção sucessiva de elétrons. Será energeticamente favorável formar ligações iônicas somente com aqueles (poucos) elétrons dos subníveis externos que têm potenciais de ionização dentro de certos limites. Compostos de elementos da primeira e da penúltima colunas da tabela periódica (os halogenetos alcalinos como KCl , LiBr , etc.) são iônicos como muitos dos formados com elementos da segunda e antepenúltima (os óxidos alcalino-terrosos, sulfetos, etc.).

Porém, nem a ligação metálica nem a ligação iônica levam a uma molécula de H_2 ligada, por exemplo. Como vimos, na formação da molécula do H_2 temos um modelo de interação interatômica do tipo covalente.

A ligação covalente

No caso do compartilhamento de elétrons, os átomos estão ligados por covalência. Não apresentam íons, nem elétrons livres (Grupo Apec, 2010, p.99).

Consideremos, portanto, a formação da molécula de H_2 . De acordo com Eisberg e Resnick (2003), se calculássemos a energia necessária para formar íons de hidrogênio negativos e positivos levando-se um elétron de um átomo de hidrogênio a outro, e em seguida somássemos a energia de Coulomb de interação dos íons, veríamos que não existe nenhuma distância internuclear para a qual a energia total seria negativa. Isto é, a ligação iônica não leva a uma molécula de H_2 ligada. O fato de que H_2 seja uma molécula pode ser compreendido pela mecânica quântica considerando-se o comportamento das autofunções eletrônicas que descrevem a distribuição de carga do sistema quando dois átomos de hidrogênio se aproximam um do outro. A distribuição de carga resultante produz uma atração eletrostática, mas trata-se de uma distribuição de carga que pode ser interpretada como se os elétrons fossem comuns aos dois átomos.

A ligação é denominada covalente. Devido à superposição espacial completa das funções de onda dos elétrons indistinguíveis no H_2 , torna-se totalmente impossível associar um elétron particular a um átomo particular da molécula⁸¹. Em vez disso, os elétrons, responsáveis pela ligação que mantêm juntos os átomos no interior da molécula, participam da molécula ou da própria ligação. Esta é a ideia do par comum ou compartilhado de elétrons, com spins antiparalelos que constituem uma ligação covalente. Se os dois elétrons tivessem spins paralelos não poderiam ambos estar na região entre os núcleos. Não poderiam então permanecer no espaço onde a atração exercida pelos núcleos sobre eles é otimizada. A mecânica quântica prevê, quanto à energia total do sistema em função da distância internuclear, que só se obtém um estado ligado no caso de spins antiparalelos. Somente dois elétrons podem formar uma ligação covalente (simples). Um elétron de um átomo emparelha-se com um elétron de spin antiparalelo de outro átomo. Se um átomo tem vários elétrons ocupando subníveis externos de forma que esses subníveis ainda encontrem-se incompletos, cada um dos elétrons pode apresentar

⁸¹ Para Duarte, essa indistinguibilidade de elétrons não é fruto de uma limitação humana, tratando-se, na realidade, de uma propriedade intrínseca da matéria.

probabilidade de formar uma ligação covalente com um elétron de valência de um átomo vizinho. Se existir, entretanto, dois elétrons de valência com spins antiparalelos num átomo, um elétron de valência adicional de outro átomo não conseguirá formar uma ligação com nenhum deles, uma vez que os mesmos já estarão emparelhados entre si. Portanto, os elétrons de valência de um átomo que são capazes de formar ligações covalentes são os que ainda não formam pares com spins antiparalelos em consequência do princípio de exclusão. Em geral, o número de elétrons de valência desemparelhados é igual ao número de elétrons no subnível até que ele esteja meio cheio e é igual ao número de buracos do subnível além desse limite⁸².

Como na ligação iônica, continuam os autores Eisberg e Resnick (2003), na ligação covalente um dado átomo interage fortemente exclusivamente com um número limitado de outros átomos. Mas, diferentemente da ligação iônica, a ligação covalente é direcional⁸³. As propriedades direcionais das ligações covalentes manifestam-se nas propriedades estruturais das moléculas ligadas covalentemente e constituem as bases da química orgânica. A distribuição de carga nos elétrons emparelhados numa ligação covalente tem uma simetria em torno do centro da molécula, como no caso do H₂, de modo que não existe momento de dipolo elétrico permanente associado com a ligação covalente. Não é o caso da ligação em moléculas que contenham núcleos não idênticos, pois, embora predominantemente covalente, essa ligação pode ser parcialmente iônica.

As propriedades dos materiais iônicos, moleculares e covalentes

As propriedades específicas das substâncias nos ajudam a decidir quanto ao melhor modelo de ligação que permite explicá-las. O desafio então é criar modelos de estruturas capazes de explicar um conjunto de propriedades para os diferentes grupos de materiais. (Grupo Apec, 2010, p.99).

⁸² Para Duarte, a descrição da ligação covalente poderia se dar em termos mais simples: uma molécula é um sistema eletrônico onde os elétrons mais leves estão sujeitos ao potencial dos núcleos. Eles vão onde têm que ir, e a ideia do emparelhamento é apenas uma aproximação química que funciona bem para muitos sistemas.

⁸³ De acordo com o *Chemical Bond Approach Committee* (1964), a ligação covalente tem um caráter direcional. Nas moléculas covalentes, as nuvens eletrônicas permanecem nas mesmas posições em relação ao átomo central.

Como vimos, o modelo concebido para a ligação metálica permite explicar as propriedades comumente apresentadas pelos metais. Da mesma forma, isso acontece no caso dos materiais não-metálicos, isto é, os modelos concebidos para as ligações interatômicas nesses materiais explicam as propriedades por eles apresentadas. As interações intermoleculares desempenham um papel fundamental nesse contexto. Por isso, tratemos inicialmente delas.

Para Ambrogi, Versolato e Lisbôa (1987), a existência dos estados condensados dos materiais – sólido e líquido – indica que devem existir atrações com intensidade suficiente para manter próximas, umas das outras, as moléculas que formam as substâncias sólidas ou líquidas. Como são atrações elétricas entre átomos de moléculas diferentes, recebem o nome de ligações intermoleculares. São as rupturas ou formações das ligações intermoleculares que ocasionam as diferentes mudanças de estado. Essas ligações são em geral mais fracas do que as intramoleculares, isto é, rompem-se com menor fornecimento de energia. Artigo especial da Revista Eletrônica do Departamento de Química da UFSC⁸⁴ trouxe um comparativo entre as magnitudes das interações, como nos mostra a figura 8:

ligação	força	magnitude (KJ/mol)
química	covalente	100-1000
	iônica	100-1000
intermolecular	íon-dipolo	1-70
	dipolo-dipolo	0.1-10
	Dispersão	0.1-2
	ligação-H	10-40

Figura 8 – Comparativo das magnitudes das interações (Fonte: UFSC [s/d])

De acordo ainda com a UFSC [s/d], as forças intermoleculares não são tão fortes como as ligações iônicas ou covalentes, mas são muito importantes, sobretudo quando se deseja explicar as propriedades macroscópicas dos materiais. Para Rocha (2001), as interações intermoleculares estão intimamente relacionadas com as propriedades termodinâmicas de líquidos, sólidos e gases. Essas forças são as responsáveis pelo desvio

⁸⁴ UFSC [s/d].

do comportamento ideal dos gases, e se originam do contato não reativo entre duas moléculas. O autor descreve alguns dos tipos de interações intermoleculares⁸⁵: interações do tipo dipolo-dipolo, interações dipolo-permanente-dipolo induzido, interações de dispersão, e ligações de hidrogênio:

Dipolo-dipolo. Em uma molécula composta de átomos com diferentes eletronegatividades, os átomos com menor eletronegatividade ficam com cargas parciais positivas, e os átomos com maior eletronegatividade ficam com cargas parciais negativas. O resultado disto é que ocorre então uma polarização das ligações que refletirá na maneira como a molécula irá interagir. Da mesma forma que os lados opostos de um magneto (ímã) se atraem, os lados opostos de um dipolo se atraem, dando origem às interações dipolo-dipolo. Todas as moléculas polares exibem dipolos elétricos que são ditos permanentes. A magnitude do dipolo molecular nos fornece uma medida da polaridade da molécula. Moléculas com dipolo elétrico muito baixo ou zero são ditas apolares. Os dipolos são propriedades vetoriais e, por isso, a estrutura tridimensional da molécula é crucial para a determinação do momento de dipolo resultante. Assim, algumas moléculas podem ter ligações polares e, entretanto, não exibirem momento de dipolo elétrico resultante. Estas moléculas não exibirão interações do tipo dipolo-dipolo.

