



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade UnB Planaltina
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**LIGAÇÃO METÁLICA: UMA PROPOSTA DE
MATERIAL DIDÁTICO DE APOIO AO PROFESSOR
EM SALA DE AULA**

ELISANGELA PARIZ

Brasília, DF

2011



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade UnB Planaltina
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

Ligação Metálica: uma proposta de material didático de apoio ao professor em sala de aula

Elisangela Pariz

Dissertação realizada sob orientação da Prof.^a Dr.^a Patrícia Fernandes Lootens Machado e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de **Mestre em Ensino de Ciências** – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília, DF

2011

PARIZ, E.

Ligação Metálica: uma proposta de material didático de apoio ao professor em sala de aula/UnB, Brasília, 2011.

161 P. (Dissertação)

100 P. (Módulo de Ensino)

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Biológicas/Instituto de Física/Instituto de Química/Faculdade UnB Planaltina.

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

1. Educação em Ciências. 2. Ensino de Química. 3. Ensino-aprendizagem de ligações químicas. 4. Metais e suas propriedades. 5. Atividades Experimentais. 6. Material didático. 7. Ensino CTS. 8. Educação Ambiental. 9. Ensino de Ciências – Pesquisa – Universidade de Brasília.

FOLHA DE APROVAÇÃO**ELISANGELA PARIZ****"LIGAÇÃO METÁLICA: UMA PROPOSTA DE MATERIAL DIDÁTICO DE APOIO AO PROFESSOR EM SALA DE AULA"**

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

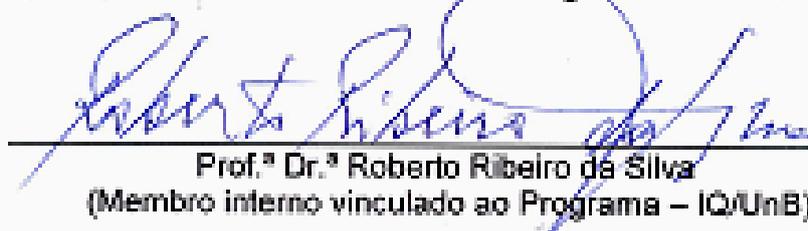
Aprovada em 08 de julho de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof.ª Dr.ª Patricia Fernandes Lootens Machado
(Presidente)



Prof. Dr. Romeu Cardozo Rocha Filho
(Membro interno não vinculado ao Programa – UFSCAR/SP)



Prof.ª Dr.ª Roberto Ribeiro da Silva
(Membro interno vinculado ao Programa – IQ/UnB)

Dedico este trabalho...

Aos meus amados pais, Ademar e Elza.

Aos meus amados irmãos Débora, Emerson e Graciela.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em especial, à minha querida orientadora, Patrícia F. L. Machado, pela valiosa orientação e por ter me proporcionado tantos ensinamentos sobre a prática docente e a pesquisa em Ensino de Química, pela oportunidade do convívio diário e pela amizade desde o início da nossa caminhada.

À minha mãe, pelo amor incondicional, pelo seu exemplo de vida, de alegria e dedicação à família, por sempre ter me incentivado aos estudos e a não desistir frente aos maiores desafios. A ela, eterna saudade e amor para além da vida.

Ao meu pai, por seu exemplo de vida, superação e de perseverança diante das adversidades. Obrigada pelo amor, apoio e confiança, pela compreensão da ausência nos momentos difíceis e por sempre ter me incentivado a seguir nesta profissão, a continuar e concluir essa jornada.

À minha irmã Débora e meu cunhado Ricardo Chiappa, com amor e gratidão por me acolherem em sua casa para que eu pudesse realizar esse trabalho, pela compreensão e apoio em todos os momentos na esperança de que eu pudesse completar essa jornada com tranquilidade e sucesso.

Aos meus irmãos Emerson e Graciela, por compreenderem minha ausência nos momentos difíceis e por me apoiarem sempre e por me incentivarem ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu namorado e melhor amigo Diego M. Stangerlin, por compartilhar angústias, anseios e esperanças, por me fortalecer com seu amor e por incentivar a minha caminhada profissional.

Ao meu amado sobrinho e afilhado, João Pedro, pela alegria de acompanhar seu crescimento e suas descobertas e por me divertir diariamente com sua sabedoria e histórias inventadas.

Aos meus amados sobrinhos Gabriel e José Francisco, que apesar de estarem longe, sempre estiveram por perto, dividindo comigo suas histórias infantis e sua alegria a cada conversa.

A todos os professores do PPGEC, em especial aos professores Roberto Ribeiro da Silva, Ricardo Gauche, Gerson de Souza Mól, Joice Aguiar Baptista, Maria Márcia Murta e Wildson Luiz P. dos Santos, pela acolhida, pela convivência agradável, pelas palavras de incentivo e por todos os momentos de aprendizagem, que foram fundamentais para a construção da minha identidade docente.