Dipolo permanente – dipolo induzido. Uma molécula com um dipolo permanente pode induzir um dipolo em uma segunda molécula que esteja localizada próxima no espaço. A força desta interação irá depender do momento de dipolo da primeira molécula e da polarizabilidade da segunda molécula. A polarizabilidade é uma grandeza física que tem relação com a facilidade de formação de dipolos instantâneos. Estes dipolos instantâneos podem então se alinhar de várias maneiras com o dipolo permanente da primeira molécula, originando a interação dipolo permanente – dipolo induzido. Este tipo de interação usualmente ocorre entre moléculas polares e apolares.

⁸⁵ Esses quatro tipos são os descritos também por UFSC [s/d]. Rocha (2001) inclui ainda as “interações iônicas como um tipo de interação intermolecular. De acordo com o autor, essas são interações eletrostáticas fortes que ocorrem entre cátions e ânions, e são predominantes nos compostos iônicos. As forças eletrostáticas conferem aos sólidos características como altas temperaturas de fusão e ebulição.

Interações de dispersão. Quando compostos apolares interagem, o contato de uma molécula com a outra faz com que apareça uma força atrativa muito fraca que pode ser vista como uma interação dipolo induzido – dipolo induzido. Isto é, as polarizabilidades das duas moléculas em contato é que irão determinar a força de tal interação. Uma molécula perturba a densidade eletrônica da outra, fazendo aparecer dipolos momentâneos que se orientam e originam esta interação fraca. Interação muito fraca, na verdade, mas que possui um efeito cumulativo e que varia proporcionalmente com o número de contatos moleculares presentes na molécula⁸⁶.

Ligações de hidrogênio. Uma ligação de hidrogênio requer que um átomo aceptor de prótons, que possua um par de elétrons não ligado, interaja favoravelmente com um átomo doador, que carrega um hidrogênio ácido. Requer-se ainda que esses átomos sejam eletronegativos (como, por exemplo, nitrogênio, oxigênio e flúor). Se o átomo de hidrogênio está ligado a um átomo muito eletronegativo, o hidrogênio fica com uma carga parcial bastante positiva, e o outro átomo, o doador, fica com carga parcial negativa. A combinação de alta polaridade da ligação hidrogênio-átomo doador e o contato muito próximo resulta em uma interação particularmente forte. A interação é tão forte que é diferente das interações dipolo-dipolo convencionais. As propriedades da água, álcoois, ácidos orgânicos, aminas e as macromoléculas biológicas estão intimamente relacionadas com a formação de ligações de hidrogênio.

Ainda para Rocha (2001), as forças intermoleculares aumentam em força da seguinte forma: dispersão < dipolo-dipolo < ligações de hidrogênio, o que está de acordo com a ordem de magnitudes apresentadas na figura 8. Para o autor, à medida que a magnitude das forças intermoleculares aumenta, fica mais difícil de afastarmos uma molécula da outra. Assim, podemos esperar que a temperatura de fusão, por exemplo, seja maior para aquelas substâncias que possuam interações intermoleculares mais fortes. É necessário fornecer energia para que a transformação de um sólido em um líquido, e um líquido em um gás. Estas energias estão diretamente relacionadas com a força de atração entre as moléculas nas fases condensadas. Uma vez que a energia é diretamente proporcional à temperatura, cada um desses processos irá variar com a magnitude das

⁸⁶ Na quântica esta interação é descrita como correlação eletrônica, sendo sua abordagem microscópica (DUARTE).

interações intermoleculares. Ou seja, conclui Rocha (2001), à medida que a magnitude das interações intermoleculares aumenta, as energias necessárias para fundir, vaporizar ou sublimar uma substância aumentam. UFSC [s/d] ainda relata que outras propriedades, como a solubilidade e a tensão superficial de líquidos, são também regidas pelas interações intermoleculares. Para Ambrogi, Versolato e Lisbôa (1987), e também para UFSC [s/d], se não existissem ligações intermoleculares, só existiriam gases.

Ressaltado assim o papel que as interações intermoleculares desempenham, podemos compreender melhor as propriedades apresentadas pelos materiais iônicos, moleculares e covalentes⁸⁷. Com base em *Chemical Bond Approach Committee* (1964), Russell (1981), Mahan e Myers (1995), Eisberg e Resnick (2003), e Amaral [s/d] é possível organizar as relações propriedades-modelos:

- Os cristais metálicos são sistemas em que há um grande número de elétrons de valência deslocalizados. Já os cristais covalentes e os cristais iônicos são sistemas em que os elétrons de valência estão essencialmente localizados: entre pares de átomos vizinhos (quando consideramos cristais covalentes) ou nos átomos mais eletronegativos dos pares de íons vizinhos (quando considerados cristais iônicos). Outra diferença se refere ao número de vizinhos que cada átomo (ou íon) tem nesse cristal. Como vimos, as interações individuais entre os átomos num cristal metálico são fracas. Para que isso seja compensado, é necessário que haja um grande número de interações, ou, em consequência, que cada átomo tenha um grande número de vizinhos (alto número de coordenação). Os átomos metálicos têm, portanto, altos números de coordenação. Já no caso das moléculas ligadas covalentemente (substâncias moleculares) e dos cristais iônicos e covalentes, o

⁸⁷ Como vimos, nos sólidos iônicos, as unidades do retículo que se repetem são fragmentos carregados positivamente e negativamente, arranjados de tal modo que a energia potencial dos íons nas posições reticulares é mais baixa do que quando os íons estão infinitamente separados (MAHAN e MYERS, 1995). Nos sólidos moleculares, as unidades que ocupam os pontos reticulares são moléculas. *Dentro* de cada molécula os átomos se mantêm unidos através de ligações covalentes (RUSSELL, 1981). Os sólidos de rede covalente, por fim, são cristais nos quais os átomos estão ligados por um sistema contínuo de ligações de pares eletrônicos bem definidos. O exemplo mais familiar é o cristal de diamante, em que cada átomo de carbono é ligado covalentemente a quatro outros átomos. O resultado disso é uma rede tridimensional rígida que permite a ligação de cada átomo a todos os outros (MAHAN e MYERS, 1995).

número de vizinhos imediatos ligados por ligações idênticas costuma ser muito menor.

- Os sólidos iônicos consistem de uma formação regular, tridimensional, de íons alternadamente positivos e negativos, tendo uma energia mais baixa do que os íons separados. A estrutura é estável porque a energia de ligação devido à atração eletrostática resultante é superior à energia gasta para transferir os elétrons que criariam os íons isolados a partir dos átomos neutros. A geometria exata do cristal dependerá do tipo de arranjo espacial que minimiza a energia, e isto por sua vez depende principalmente do tamanho relativo dos íons envolvidos. Os cristais iônicos são transparentes no visível, dadas as propriedades intensas de absorção ótica que eles apresentam.
- Como não existem elétrons livres para transportar energia ou carga de um lado para outro no sólido iônico, tais sólidos são maus condutores de calor e eletricidade. No estado sólido, parece não haver um mecanismo óbvio para que um íon possa se mover sob influência de um campo elétrico sem um considerável gasto de energia. Os íons são carregados, mas não estão livres para se movimentar num sólido iônico: os íons ocupam posições bem definidas e, ao se mover de seu sítio no retículo, um íon pode seguir um caminho tortuoso que o aproxima de íons de mesma carga. Enquanto os metais são excelentes condutores de corrente elétrica, mesmo no estado sólido, os compostos moleculares, mesmo quando liquefeitos, apresentam condutividade muito baixa. Cristais moleculares geralmente são bons isolantes elétricos. As moléculas não possuem carga efetiva e, portanto, não podem conduzir eletricidade. Além disso, a existência de moléculas discretas implica que os elétrons tendem a estar localizados em torno de um conjunto específico de núcleos. Conseqüentemente, não há partículas carregadas, nem íons ou elétrons, que estejam livres para se movimentar num campo elétrico e conduzir eletricidade. Sais sólidos, tais como cloreto de sódio, também são maus condutores, mas quando fundidos, tornam-se bons condutores. No estado líquido o arranjo de íons é mais desordenado e menos denso, o que facilita bastante sua movimentação sob a influência de um campo elétrico. Aqui está outra diferença considerável dos compostos iônicos em relação aos que têm ligações covalentes. O fator importante, aqui, é a presença de íons. Nos metais, os

elétrons não estão rigidamente presos a nenhum núcleo em particular; se empurrarmos elétrons numa das extremidades de um fio de cobre, outros elétrons serão expelidos na outra extremidade. Em outras palavras, o metal conduz eletricidade, ou permite um fluxo de elétrons. Em oposição a isso, os elétrons de substâncias moleculares são utilizados para manter os átomos num certo ângulo em relação aos demais; os elétrons não podem se mover com tanta facilidade como nos metais, e um composto desta espécie não conduz a corrente elétrica.

- Nos fios metálicos, a carga elétrica é transportada por elétrons livres. No sal sólido, como vimos, os íons não são tão móveis; por isto o sólido é mau condutor. Porém, como nos diz Rocha (2013), defeitos na estrutura de um sólido iônico levam à mobilidade de íons e, por consequência, à condução da corrente elétrica. A sequência A-D na figura 9 abaixo mostra como a migração de cátions pode ocorrer através de uma série de movimentos dos mesmos por sítios vagos. Entre os vários tipos de defeitos possíveis na estrutura cristalina de um composto iônico está o chamado defeito Schottky, nomeado em homenagem ao cientista Walter H. Schottky. Nesse tipo de defeito existem sítios vagos na estrutura cristalina do sólido de maneira que a neutralidade do composto prevaleça, ou seja, se na estrutura falta um cátion deve faltar também um ânion para que a neutralidade seja alcançada.

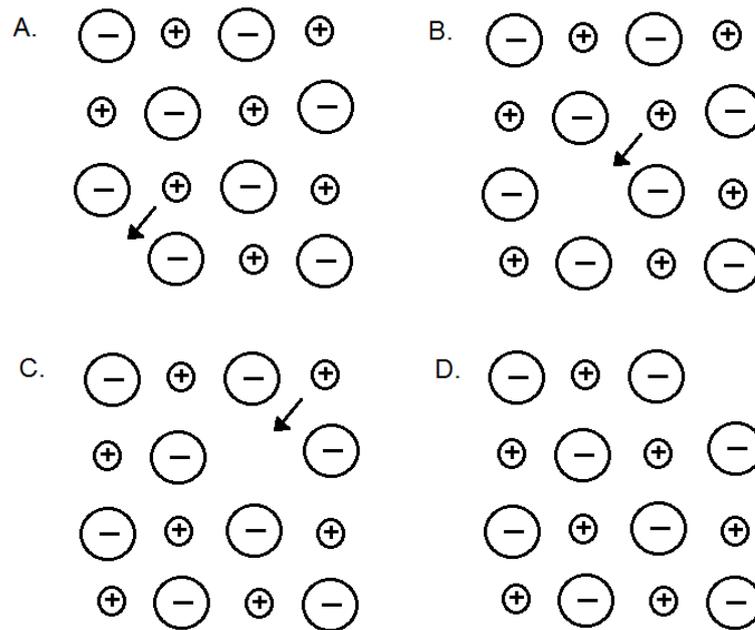


Figura 9 – Ilustração de defeito verificado na estrutura de uma amostra de minério de ferro que apresentou a propriedade de condução de corrente elétrica (Fonte: Rocha, 2013).

- Os polímeros⁸⁸ também são outro exemplo de materiais que geralmente não conduzem corrente elétrica. Faez *et al.* (2000) nos mostram, no entanto, que alguns polímeros conduzem a corrente elétrica sem a necessidade da incorporação de cargas condutoras. Os polímeros condutores são geralmente chamados de “metais sintéticos” por possuírem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores. Para os autores, o mais correto seria chamar esses materiais de “polímeros conjugados”, pois são formados por cadeias contendo duplas ligações C=C conjugadas. Esta conjugação permite que seja criado um fluxo de elétrons em condições específicas. Os elétrons π da dupla ligação podem ser facilmente removidos ou adicionados para formar um íon, neste caso, polimérico. A oxidação/redução da cadeia polimérica é efetuada por agentes de transferência de carga (aceptores/doadores de elétrons), convertendo o polímero de isolante em condutor ou semicondutor. Esses agentes são chamados de “dopantes”. Assim, os polímeros condutores devem ser dopados para

⁸⁸ Um polímero é uma molécula muito grande que pode ser considerada como sendo construída de muitas moléculas pequenas e idênticas, monômeros, ligadas entre si por meio de ligações covalentes (RUSSELL, 1981).

apresentarem maior condutividade. De forma diferente dos semicondutores inorgânicos⁸⁹, os portadores de carga não são elétrons ou buracos localizados no interior de bandas, e sim defeitos carregados localizados ao longo da cadeia polimérica. Os polímeros condutores podem ser usados em muitas aplicações, sendo exemplos: eletrodos, dispositivos eletrocromáticos, músculos artificiais, LEDs, protetor antiestático, anticorrosivos, células solares, e blindagem eletromagnética. Também, outros materiais, estes formados por ligações iônicas e covalentes, e que normalmente não conduzem podem conduzir corrente elétrica. De acordo com Ferreira, Mól e Silva (1996), certos materiais cerâmicos⁹⁰ apresentam supercondutividade (resistência nula à passagem da corrente elétrica). Um exemplo é o óxido misto $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}$.

- Cristais iônicos, em geral, tendem a ser duros e quebradiços, o que pode ser explicado pela natureza das forças coulômbicas existentes entre os íons. No retículo cristalino de um sólido iônico estão presentes íons positivos e negativos. Devido às fortes forças eletrostáticas entre os íons, os sólidos iônicos são normalmente duros: é difícil distorcer o retículo. Para distorcer um cristal iônico perfeito, dois planos de íons têm de ser deslocados um em relação ao outro. É interessante, entretanto, pensar na característica deles de serem também quebradiços. Dependendo da natureza dos planos em movimento e da sua direção, o deslocamento pode aproximar os íons de mesma carga. Quando isso acontece, as forças de coesão entre os dois planos são substituídas por uma forte repulsão coulômbica e, como resultado, o cristal se quebra. Apertando-se com muita força um cristal de cloreto de sódio, ele quebra, mas isto se dá com uma clivagem dirigida somente ao longo de fileiras horizontais ou verticais de átomos. Uma clivagem que envolvesse linhas diagonais exigiria mais energia. Numa tal clivagem, somente íons da mesma carga formariam a superfície. No entanto, a atração por uma superfície formada de íons de carga oposta seria tão forte que a quebra nem chegaria a ocorrer. Segundo uma fileira horizontal ou vertical, porém,

⁸⁹ Trataremos dos semicondutores inorgânicos com mais detalhes ao descrevermos as propriedades dos sólidos covalentes.

⁹⁰ De acordo com os autores, eles são assim chamados porque são preparados da mesma forma que as cerâmicas: aquecendo-se misturas de óxidos metálicos e/ou carbonatos metálicos em um forno a altas temperaturas.