À colega Adriana Z. Gusmão Pedrotti, por compartilhar seu espaço de trabalho e oportunizar o desenvolvimento desta pesquisa, pelo incentivo, pelas opiniões, conselhos e amizade.

Aos colegas do PPGEC e colegas do IQ, pela amizade, conversas animadas e trocas de conhecimento.

À Carolina e Diego, da secretaria do PPGEC, pela pronta disponibilidade em ajudar.

À Direção e aos alunos da escola por possibilitarem a realização dessa pesquisa.

Ao grupo do NEC/UFSM, em especial ao Eduardo A. Terrazzan e a Naida L. Pimentel, por proporcionarem minhas primeiras reflexões na área de Ensino de Ciências e pelo muito que aprendi por ter tido a oportunidade da convivência.

Ao professor Roberto Ribeiro da Silva, pela oportunidade de vivenciar as atividades desenvolvidas no LPEQ e por me proporcionar um novo olhar sobre a experimentação e sobre as ligações químicas.

Ao professor Romeu C. Rocha-Filho, pela valiosa contribuição durante a avaliação desse trabalho.

A Capes e ao Programa REUNI, pela bolsa concedida.

*“Quando te decidires: parte!
Não esperes que o vento cubra de flores o caminho.
Nem sequer esperes o caminho.
Cria-o. Faze-o tu mesmo. E parte!
Parte sem pensar que outros passos pararam,
que outros olhos ficaram te olhando seguir!”*

(Prado Veppo)

RESUMO

O conteúdo de ligações químicas, apesar de ser considerado um dos temas mais importantes da Química, ainda é pouco abordado no âmbito das pesquisas em Ensino de Química. As pesquisas realizadas sobre esse tema apontam para a dificuldade de se trabalhar esses conteúdos em sala de aula, especialmente, quanto se trata de ligação metálica. Em parte, as dificuldades podem estar associadas à falta de materiais didáticos que associem teoria-experimento e que não banalizem os conceitos químicos, mas que os atribuam significado mais próximos aos aceitos cientificamente. A partir dessa perspectiva, propomos neste trabalho: (i) produzir e implementar um módulo didático para investigar o processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas, com maior ênfase em ligação metálica, mediante implementação de diferentes estratégias didáticas, sobretudo atividades experimentais demonstrativas-investigativas, com enfoque nas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e abordagens de problemas ambientais (Educação Ambiental - EA); (ii) investigar como a utilização da abordagem contextualizada, viabilizando a presença dos temas históricos, sociais, tecnológicos e ambientais, pode contribuir para que os alunos desenvolvam a capacidade de questionar as alternativas propostas pela ciência para resolução de problemas sociais, econômicos e tecnológicos. O módulo didático, composto por quatro unidades, foi aplicado em duas turmas da segunda série do ensino médio de uma escola pública do Distrito Federal, no 4º. bimestre do ano letivo de 2010. Com base na análise desses dados, constatamos que a utilização de estratégias didáticas diversificadas, principalmente as atividades experimentais investigativas colaboraram para a compreensão dos conceitos de ligação química, bem como para o entendimento da linguagem representacional para os modelos de ligação metálica. A utilização da abordagem contextualizada, com enfoque nos temas históricos, sociais, tecnológicos e ambientais, favoreceu a compreensão pelos alunos das propriedades das substâncias químicas, sobretudo as dos metais, relacionando-as à diversidade e à complexidade dos materiais que nos cercam. Esta pesquisa também possibilitou-nos refletir sobre a própria prática pedagógica e sobre a complexidade de ser professor.

Palavras chave: Ensino de Química. Ligação Química. Ligação Metálica. Atividades Experimentais.

ABSTRACT

The chemical bonds content, despite being considered one of the most important topics in chemistry, is still little explored. The research on this subject points to the difficulty on teaching the chemical bonding content, especially the metallic bond. It is possible that the difficulties are associated with the lack of materials on the chemical bond that relate experiment and theory and that do not vulgarize chemical concepts, but instead attribute them scientific meaning. In this perspective, we propose to: (i) produce and implement a teaching material to investigate the teaching-learning process, with greater emphasis on the metallic bond, through different teaching strategies, especially experimental demonstration-investigative activities, focusing on the relations between Science-Technology-Society (STS) and environmental problems (Environmental Education - EE); (ii) investigate how the use of contextualization, which allows historical, social, technological and environmental themes, can help students to develop the ability of questioning the alternatives proposed by science to solve social, economic and technological problems. The material, composed of four units, was applied to two classes of second grade in a Distrito Federal's public high school, in the last two months of the school year. Based on the analysis of the data obtained, we found that the use of diversified teaching strategies, mainly experimental investigative activities, contributed to the understanding of the chemical bonding concepts and of the chemical language. The contextual approach, focusing on historical, social, technological and environmental themes, enabled the students to understand the properties of chemical substances, especially the metals properties, and their link to the current diversity and complexity of the materials that surround us. This research also enabled the reflection on the teaching practice itself and on the complexity of being a teacher.