átomos alternados apresentam cargas opostas, e a energia requerida para clivar duas destas fileiras será mínima. Nesse caso, um cristal iônico resiste bastante ao esmagamento, mas, quando quebra, estilhaça-se rapidamente ao invés de sofrer distorção ou esfarelar aos poucos.

- Por outro lado, os cristais de uma substância molecular são moles. Cristais moleculares geralmente tendem a ser moles, compressíveis e facilmente distorcíveis. Essas propriedades também são uma consequência das forças intermoleculares relativamente fracas e de sua natureza não direcional. Uma vez que a energia das posições intermediárias não é muito maior do que aquela das posições estáveis, a deformação requer pouco gasto de energia. Se aplicarmos uma pressão a um cristal de metano, por exemplo, poderemos facilmente destruir o cristal, pois as forças que mantêm as moléculas unidas são muito pequenas. A ligação fraca faz com que os sólidos moleculares sejam facilmente deformáveis e compressíveis e a ausência de elétrons livres transforma-os em condutores pobres de calor ou eletricidade. São tipicamente moles, porque as moléculas podem ser facilmente movidas de um lado para outro e não são condutores de eletricidade, visto que inexistem partículas carregadas.
- Também devido às intensas forças eletrostáticas, os sólidos iônicos, tipicamente, possuem altas temperaturas de fusão e de ebulição. Isso se explica pelo fato das ligações iônicas serem fortes. A energia de ligação em um material iônico é relativamente alta: ela é responsável pelo fato de os cristais iônicos terem uma pressão de vapor pequena, tendendo a zero, à temperatura ambiente, e fundirem e entrarem em ebulição somente a temperaturas relativamente altas. A fusão envolve a destruição do retículo cristalino. Isso ocorre quando as vibrações dos átomos, íons e agregado no sólido se tornam tão violentas que as forças que atuam entre estas partículas não são mais tão fortes para mantê-las unidas.
- De um modo geral, substâncias moleculares têm temperaturas de ebulição baixas, e substâncias iônicas têm temperaturas de ebulição elevadas. Quando uma substância passa do estado líquido para o gasoso, as suas partículas passam a estar separadas por grandes distâncias. Para separar as partículas, como vimos, é preciso fornecer à substância uma quantidade suficiente de energia para vencer as

forças que mantêm as partículas unidas. Geralmente, a energia é fornecida sob a forma de calor: ela aumenta a energia cinética das partículas, de modo que uma substância entra em ebulição quando as forças de ruptura devidas ao movimento das partículas tornam-se maiores do que as forças de atração que mantêm as partículas ligadas. Imediatamente surge a explicação da baixa temperatura de ebulição do metano, por exemplo: as forças de atração entre moléculas de metano são muito fracas. O metano possui ligações covalentes dentro da molécula, mas as ligações entre moléculas resultam de interações intermoleculares, relativamente mais fracas. A ebulição do metano requer a energia necessária para romper estas forças fracas.

- Nas substâncias moleculares, como o metano, os elétrons na molécula se encontram todos emparelhados, de modo que os átomos das diferentes moléculas não podem formar ligações covalentes uns com os outros. A força de ligação é a fraca atração intermolecular, presente entre tais moléculas na fase gasosa. Nos sólidos moleculares, as unidades que ocupam os pontos reticulares são moléculas. Dentro de cada molécula, os átomos se mantêm unidos através de ligações covalentes, interações normalmente fortes. Entre as moléculas nesse tipo de cristal, há interações relativamente fracas. Esse tipo de força é extremamente fraco e de pequeno alcance. Porém, como vimos, apesar de fraca, essa interação tem efeito cumulativo, sendo responsável pelo fato de que até as moléculas não polares poderem formar um retículo cristalino. Tais forças se originam das flutuações momentâneas que ocorrem nas nuvens eletrônicas em um átomo ou molécula. Os sólidos moleculares tendem a apresentar temperaturas de fusão relativamente baixas, devido também às forças intermoleculares, nesse caso, serem fracas. Uma vez que é necessária tão pouca energia para separar as moléculas, estes cristais tendem a ser mais voláteis e apresentar temperaturas de fusão e de ebulição mais baixas. No sólido, moléculas sucessivas têm momentos de dipolo elétrico que se alternam em orientação de maneira a produzir atrações sucessivas. Muitos compostos orgânicos, gases inertes e gases comuns como oxigênio, nitrogênio e hidrogênio formam sólidos moleculares quando no estado sólido. Como a ligação é fraca, a solidificação só ocorre a temperaturas muito baixas, quando o efeito desagregador da agitação térmica é muito pequeno.

- Além da polarização temporária que dá origem à interação que envolve dipolos induzidos, a polarização permanente faz com que as moléculas se orientem de maneira que a extremidade positiva de uma molécula seja atraída pela extremidade negativa da outra (interação dipolo – dipolo). A temperatura de ebulição mais elevada é explicada pela força intermolecular resultante da interação dipolo-dipolo entre as moléculas.
- Temos ainda os sólidos covalentes. Num sólido covalente (às vezes chamado sólido atômico), as unidades nos pontos reticulares são átomos ligados por covalência. As ligações são direcionais e determinam o arranjo geométrico dos átomos na estrutura cristalina. Apresentam uma estrutura fortemente entrelaçada, rígida, à qual se deve a grande dureza que apresentam. Devido ao fato dos átomos nos sólidos covalentes estarem fixados nos seus lugares por ligações fortes, estas substâncias são extremamente não voláteis e tendem a ter altas temperaturas de fusão. Assim, com respeito à volatilidade e às propriedades mecânicas, os sólidos covalentes são muito semelhantes aos sólidos iônicos. Portanto, o fato da substância ser muito dura e apresentar temperaturas altas de fusão e ebulição não serve para identificarmos que tipo de ligação existe no sólido. No entanto, podemos utilizar propriedades elétricas para distinguir entre sólidos iônicos e sólidos covalentes. Ambos são isolantes elétricos a baixas temperaturas. Como não existem íons ou elétrons móveis na estrutura, os sólidos iônicos e covalentes são, tipicamente, não condutores elétricos. Materiais iônicos tornam-se bons condutores elétricos somente em temperaturas acima de suas temperaturas de fusão. A condutividade de um sólido covalente é, em geral, muito pequena e, embora possa aumentar com a elevação da temperatura, não aumenta abruptamente quando a substância é fundida. Algumas vezes, como no caso do silício e germânio, eles são semicondutores⁹¹. À temperatura ambiente, alguns sólidos covalentes, como o diamante, são transparentes; a energia necessária para

⁹¹ De acordo com Eisberg e Resnick (2003), é possível para alguns elétrons ganharem energia térmica suficiente para saltar sobre o intervalo de energia de uma banda proibida até uma banda permitida de maior energia, criando buracos na banda inferior e tornando disponível uma nova banda permitida. As permitidas são bandas contínuas de níveis de energia para os elétrons, e as proibidas são regiões onde não há níveis de energia eletrônicos. A probabilidade de isto ocorrer aumenta com a temperatura e depende fortemente da largura da banda proibida. As substâncias nas quais a largura da banda proibida é pequena são chamadas de semicondutores.

excitar seus estados eletrônicos é superior à dos fótons da região visível do espectro eletromagnético, de modo que tais fótons não são absorvidos. Nos cristais de diamante, os átomos de carbono são unidos por ligações covalentes, formando um retículo tridimensional. A ebulição do diamante necessita energia suficiente para quebrar ligações covalentes. Isto corresponde a uma enorme quantidade de energia, o que explica a elevada temperatura de ebulição do carbono.