Keywords: Teaching of Chemistry. Chemical Bonding. Metallic Bond. Metals and their properties. Experimental activity.

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRATC	xi
APRESENTAÇÃO	14
INTRODUÇÃO	18
1. ENSINAR CIÊNCIA: BUSCA, ARTICULAÇÃO E AÇÃO PERMANENTE ENTRE OS SABERES CIENTÍFICO E COTIDIANO	25
1.1 Conhecimento Científico	26
1.2 Conhecimento Cotidiano	28
1.3 Conhecimento Escolar	31
2. PERSPECTIVA HISTÓRICA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DAS TEORIAS DE LIGAÇÃO QUÍMICA	38
3. DAS PRÁTICAS REPRODUTORAS ÀS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS	44
3.1 A experimentação no ensino de Ciências	45
3.2 O papel da experimentação no ensino de Ciências	48
3.3 Repensando a experimentação no contexto do ensino de Ciências	51
4. DESENHO METODOLÓGICO	54
4.1 Caracterização da metodologia de pesquisa	54
4.2 Contexto da investigação	55
4.3 Instrumentos e técnicas de coleta dos dados	57
Investigando o processo ensino-aprendizagem	58
Avaliando o módulo didático	65
4.4 Metodologia de análise dos dados	67
5. DISCUSSÃO DOS DADOS E RESULTADOS	70
5.1 Ensino de ligações químicas - Descrição geral das unidades didáticas	71
Unidade 1 - A ciência Química e os materiais	71
Unidade 2 - Caracterizando materiais e substâncias	74
Unidade 3 - Como se ligam os átomos e as moléculas	85

Unidade 4 - Metais e suas propriedades	103
5.2 Ensino de Ligações Metálicas – Investigando o processo	120
5.3 Avaliação discente da proposta didática vivenciada	127
CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
REFERÊNCIAS	133
APÊNDICES	141
1 Questionário para apresentação discente	142
2 Termo de Consentimento da Diretoria da Escola	143
3 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido por parte dos alunos	144
4 Planejamento do módulo didático	145
5 Teste de avaliação da aprendizagem (TAA)	152
6 Questionário para avaliação discente da proposta didática vivenciada	155
7 Questionário para avaliação discente das diferentes atividades didáticas e recursos didáticos utilizados no módulo didático	156
8 Frequência dos alunos da Turma 2A durante a aplicação do módulo didático	157
9 Frequência dos alunos da Turma 2C durante a aplicação do módulo didático	158
10 Prova de avaliação bimestral (PAB)	159
11 Módulo Didático – Atividades experimentais para aulas de ligações covalentes, iônicas e metálicas	163

APRESENTAÇÃO

Início este trabalho relatando alguns momentos de minha trajetória pessoal, escolar e acadêmica, que contribuíram significativamente para qualificar a minha formação como pesquisadora da área de Ensino de Ciências.

Cursei o Ensino Fundamental e Médio em escolas públicas do Município de Santa Maria/RS (1988-1999). No Ensino Médio, a disciplina de Química me foi apresentada de uma maneira bastante conteudista, totalmente teórica e pouco relacionada com os aspectos do cotidiano. Mesmo sendo uma das disciplinas mais odiada pela maioria da turma, eu, diferentemente, passei a estudá-la mais, entendê-la melhor e, a partir daí, a auxiliar meus colegas nos estudos de véspera de prova.

O gosto pela ciência Química e a facilidade em auxiliar outros a estudar esta matéria influenciaram na minha escolha pelo curso superior em Química Licenciatura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em que ingressei no ano de 2002.

Durante a vida acadêmica, sempre busquei participar de diversas atividades oferecidas pela instituição e de vários eventos na área de Química, objetivando ampliar meus conhecimentos profissionais. Ainda no início do curso, tive a oportunidade de realizar estágio na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa (PRPGP), em que desenvolvi atividades de apoio às atividades administrativas, com bolsa oferecida pela Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis (PRAE). Neste estágio, logrei grande aprendizado, não somente sobre assuntos e tarefas administrativas, mas principalmente sobre sociabilidade e relações interpessoais. No entanto, estava insatisfeita com o trabalho pelo total distanciamento da Química.

Como o curso já havia avançado alguns semestres, senti a necessidade de buscar um estágio em uma das áreas da Química existentes na UFSM. A partir do contato com colegas e alguns professores, surgiu uma oportunidade de desenvolver atividades, como bolsista voluntária, junto a um grupo de pesquisa em um laboratório de Química Inorgânica. Posteriormente, também fui bolsista voluntária em um laboratório da área de Química Analítica Qualitativa.

Apesar da aprendizagem enriquecedora que estes dois estágios me proporcionaram, sentia necessidade de um envolvimento maior com as questões referentes à educação e ao ensino de Química, que eram pouco discutidas ao longo do Curso.