- As forças intermoleculares são de importância vital para explicar as solubilidades das substâncias moleculares⁹². A dissolução de um sólido em um líquido é, em muitos aspectos, como a fusão do sólido. A estrutura cristalina organizada do sólido é destruída e o resultado é um arranjo mais desordenado das moléculas na solução. No processo de dissolução as moléculas ou íons precisam ainda ser separados uns dos outros e as duas alterações exigem suprimento de energia. Essa energia é proveniente da formação de novas forças atrativas entre o soluto e o solvente. Quando substâncias iônicas se dissolvem em solventes polares como a água, os dipolos do solvente são atraídos pelos íons em solução por forças de atração coulômbicas. Em virtude de sua grande polaridade, de seu tamanho pequeno e do formato muito compacto, as moléculas de água podem rodear eficientemente os íons individuais assim que eles são libertados da superfície do cristal. Como a água é altamente polar e também é capaz de formar fortes ligações de hidrogênio, as forças atrativas dipolo-íon também são grandes. A energia libertada na formação destas ligações é grande o suficiente para superar a energia da rede e as atrações interiônicas do cristal. Por outro lado, solventes não polares, cujas moléculas não podem atrair os íons desta maneira, não dissolvem substâncias iônicas. Solutos não polares, como por exemplo a parafina, não se dissolvem em solventes polares como a água. As forças de atração das moléculas do solvente polar uma pela outra, devidas a interações dipolo-dipolo, são maiores do que qualquer força que possa existir entre as moléculas do solvente polar e as do soluto não polar. Assim, as moléculas do soluto não conseguem introduzir-se entre as moléculas do solvente polar. A explicação para o fato de grupos apolares, como as longas cadeias dos alcanos, evitarem ambientes aquosos (efeito

⁹² Neste tópico, utilizou-se também como referência Solomons e Fryhle (2001).

hidrofóbico) é complexa. O fator mais importante parece envolver uma variação desfavorável da entropia na água. Para uma cadeia apolar de um hidrocarboneto acomodar-se na água, as moléculas de água têm que assumir uma estrutura mais organizada ao redor da cadeia e, por isso, a mudança de entropia é desfavorável. Por razões semelhantes, a solubilidade de substâncias polares é maior em solutos polares do que em solutos não polares. Assim, os açúcares com inúmeros grupos hidroxila são polares e se dissolvem em solventes polares como a água. Neste caso, existem interações dipolo-dipolo. Quanto menos polar o solvente, menores serão as forças de interação dipolo-dipolo entre soluto e solvente, e, portanto, menor será a solubilidade.

- Também, um determinado conjunto de propriedades dos líquidos pode ser explicado por meio das interações intermoleculares⁹³. Um líquido se parece muito com um sólido no que diz respeito à proximidade entre as suas partículas, mas ao mesmo tempo se assemelha a um gás, pois as moléculas não estão regularmente ordenadas. As moléculas em um líquido não estão imobilizadas num esquema fixo, como o estão no estado sólido. Por isso, podem deslizar facilmente uma sobre as outras. Apresentam, porém, viscosidade (resistência interna de escoamento) muito maior do que a dos gases, porque as forças intermoleculares são maiores nos líquidos do que nos gases. Diferentemente do que faria um gás, um líquido não se expande para preencher todo o recipiente que o contém. Isso porque as forças de atração intermoleculares num líquido impedem que as moléculas se espalhem por todos os lados. Os líquidos apresentam também tensão superficial. Tensão superficial é a tendência apresentada por um líquido de reduzir ao mínimo sua área superficial. Surge do fato das moléculas na superfície estarem sujeitas a atrações provenientes de dentro do líquido, mas não da direção contrária. Este desequilíbrio de forças dá origem à tensão superficial. Também por causa das interações intermoleculares, o gelo boia sobre a água líquida. Essa propriedade anômala que a água apresenta se deve às ligações de hidrogênio. No estado sólido, essas ligações conferem à água uma organização reticular quase cristalina, com maior espaço entre as moléculas, resultando em uma densidade relativamente menor (figura 10). A maioria das outras substâncias tem um grau

⁹³ Neste tópico, utilizou-se também como referência UFSC [s/d].

maior de compactação no estado sólido, resultando em uma densidade relativamente maior.

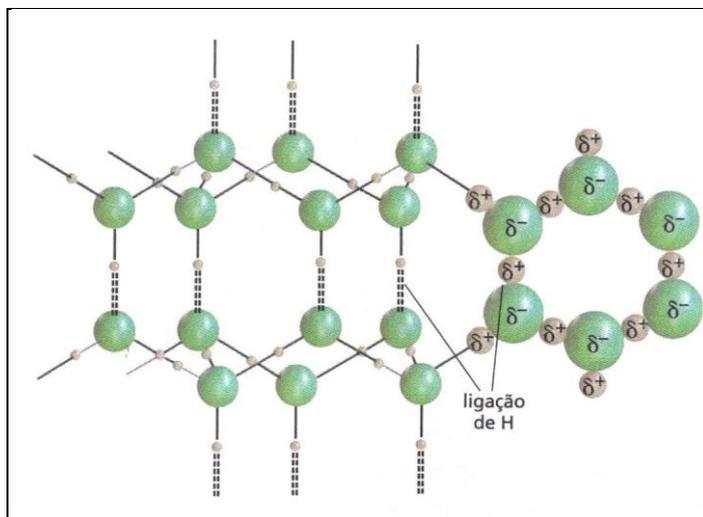


Figura 10 – Modelo do arranjo cristalino das moléculas de água no gelo (Fonte: Mortimer e Machado, 2011).

ANEXO III – TEXTOS DIDÁTICOS UTILIZADOS NAS MEDIAÇÕES DAS LEITURAS

Texto 1 – Testando a condutividade elétrica de alguns materiais

MÃOS À OBRA

Testando a condutividade elétrica de alguns materiais

Você vai precisar de:

Uma moeda, uma colher de sal, meio copo de uma mistura de sal de cozinha e água destilada, uma colher de açúcar, meio copo de uma mistura de açúcar e água destilada, meio copo de água destilada, um pedaço de louça, vidro, um prego, um canudinho de refrigerante, réguas de materiais diferentes, uma sacola de plástico, um LED (diodo emissor de luz), uma bateria de 9 volts e um resistor para construir um dispositivo a fim de testar a condutividade elétrica. Se você tiver curiosidade, poderá coletar ainda outros materiais que quiser testar.



Alfredo Luis Mateus, Dimitri Bruno Pereira e Gilberto do Vale Rodrigues

Dispositivo para detectar a condutividade elétrica. Um dispositivo semelhante pode ser feito com dois pedaços de fios de cobre, uma pilha e uma lâmpada de lanterna. Caso haja movimento de cargas em um material, a lâmpada acende.

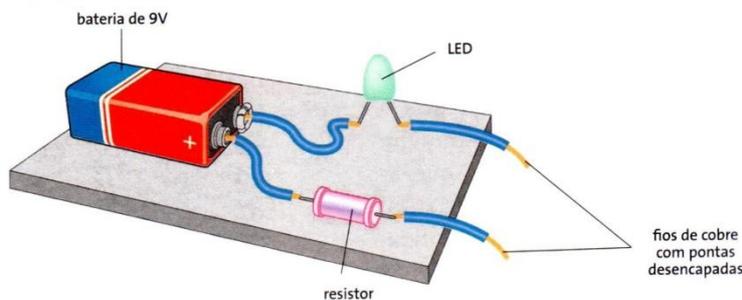
Como fazer

- A construção do dispositivo para testar a condutividade elétrica implica a montagem de um circuito simples tal como o indicado no esquema a seguir. Para escolher o resistor adequado, basta pedir ao funcionário da loja onde será adquirido que ligue a bateria e o resistor diretamente ao LED. O resistor será adequado quando essa ligação provocar no LED um brilho forte.
- Coloque os terminais dos fios do dispositivo, separadamente, em cada um dos materiais a serem testados. Anote em seu caderno se o material conduz ou não corrente elétrica. Sempre lave os terminais dos fios com água destilada, antes de fazer um novo teste.

Interpretando a atividade

1. Explique no caderno por que é necessário lavar os terminais dos fios antes de testar um outro material.
2. Se você introduzir o dispositivo de teste em um recipiente com água filtrada, a lâmpada pode acender? Explique no caderno.
3. Organize os materiais testados em um quadro, no caderno, com três colunas. Na primeira, aqueles que conduzem corrente elétrica no estado sólido; na segunda, aqueles que conduzem corrente elétrica dissolvidos em água e na terceira aqueles que não conduzem corrente elétrica (isolantes).

Antônio Robson/Arquivo da editora



As ligações entre os átomos de um metal

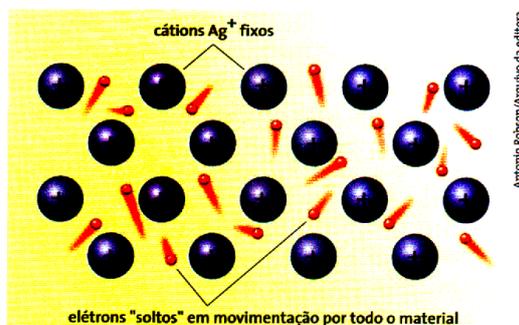
Podemos relacionar as propriedades de um material com modelo de ligações químicas que atribuímos a ele. Em geral, os metais são dúcteis (formam fios), maleáveis (formam lâminas), têm alta condutividade elétrica e apresentam um brilho que lhes é característico quando são polidos. Além disso, você pode se lembrar de que os metais são bons condutores de calor.

Como estariam ligados os átomos de ferro, cobre, zinco e outros metais de modo a explicar essas propriedades? Que modelo podemos fazer para uma ligação entre metais, a qual chamamos de ligação metálica?

Para pensar em um modelo de ligação dos metais devemos considerar que, sendo o metal um material bom condutor de eletricidade, ele deve apresentar cargas elétricas que podem se mover de um lugar a outro.

Sabemos que os átomos possuem elétrons distribuídos em torno do núcleo. A força que mantém os elétrons da eletrosfera atraídos pelo núcleo é tanto mais fraca quanto mais afastados do núcleo os elétrons estiverem. Nos metais, os poucos elétrons existentes na última camada – em geral 1 ou 2 elétrons – estão mais fracamente ligados ao núcleo do átomo e, por isso, acabam sendo atraídos tanto pelo átomo de origem, quanto por outros átomos próximos a ele. O resultado é a existência, nos metais, de um grande número de elétrons que não tem uma localização definida e que pertence, portanto, a toda a estrutura do metal, podendo mover-se entre os átomos. Por consequência, o núcleo do átomo (a região central) fica com um número de cargas positivas maior do que as negativas, pois perdeu elétrons (carga negativa) que antes se encontravam na mesma quantidade que as cargas positivas.

Átomos carregados positiva ou negativamente recebem o nome de íons. Um íon carrega-



Antonio Robson/Arquivo da editora

Ilustração esquemática, fora de escala e em cores-fantasia. Nos metais, os elétrons mais externos dos átomos estão fracamente ligados ao núcleo e por isso podem se movimentar livremente, em todas as direções, sem estarem presos a nenhum átomo em particular. A "nuvem de elétrons" existente entre átomos positivamente carregados funciona como uma espécie de "cola" com forças atuando em todas as direções.

do positivamente apresenta um maior número de cargas positivas (prótons) do que negativas (elétrons) e é chamado de cátion. Se o número de cargas negativas for maior que as positivas, o que ocorre se ele ganha elétrons de outro átomo, ele é chamado de ânion.

A ligação metálica resulta da aproximação dos átomos do metal, carregados positivamente, unidos entre si por uma grande quantidade de elétrons que se movimentam entre esses átomos do metal.

As propriedades características dos metais, como a condutividade elétrica, a condutividade térmica e o brilho, estão relacionadas à facilidade de movimento dos "elétrons livres" que os metais apresentam.



Ivan de Paula Coutinho/Arquivo da editora

Modelos de ligação química para materiais não metálicos

Os materiais cerâmicos e os plásticos mais comuns são, em geral, isolantes térmicos e elétricos. Ao contrário dos metais, as cerâmicas não possuem brilho, quebram-se facilmente e, quando colocadas no fogo, demoram a esquentar e, depois, a esfriar. Os plásticos são pouco reativos, isto é, duram muitos anos e pegam fogo com facilidade, ou seja, são inflamáveis.

Nos materiais que não conduzem bem a corrente elétrica, os elétrons ficam “presos” e não podem movimentar-se em conjunto, do modo como ocorre com a “nuvem de elétrons” que constitui a ligação metálica. Isso nos leva a pensar que as ligações químicas devem ser diferentes daquelas que utilizamos para explicar as propriedades dos metais.

Para decidir sobre o tipo de ligação que uma substância não metálica apresenta podemos pensar em termos de transferência de elétrons de um átomo para outro ou de compartilhamento de elétrons de átomos vizinhos. Vejamos a seguinte situação: os elétrons de um átomo se transferem integralmente para outro. O átomo que perde seus elétrons forma um cátion, ou seja, um átomo deficitário de elétrons, já que o número de prótons

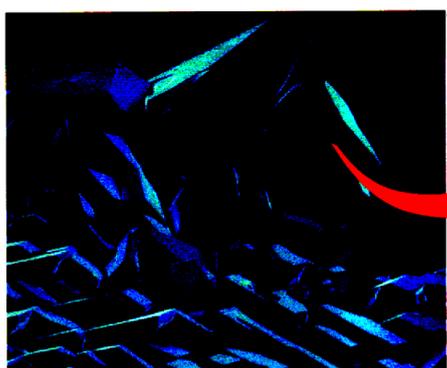
existente no núcleo não varia. Por outro lado, o átomo que recebe tais elétrons forma um ânion, ou seja, um átomo com excesso de cargas negativas. A ligação que ocorre entre íons – átomos carregados –, recebe o nome de ligação iônica.

Já no caso do compartilhamento de elétrons, os átomos estão ligados por covalência. Não apresentam íons, nem elétrons livres.

As propriedades específicas das substâncias nos ajudam a decidir quanto ao melhor modelo de ligação que permite explicá-las. O desafio então é criar modelos de estruturas capazes de explicar um conjunto de propriedades para os diferentes grupos de materiais, tais como cerâmicas, metais, cristais variados etc.

Para estudar mais sobre os modelos de ligações químicas vamos recorrer a três exemplos de materiais – tungstênio, sal de cozinha e PVC (policloreto de vinila) – representativos de três tipos de ligações, respectivamente, metálica, iônica e covalente.

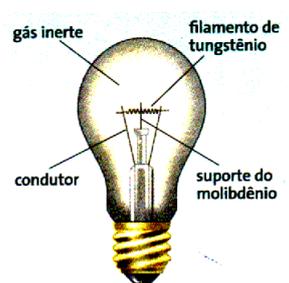
Que diferenças existem entre o metal tungstênio, um cristal de sal de cozinha e um plástico do tipo PVC? Basta olhar para qualquer um deles para percebermos as inúmeras diferenças.



O tungstênio (W) é um metal escasso na crosta terrestre, encontrado em forma de óxido e de sais em certos minérios, tais como wolframita, scheelita e outros.



Se pudéssemos enxergar os átomos de tungstênio ligados, veríamos algo semelhante ao representado na ilustração.



O tungstênio é utilizado na fabricação de peças metálicas variadas e de filamentos de lâmpadas incandescentes.

Os átomos ligam-se uns aos outros

Os átomos podem se combinar formando substâncias. Átomos de oxigênio, por exemplo, ao interagirem entre si formam o gás oxigênio (O_2) e o gás ozônio (O_3). De modo semelhante, átomos de hidrogênio também se combinam e formam o gás hidrogênio (H_2). Os gases hidrogênio e oxigênio, por sua vez, podem reagir e produzir água (H_2O).

Note que existe aí algo curioso: o oxigênio e o hidrogênio ocorrem na forma gasosa na temperatura e pressão ambiente. Contudo, quando esses dois gases combinam entre si, formam água, que, à temperatura e à pressão ambiente, é encontrada no estado líquido.

Mas, afinal, por que será que os átomos se combinam e formam substâncias?