Foi quando surgiu a oportunidade de trabalhar em um projeto de pesquisa na área de Educação. Participei do processo de seleção de bolsistas para atuar no projeto de pesquisa e extensão “Ações Pedagógicas Inovadoras e Espaços de Formação Científica, Tecnológica, Matemática e Ambiental” (APIEF), financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e coordenado pelo professor Eduardo Terrazzan, então coordenador geral do Núcleo de Educação em Ciências (NEC), do Centro de Educação da UFSM. Neste momento, teve início minha atuação na área de Educação e na pesquisa em ensino de Química.

No NEC, inicialmente, desenvolvi atividades como bolsista no projeto de pesquisa e extensão APIEF, sob a orientação do professor Terrazzan e da professora Naida L. Pimentel, coordenadora do Setor de Ensino de Química do NEC. Posterior e concomitantemente, atuei como colaboradora da área de Ensino de Química no projeto de pesquisa “Linguagem e Formação de conceitos: implicações para o ensino de Ciências Naturais” (LFC) e no projeto de pesquisa “Ampliando a Concepção de Conteúdo de Ensino mediante a Resolução de Problemas” (ACOCERP).

Como bolsista do projeto APIEF, atuei na organização, planejamento, elaboração e implementação de materiais didáticos inovadores e de oficinas pedagógicas e, também, na organização de palestras e cursos de capacitação e aperfeiçoamento na área de ensino de Química, ofertados para professores da Educação Básica e para acadêmicos da UFSM.

Essa experiência me proporcionou aprendizagem relevante sobre a complexidade do desenvolvimento de um projeto de pesquisa e sobre os critérios, que orientam a metodologia para coleta e análise de informações em pesquisa científica na área de Educação. O trabalho de pesquisa desenvolvido no âmbito do Projeto APIEF possibilitou-me a participação em diversos eventos científicos na área de Educação, para apresentação e discussão das pesquisas desenvolvidas no âmbito desse projeto.

Com relação às atividades pedagógicas desenvolvidas durante o Curso de Licenciatura, realizei no ano de 2005 o Estágio Curricular Supervisionado no ensino fundamental, no âmbito das disciplinas de Prática de Ensino de Ciência I e II, e essa experiência marcou o início da minha atuação profissional na área educacional. Já no ano de 2006, realizei o Estágio Curricular Supervisionado no Ensino Médio, no âmbito das disciplinas de Prática de Ensino de Química I e II.

A participação nos projetos de pesquisa em Educação foi de fundamental importância para minha atuação profissional, visto que antes mesmo da realização do estágio curricular, questões referentes ao fazer docente já me preocupavam. Por isso, durante o desenvolvimento do estágio sentia-me muito à vontade na elaboração e desenvolvimento das atividades

didáticas. Contudo, a rotina docente e a realidade concreta vivenciada em sala de aula provocavam inquietações, que possibilitaram um amplo aprendizado. Não me assustava o despreparo e os “medos” que meus colegas da graduação apresentavam com relação à regência de classe durante quatro semestres (dois semestres em Ciências e dois em Química), tendo em vista que, a meu ver, apenas as disciplinas didático-pedagógicas cursadas no Curso de Licenciatura não eram suficientes para este enfrentamento e para o sucesso na primeira experiência profissional.

No ano de 2007, concluí o curso de graduação. No entanto, mantive o vínculo com o NEC e continuei o trabalho que vinha desenvolvendo no âmbito dos projetos de pesquisa já citados até o final deste ano, com maior atenção para as atividades de encerramento do projeto APIEF.

Considero minha participação junto ao NEC uma experiência enriquecedora, porque contribuiu para a ampliação de meu conhecimento didático-metodológico-pedagógico, apreendido durante a graduação. Obviamente, que esta experiência fez aflorar em mim a vontade de dar continuidade aos meus estudos junto à área de ensino de Química, pois não me sentia segura para iniciar a vida docente. Sentia falta de discutir a essência do processo ensino-aprendizagem e optei pelo mestrado, acreditando que esse momento seria crucial para me preparar para o exercício pleno da profissão-professor.

Durante o desenvolvimento de meu estágio curricular conheci o livro didático *Química & Sociedade* (SANTOS; MÓL, 2005), e, por meio dessa obra, conheci o trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ) e pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) da Universidade de Brasília (UnB).

No ano de 2008, participei do concurso público para o cargo de Professor Temporário da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal. Fui aprovada e convocada para atuar em duas escolas de Ensino Médio como professora de Química e como tutora da área de Ciências da Natureza e Matemática no Programa de Correção de Fluxo Idade/Série, também denominado Programa Vereda. Nesse mesmo ano, elaborei uma proposta de pesquisa para concorrer à seleção de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Participei e fui aprovada na seleção para o mestrado. No ano de 2009, iniciei as atividades referentes à minha pesquisa de mestrado.

Acredito que a experiência adquirida ao longo de minha atuação como bolsista do NEC e as situações e os questionamentos enfrentados durante o desenvolvimento da própria prática docente influenciaram positivamente minha escolha em dar continuidade às pesquisas

e investigações em Ensino de Química, mediante meu ingresso no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

É fato que, desde os tempos da graduação trago comigo inquietações e grandes expectativas para a realização do mestrado. Dessa maneira, essa dissertação está diretamente relacionada com as atividades desenvolvidas durante meu curso de graduação, que tinha como objetivo produzir e avaliar materiais didático-pedagógicos, na perspectiva de auxiliar a superação de dificuldades e deficiências no processo ensino-aprendizagem em Química.

A realização do mestrado representa um *continuum* de um longo e diferenciado processo de construção da minha identidade docente, mediante apreensão de novos saberes curriculares e pedagógicos, bem como de meu percurso de pesquisadora na área de ensino de Química, que apenas começou.

Informo que para a apresentação desta pesquisa, utilizarei a primeira pessoa do singular para os relatos pessoais e a primeira pessoa do plural para quando considerar a colaboração das muitas pessoas que contribuíram para o desenvolvimento dessa pesquisa.

INTRODUÇÃO

A motivação para investigar o tema de ligações químicas surgiu durante minha formação inicial, quando da realização do Estágio Curricular Supervisionado, no âmbito das disciplinas de Prática de Ensino de Química I e II.

Nessa oportunidade, assumi a regência em uma turma de primeira série do Ensino Médio, em que ministrei os diferentes conteúdos químicos contemplados no currículo escolar, buscando promover uma articulação entre teoria e prática. Contudo, essa estratégia didática, apesar de enriquecedora para o processo ensino-aprendizagem, não foi aplicada a todos os conteúdos químicos trabalhados em sala de aula por diferentes circunstâncias.

De maneira particular, senti certa dificuldade com as questões referentes ao ensino do conteúdo de ligações químicas durante o Estágio, devido à sua complexidade e às poucas discussões, por vezes fragmentadas e descontextualizadas, realizadas sobre esse conteúdo no decorrer do Curso de Licenciatura. Como resultado, a elaboração do planejamento didático e a abordagem desse conteúdo em situação real de sala de aula ocorreram mediante simples aplicação do conhecimento científico assimilado durante minha formação inicial.

Hoje compreendo que a situação vivenciada durante o Curso de Licenciatura pode ser considerada um bom exemplo de desarticulação entre teoria e prática. Contudo, a formação continuada apresentou-se como oportunidade para a realização de uma profunda reflexão sobre as dimensões da prática docente, na busca pela integração da dimensão prática com a dimensão teórica.

A participação na disciplina de Química Inorgânica do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, cursada no primeiro semestre letivo de 2009 e que tinha o conteúdo de Ligações Químicas e Estrutura Molecular em sua ementa, suscitou novamente reflexões e inquietações sobre o ensino desse conteúdo no nível médio. As discussões ocorridas ao longo dessa disciplina apontavam a dificuldade dos mestrandos – professores da Educação Básica (EB) – de abordar os conceitos de ligações químicas em sala de aula. Como resultado, os alunos desses professores/mestrandos também apresentam dificuldade para compreender e diferenciar as ligações químicas.

Também considero como motivação para investigar estratégias de ensino-aprendizagem de ligações químicas, a participação como ouvinte na disciplina de Experimentação no Ensino de Química e nas atividades de extensão do Laboratório de

Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ). Nestes espaços, vislumbrei possibilidades de novas estratégias e materiais didáticos de ligações químicas, que pudessem possibilitar ao professor apropriar-se dos conceitos químicos atinentes sem banalizá-los, dando-lhes significado coerente com o aceito cientificamente, de maneira a promover a aprendizagem significativa¹ dos alunos.

Muitas pesquisas na área de Educação indicam dificuldades durante o processo de ensino-aprendizagem de Química. Um número significativo dessas pesquisas e nossa experiência com o Ensino Superior e com o Ensino Médio apontam a dificuldade de abordagem por parte dos professores e de compreensão por parte dos alunos do conteúdo de ligação química, especialmente, ligação metálica.

As propriedades físico-químicas das diferentes substâncias dependem da organização dos seus átomos e, portanto, da natureza de suas ligações (OSÓRIO, 2005). Logo, tem fundamental relevância o estudo dos diversos tipos de interações existentes entre as partículas que constituem as substâncias. No entanto, para o Ensino Médio, a compreensão dessas interações químicas e do relacionamento com as propriedades das substâncias perpassa o nível sensorial, pois exige do estudante que seja capaz de promover a passagem da observação para a formulação de modelos (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006). Logo, a complexidade desse conhecimento científico encontra-se na necessidade de elaborações abstratas pelo aluno, tendo grande potencial para gerar concepções equivocadas sobre ligações químicas.