A teoria atômica explica esse fenômeno atribuindo uma propriedade à natureza: os materiais tendem ao estado mais estável, o que ocorre quando se encontram em um estado de menor energia.

Quando os átomos interagem e promovem uma reorganização dos elétrons, dizemos que houve formação de novas ligações químicas.

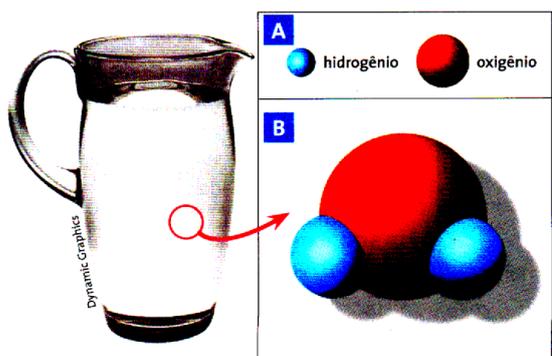


Ilustração esquemática, fora de escala e em cores-fantasia. Átomos de hidrogênio e de oxigênio separadamente (A) e molécula de água (B), formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio. Quando se aproximam e interagem, esses átomos passam a compartilhar parte de sua eletrosfera. A força que mantém os átomos unidos é de natureza elétrica.

Ligação química é uma força que mantém os átomos unidos. Uma ideia antiga era a de que os átomos possuíam espécies de ganchos que se encaixavam uns aos outros. Hoje atribuímos aos elétrons o papel de formar ligações. Portanto, uma ligação não é algo físico como pinos que se encaixam ou ganchos que se prendem. 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 menor de energia do que possuíam anteriormente. Por isso, a formação de uma ligação química entre dois átomos envolve liberação de energia.

Para separar novamente os átomos que participam de uma ligação química, é preciso fornecer energia em igual quantidade à energia liberada quando a ligação foi formada.

Em uma reação química, as substâncias reagentes interagem entre si — ligações químicas são quebradas e átomos são rearranjados. O novo rearranjo resulta em novas ligações, portanto corresponde a um estado de menor energia que o de átomos separados. Uma substância formada pode ser mais ou menos energética do que as substâncias reagentes. Isso depende das ligações que são desfeitas (processo que envolve absorção de energia) e das novas ligações que são formadas entre os átomos (processo que envolve liberação de energia). Assim, uma reação química resulta na absorção ou na liberação de energia. Os produtos gerados em uma reação química apresentam novas estruturas, pois são novas substâncias que apresentam propriedades diferentes.

PROJETO DE INVESTIGAÇÃO

Investigando o surgimento de cargas de substâncias em solução

Um sólido que não apresenta cargas em movimento pode vir a apresentá-las quando se encontra dissolvido em água?

- Em grupo, proponha um modo para investigar essa questão. Troque ideias com outros grupos, converse com seu professor e realize sua investigação. Caso a amostra dissolvida em água conduza corrente elétrica, como você explicaria o ocorrido? E se a amostra não conduzir, o que você poderia afirmar?

Comparando forças de interação a partir de propriedades dos materiais

As forças de ligação que mantêm unidos os materiais podem ter diferentes intensidades. Por exemplo: como podemos comparar as forças de interação que atuam no diamante, no tungstênio e no gelo? Para responder a essa pergunta, é preciso examinar algumas propriedades desses materiais.

À temperatura ambiente o diamante e o tungstênio são sólidos, enquanto o gelo se funde e se transforma em água líquida. Além disso, enquanto o tungstênio pode formar filamentos, o diamante não pode. Outra propriedade do tungstênio é sua alta temperatura de fusão. Por isso, ele suporta ser aquecido dentro do bulbo de uma lâmpada sem que se funda. A lâmpada com filamento de tungstênio é chamada incandescente porque, ao ser aquecido, o filamento emite luz. Os metais, como já foi explicado, são bons condutores de corrente elétrica, mas o diamante não é, pois este não possui cargas em movimento, sejam elas elétrons livres ou íons livres. Assim, enquanto o tungstênio conduz corrente elétrica, o diamante é um isolante; além disso, ambos são insolúveis em água.

A temperatura de fusão da água é de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, enquanto a do metal tungstênio é de $3\ 422\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a do diamante é de $3\ 500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Como podemos explicar o fato de a água apresentar uma tem-

peratura de fusão tão baixa se comparada à do tungstênio e à do diamante?

Consideramos que as ligações ou interações eletrostáticas que ocorrem entre átomos e entre íons são fortes. Isso nos permite concluir que são difíceis de serem rompidas e, por isso, suas temperaturas de fusão e de ebulição são tão altas. Ao contrário disso, as forças que mantêm as moléculas unidas entre si são fracas. Portanto, as substâncias sólidas que se fundem em temperaturas baixas devem apresentar uma interação eletrostática também baixa. Lembre-se de que, quando o gelo funde ou quando a água evapora, os átomos de hidrogênio e de oxigênio permanecem ligados, o que está de acordo com nosso modelo de ligação entre átomos ou entre íons. Quando o gelo (água no estado sólido) é fundido, tem seu arranjo espacial alterado, bem como sofrem alterações as distâncias entre as moléculas e a intensidade da movimentação delas.

Desse modo, podemos concluir que:

1. as forças que mantêm as moléculas de água unidas são facilmente vencidas quando comparadas com as que mantêm os átomos unidos no tungstênio e no diamante;

Texto 5 – Comparando forças de ligação e propriedades dos materiais (parte 2 de 2)

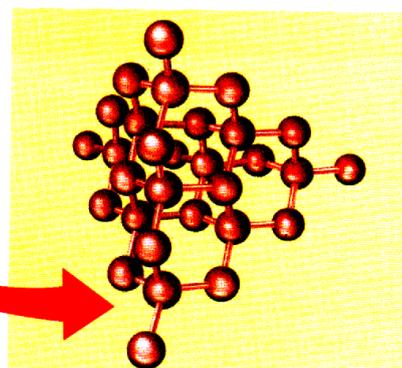
2. as unidades de repetição de alguns sólidos são moléculas e as de outros são átomos:
 - o gelo é um sólido molecular, formado por interações entre moléculas;
 - o tungstênio é um sólido metálico, formado por ligações metálicas entre cátions do metal e seus elétrons livres;
 - o diamante se liga por compartilhamento de elétrons de um átomo de carbono com quatro outros átomos;
3. os sólidos de baixas temperaturas de fusão apresentam características mais próximas de sólidos de natureza molecular.



Diamantes lapidados.



Alamy/Other Images



Antonio Robben/Arquivo da editora

Diamante bruto e a estrutura desse material. As ligações covalentes entre átomos de carbono em estruturas tetraédricas se repetem, formando um cristal.

Analisar valores de temperaturas de fusão ou mesmo de ebulição ajuda a decidir sobre o tipo de ligação, mas esses itens sozinhos não nos garantem nada. Por exemplo, a temperatura de fusão do

metal tungstênio é 3 422 °C e a do diamante é praticamente igual, mas outras propriedades deles são muito diferentes; portanto, esses materiais são classificados em classes ou grupos diferentes.

FAÇA EM SEU CADERNO

Propriedades específicas e modelos de ligações químicas

1. Proponha um modelo para cada substância, utilizando legenda para explicar seu modelo.
 - a) Sódio (Na), puro no estado sólido.
 - b) Cloreto de sódio (Na⁺Cl⁻), puro no estado sólido.
 - c) Cloreto de sódio (Na⁺Cl⁻), dissolvido em água.
2. Após propor os modelos (na questão anterior), compare-os entre si e faça previsões sobre a capacidade de cada substância de conduzir corrente elétrica.
3. Analise a tabela a seguir, na qual são representadas diferentes substâncias e suas respectivas temperaturas de fusão. Em seguida, faça o que se pede.