A pesquisa bibliográfica realizada em publicações da área de Ensino de Ciências e Ensino de Química sobre o processo ensino-aprendizagem de ligações químicas aponta alguns estudos, divulgados na literatura nacional (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006) e internacional (DE POSADA, 1999; RIBOLDI *et alii*, 2004) em que são evidenciadas as concepções de estudantes, em diferentes níveis de ensino. A compreensão equivocada sobre o conteúdo em questão pode estar relacionada a simplificações e possíveis abordagens inadequadas dos livros didáticos durante a apresentação desse conteúdo, sobretudo com relação ao modelo de ligação metálica (SILVA *et alii*, 2009).

Alguns estudantes investigados consideraram o conteúdo de ligações químicas complicado e difícil de ser entendido, mas demonstraram interesse em experimentar novas estratégias didáticas. Essas manifestações indicam que as metodologias desenvolvidas no

¹ Entendemos a aprendizagem significativa como a assimilação de um novo conhecimento e a interação entre esse novo conhecimento com o conhecimento prévio já internalizado. Durante esse processo, o novo conhecimento adquire significados para o aluno e o conhecimento prévio fica mais elaborado, permitindo ao aluno responder novos problemas, questionar-se, elaborar ideias e extrapolar as suas concepções (MOREIRA, 1999; MOREIRA, 2000).

cotidiano escolar não têm contribuído efetivamente para despertar o interesse dos alunos e promover a aprendizagem significativa sobre ligações químicas (SANTOS *et alii*, 2010).

A forma descontextualizada e limitada à exposição de conceitos químicos, por professores e livros didáticos, pode estar vinculada à dificuldade de implementação de novas práticas educativas, dentre as quais se destaca o uso de metodologias de ensino e estratégias didáticas diversificadas. Entendemos que o uso de propostas inovadoras como atividades experimentais, modelagem, jogos educativos, vídeos educativos, livros paradidáticos e textos de divulgação científica, associadas às aulas, que não dissociem teoria-experimento, podem impulsionar o ensino de Química.

O conteúdo de ligações químicas, apesar de ser considerado um dos temas mais importantes da Química, ainda é pouco abordado no âmbito das pesquisas em Ensino de Química. Alguns estudos sobre ligações químicas, e em menor número sobre ligações metálicas, encontrados na literatura apresentaram diversos enfoques, dentre eles: ensino de analogias, modelos mentais e metodologia de ensino-aprendizagem (FERNANDES *et alii*, 2010). Na literatura investigada, a análise do conteúdo ministrado, dos resultados das avaliações realizadas e das estratégias didáticas propostas não se apresentam como foco principal das pesquisas desenvolvidas no âmbito das ligações químicas.

Problema de pesquisa

A abordagem do conteúdo de ligações químicas, com maior ênfase na ligação metálica, mediante elaboração e implementação de diferentes estratégias didáticas, sobretudo atividades experimentais com enfoque nas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e Educação Ambiental (EA), contribui para a aprendizagem dos alunos de Ensino Médio sobre o conteúdo de ligações químicas e promove a compreensão das propriedades das substâncias químicas e sua vinculação à atual diversidade e complexidade dos materiais que nos cercam?

Justificativa

O desenvolvimento acelerado das pesquisas realizadas nas áreas de Ciência e Tecnologia tem influência direta em nossa vida diária e, conseqüentemente, na sociedade como um todo. Este fato é um desafio permanente para a Educação, tornando necessárias reflexões significativas sobre o Ensino de Ciências.

A Química, por ser uma ciência dedicada ao estudo das substâncias, do modo como elas se constituem, interagem e se transformam pela ação da natureza ou ação humana, apresenta grande aplicação nas mais diversas áreas do conhecimento, tais como informática, medicina, farmácia, engenharias. Dessa maneira, o conhecimento químico necessita de renovação constante na forma de ser ensinado, permitindo que a aprendizagem desse conhecimento científico faça algum sentido em nossa vivência cotidiana.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999a) sugerem que é de fundamental importância os alunos compreenderem as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada. Isso permite que se julgue com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e que se possa tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos.

Desta forma, o ensino de Química será tão mais significativo quanto maior for a relação com as necessidades básicas do dia a dia, possibilitando ao indivíduo viver de modo consciente na sociedade e, acima de tudo, permitindo tornar a vida mais simples, mais segura e mais confortável. No contexto escolar, o processo ensino-aprendizagem em Química não deve se restringir apenas à abordagem de conceitos, leis e teorias, mas deve buscar um comprometimento maior com o desenvolvimento de competências, que permitam ao estudante fazer uso do saber de uma forma integrada, multidisciplinar e contextualizada.

Chassot (1993) chama a atenção para o fato de o conhecimento científico possibilitar às pessoas a diferente leitura do mundo. Traduzindo isso para o ensino de Química, o aluno precisa dominar o nível macroscópico, por meio de observação e sistematização de dados, que permita formular uma explicação microscópica envolvendo o universo dos átomos, das partículas, das moléculas. Essa leitura possibilitará a compreensão das propriedades das substâncias e dos materiais com os quais os indivíduos interagem em seu dia a dia.

A importância dos diferentes materiais na vida contemporânea revela-se tão grande quanto a lista dos seus usos e aplicações. Portanto, entender como se ligam átomos e íons, como interagem moléculas, como se formam as substâncias e no que isso interfere na

constituição e propriedades dos novos materiais, assegura aos estudantes o direito de um julgamento mais consciente e fundamentado das informações que nos chegam diariamente.

Esse contexto parece justificar a pertinência do estudo de ligações químicas no nível básico de ensino, visto ser este o período de escolaridade final da maioria de nossa população. No entanto, o que se tem observado no processo ensino-aprendizagem de ligações químicas, e de muitos outros conteúdos de Química, são abordagens simplistas, descontextualizadas, sem historicidade, desvinculada de uma problemática, transcendente ao tempo, gerando como consequência uma distorção do conhecimento científico.

Com vistas a consolidar a construção de um conhecimento escolar sólido junto ao aluno, buscamos uma aproximação entre o conhecimento científico e o conhecimento cotidiano a partir de uma abordagem metodológica diversificada com ênfase no contexto social, histórico, cultural, político, econômico, tecnológico e ambiental.

Desse modo, reveste-se de extrema relevância o conhecimento sobre os limites e possibilidades para a elaboração e implementação de um módulo didático, que contemple diferentes atividades investigativas, como instrumento didático que auxilie no processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligação química, especialmente ligação metálica, para o Ensino Médio e como uma alternativa viável e interessante para aprimorar as relações entre professor–aluno por meio do conhecimento.

Objetivos

Objetivo geral

Produzir e implementar um módulo didático para investigar o processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas, com maior ênfase em ligação metálica, mediante implementação de diferentes estratégias didáticas, sobretudo atividades experimentais demonstrativas-investigativas, com enfoque nas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e abordagens de problemas ambientais (Educação Ambiental - EA).

Objetivos específicos

- Elaborar, implementar e avaliar atividades didáticas investigativas como instrumento didático que contribui para o processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas em aulas de Química da segunda série do Ensino Médio.
- Investigar como a utilização de diferentes recursos didáticos pode contribuir para o processo ensino-aprendizagem dos alunos do Ensino Médio sobre o conteúdo de ligações químicas, em especial, de ligações metálicas.
- Investigar como a utilização da abordagem contextualizada, viabilizando a presença de contextos históricos, sociais, tecnológicos e ambientais, pode contribuir para que os alunos desenvolvam a capacidade de questionar as alternativas propostas pela ciência para resolução de problemas reais.

Diante do exposto, no primeiro capítulo apresentamos e discutimos algumas concepções dos termos conhecimento científico, conhecimento cotidiano e conhecimento escolar existentes na literatura, bem como a possível articulação entre os saberes científico e cotidiano, para ensinar ciência no contexto escolar. No segundo capítulo, trazemos um breve histórico das teorias que deram suporte para a definição do conceito de ligações químicas. No terceiro capítulo, discutimos o uso de atividades experimentais investigativas para superar a didatização, que banaliza e simplifica a abordagem dos conteúdos de Química. Ainda neste capítulo, apresentamos um breve histórico da experimentação no ensino de Ciências, o papel da experimentação para o ensino de Ciências e por fim, discutimos a experimentação no contexto atual das aulas de Química do Ensino Médio. No quarto capítulo, discutimos o percurso metodológico utilizado para desenvolver esta pesquisa. Primeiramente, caracterizamos a natureza da pesquisa e apresentamos o contexto da investigação realizada. Posteriormente, apresentamos os instrumentos e técnicas utilizados para a coleta de informações e indicamos os aportes teóricos que embasam os procedimentos adotados para a análise dos dados coletados. No quinto capítulo, apresentamos a discussão dos dados coletados e os resultados construídos a partir das fontes de informação utilizadas, os quais nos permitiram responder ao problema de pesquisa proposto. Em seguida, apresentamos as considerações construídas ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa, a partir do objetivo

de pesquisa proposto. Ao final, apresentamos as referências bibliográficas utilizadas e os apêndices construídos para essa pesquisa.

1. ENSINAR CIÊNCIA: BUSCA, ARTICULAÇÃO E AÇÃO PERMANENTE ENTRE OS SABERES CIENTÍFICO E COTIDIANO

O desejo de difundir o conhecimento produzido pela Química para além dos muros dos laboratórios, ou seja, para a comunidade dos não especialistas, fez aflorar em alguns estudiosos a preocupação de como compartilhar esses saberes. Essa preocupação tem justificativa histórica, pois nas tentativas de disseminação da Ciência há constatação de inúmeras dificuldades para compreender o conhecimento científico por parte do público dos não especialistas, mais precisamente, nossos alunos. Conseqüentemente, muitos são os desafios encontrados por educadores químicos no processo ensino-aprendizagem e o primeiro deles é despertar nos alunos o interesse pelo conhecimento científico (PIETROCOLA, 2005).