ANEXO IV – FERRAMENTAS MEDIACIONAIS UTILIZADAS

Texto 1 – Testando a condutividade elétrica de alguns materiais

TESTANDO A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ALGUNS MATERIAIS

Srs. alunos, vamos realizar a atividade "Mãos à obra", página 97 do livro do 9º ano da coleção Construindo Consciências. Leiam as instruções contidas no livro e as fornecidas pelos professores. Anotem os resultados em seus cadernos, e depois respondam às questões abaixo formuladas para entrega ao final da aula.

Nome do aluno: _____

- 1. Explique por que é necessário lavar os terminais dos fios antes de testar um outro material.**

- 2. Se você introduzir o dispositivo de teste em um recipiente com água filtrada, a lâmpada pode acender? Explique.**

- 3. Organize os materiais testados nos quadros a seguir, conforme os resultados de condutividade elétrica obtidos:**

Quadro I

Material	Conduz?
Água filtrada	

Material	Conduz?
Água destilada	

Quadro II

Material	Conduz no estado sólido?	Conduz quando solubilizado em água destilada?
Açúcar		
Sal de cozinha		
Moeda		Não se aplica
Sacola plástica		Não se aplica
Louça		Não se aplica
Prego		Não se aplica
Vidro		Não se aplica
Canudinho de refrigerante		Não se aplica

4. Dos materiais testados, algum não conduziu corrente elétrica no estado sólido, mas conduziu quando foi dissolvido em água? Como vocês explicariam essa ocorrência?

5. Por que alguns materiais conduzem corrente elétrica, e outros, não?

Texto 2 – As ligações entre os átomos de um metal

AS LIGAÇÕES ENTRE ÁTOMOS DE UM METAL

Srs. alunos, vamos realizar uma atividade relacionada à leitura do texto à página 98 do livro do 9º ano da coleção Construindo Consciências. Ele aborda o tema "ligações químicas nos metais" e contém 7 parágrafos e uma legenda da ilustração.

Nomes dos alunos: _____

No quadro abaixo, anatem o número dos parágrafos ou legenda correspondentes a cada um dos subtemas. Observem que um mesmo parágrafo pode estar associado a mais de um subtema:

Subtema	Número dos parágrafos ou legenda em que são desenvolvidos os subtemas
A. Um modelo de ligações químicas proposto para um material considera as propriedades apresentadas por este material.	
B. As propriedades apresentadas pelos materiais metálicos.	
C. O núcleo dos átomos, os elétrons e os íons.	
D. Os elétrons nos materiais metálicos	
E. Um modelo para a ligação metálica	

MODELOS DE LIGAÇÕES QUÍMICAS PARA MATERIAIS NÃO METÁLICOS

Srs. alunos, vamos realizar uma atividade relacionada à leitura do texto às páginas 99 e 100 do livro do 9º ano da coleção Construindo Consciências. Ele aborda o tema "ligações químicas nos materiais não metálicos".

Nomes dos alunos: _____

Pré-leitura Antes de iniciarem a leitura, pensem na questão abaixo. Troquem ideias, e registrem o entendimento da dupla sobre a questão nas linhas correspondentes.

- 1. As propriedades dos metais, incluindo a condutividade elétrica, estão relacionadas à facilidade de movimento dos elétrons livres que os metais apresentam. Como devem estar os elétrons nos materiais que não conduzem bem a corrente elétrica e apresentam propriedades diferentes das dos metais, como é o caso dos plásticos, dos materiais cerâmicos, do sal de cozinha no estado sólido, dentre outros?*

Intra-leitura Após lerem os cinco primeiros parágrafos do texto, pensem nas seguintes questões, registrando o entendimento da dupla nas linhas correspondentes.

- 2. Por que os modelos de ligações químicas para materiais não metálicos devem ser diferentes do utilizado para descrever a ligação metálica?*

3. *Dois modelos diferentes do desenvolvido para os materiais metálicos são propostos. Descrevam as características principais desses modelos.*

4. *O que vocês acham que o texto vai tratar nos seus parágrafos restantes?*

Pós-leitura Após a leitura completa do texto, pensem nas seguintes questões, registrando o entendimento da dupla nas linhas correspondentes.

5. *Comparem os assuntos tratados na parte final do texto (parágrafos 6 a 10 e legendas das ilustrações) com as suas expectativas expressas na resposta à questão 4. Registrem os resultados dessa comparação.*

6. *Completem o quadro abaixo, descrevendo as características dos materiais utilizados para estudar mais sobre os modelos de ligações químicas:*

Material	Características/propriedades/tipo de ligação
Tungstênio	
Sal de cozinha	
PVC	

Texto 4 – Os átomos ligam-se uns aos outros

OS ÁTOMOS LIGAM-SE UNS AOS OUTROS

Srs. alunos, vamos realizar uma atividade relacionada à leitura do texto à página 96 do livro do 9º ano da coleção Construindo Consciências. Ele aborda o tema "ligações químicas entre os átomos".

Nome do aluno: _____

Fase 1 – Leitura individual e silenciosa do texto

No prazo de 10 minutos, leia o texto à p. 96.

Fase 2 – Elaboração de questões a partir do texto

No prazo de 10 minutos, elabore pelo menos uma questão de cada tipo, usando os critérios listados abaixo:

Tipo de questão	Critérios para elaboração da questão	Questão(ões) elaborada(s)
A	A resposta à questão pode ser encontrada no texto.	
B	A resposta à questão não está no texto, mas você entende que a questão formulada está claramente ligada ao conteúdo do texto.	
C	A resposta à questão formulada ajudaria a compreender aspectos do texto que vocês não compreenderam.	

Fase 3 – Elaboração de respostas para as questões tipo A

No prazo de 5 minutos, responda a(s) questão(ões) que você classificou como sendo do tipo A:

Fase 4 – Avaliação entre colegas

Passa seu formulário para o colega ao lado e recebe o formulário dele. Escreva na 2ª coluna da tabela abaixo, as questões elaboradas pelo seu colega. Na 3ª coluna, escreva como você classificaria essas questões. Troquem os formulários.

Tipo de questão	Questão elaborada pela outra dupla	Classificação da questão conforme a minha dupla
A		
B		
C		

Fase 5 – Texto síntese

Elabore um texto síntese (resumo) sobre o texto lido. O que ele quis tratar? (isto é, que questão quis discutir)? Como ele tratou o assunto proposto (isto é, como respondeu à questão proposta)?

COMPARANDO FORÇAS DE INTERAÇÃO A PARTIR DE PROPRIEDADES
DOS MATERIAIS

Srs. alunos, vamos realizar uma atividade relacionada à leitura do texto às páginas 101 e 102 do livro do 9º ano da coleção Construindo Consciências. Ele aborda o tema "intensidades das forças de ligação".

Nome do aluno: _____

1. Sobre o texto foram feitas as seguintes afirmativas:

- O tipo de ligação química apresentado por um material pode ser identificado a partir da análise dos valores de temperatura de fusão ou ebulição desse material.
- Na grafite e no diamante, não existem moléculas individuais, como no hidrogênio (H₂). Nessas substâncias, denominadas sólidos covalentes, todos os átomos de carbono estão ligados por ligações covalentes.
- As interações que mantêm os átomos ou íons unidos são mais fortes do que as interações que mantêm as moléculas unidas.
- As lâmpadas para iluminação podem ser classificadas em dois grupos: as que contêm mercúrio, e as que não contêm. As lâmpadas incandescentes pertencem ao segundo grupo.

Classifique as afirmativas acima de acordo com os seguintes critérios:

Tipo de afirmativa	Critérios para classificação da alternativa
A	A afirmativa está relacionada com o assunto do texto e está em concordância com ele.
B	A afirmativa está relacionada com o assunto do texto e está em discordância com ele.
C	A afirmativa está relacionada com o assunto do texto, mas vai além dele.
D	A afirmativa não está relacionada com o assunto do texto.

2. Texto síntese

Elabore um texto síntese (resumo) sobre o texto lido. O que ele quis tratar? (isto é, que questão quis discutir)? Como ele tratou o assunto proposto (isto é, como respondeu à questão proposta)?