Neste contexto, os desafios que um professor precisa vencer se estabelecem no exato momento que nasce sua vontade de compartilhar (não de transmitir) seus conhecimentos. Esse desejo deve se transformar em busca de saber, em questionamento sobre o próprio conhecimento. Essa busca é permeada por uma enxurrada de dúvidas e questionamentos, que devem inquietar e impulsionar o indivíduo. Nessa procura surge o perigo da estagnação, que pode implicar em aceitação cega do que está posto. Por outro lado, se a estagnação for vencida pela inquietação, o sujeito poderá se mover em direção às transgressões, procurando desafiar, fazer diferente.

Compartilhar os conhecimentos científicos, apreendidos durante a formação superior, demanda mais que dominá-los, exige reorganizá-los, reestruturá-los e, sobretudo, didatizá-los. Concordando com Lopes (1997, p. 566) quando diz que “A didatização não é meramente um processo de vulgarização ou adaptação de um conhecimento produzido em outras instâncias (universidades e centros de pesquisa).” Para essa autora, que comunga das ideias bachelardianas, faz-se necessário uma compreensão da inter-relação entre o conhecimento cotidiano e o científico para que se elabore o conhecimento escolar.

Através dos textos de Lopes (1996, 1997, 1999) e outros autores, é possível refletir sobre o que vêm a ser os conhecimentos cotidiano, científico e escolar e como a inter-relação entre eles contribui para “resgatar e salientar o papel da escola como socializadora/produzora de conhecimento” (LOPES, 1997, p. 566).

1.1 Conhecimento Científico

Constituída de um “conjunto de discursos obscuros”, dotada de “racionalidade irrefutável” e “linguagem exotérica”, a ciência sempre exerceu sobre a sociedade um certo poder (LOPES 1999, p.107). De acordo com Lopes (1999), à medida que a ciência se sofisticava e amplia sua complexidade, mais difícil torna-se compreendê-la. Assim, a ciência vai tornando-se, dia após dia, objeto de culto, sendo mitificada como detentora de todas as respostas. O perigo é que quando a ciência é mitificada se volta contra o próprio conhecimento científico.

Essa visão dominante da ciência se fundamenta em uma base empírica, na qual a ciência compreende leis e teorias elaboradas a partir das verdades inquestionáveis dos fenômenos observados na natureza e reproduzidos mediante experimentação (LOPES, 1999). Contudo, à luz da epistemologia da ciência, o conhecimento científico foi construído pelos cientistas ao longo de vários séculos, sendo uma construção essencialmente humana e cultural, subordinada ao contexto histórico-econômico, validada e comunicada por meio das instituições culturais e sociais da ciência (MACHADO, 1981; DRIVER *et alii*, 1999; PIERSON *et alii*, 2007). Portanto, a ciência deve ser compreendida como uma construção social relativa, provisória e, principalmente, sujeita a falhas e passível de reformulações (LOPES, 1999; PIETROCOLA, 2005).

Para a epistemologia histórica de Bachelard (1999), o erro, e não a verdade, é que ocupa uma função positiva no processo de construção do conhecimento. Bachelard (1999) defende a necessidade de errar em ciência, visto que seu avanço somente ocorre a partir das rupturas ou discontinuidades com o conhecimento tido como aprendido anteriormente.

Japiassu² (1991), citado por Lopes (1999), diz que “a ciência não existe como uma única verdade, mas múltiplos discursos científicos produzindo verdades” (p.114). Disso infere-se a importância de olharmos para as certezas do presente, recorrendo ao conhecimento do passado, para descobrirmos como se deu a formação progressiva da verdade. A partir dessa perspectiva, podemos dizer que a produção científica existente é perpassada por “característica filosófica, dialética e plural” (MELO, 2005, p.11).

Bachelard³ (1991), citado por Freitas (2000, p. 7), afirma que “ao olharmos para a história, o fazemos do presente; o passado é a reconstrução possível a partir do ponto de vista da atualidade”. Então, é coerente considerar imprescindível que um professor ao abordar um

² JAPIASSU, H. **Introdução ao pensamento epistemológico**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1991. p. 26.

³ BACHELARD, G. **O compromisso racionalista**. 6 ed. Siglo Veinti Uno Editores, 1991, p. 129-142.

determinado conhecimento científico em sala de aula não o faça somente pela ótica temporal, mas inclua também a visão histórica e filosófica, visto que os saberes produzidos estão impregnados de contextos da época de sua elaboração.

Bachelard defende a recorrência histórica, e sustenta com argumentos que o conhecimento científico não se deu como um contínuo do conhecimento cotidiano. Muito pelo contrário, na ótica dele, para a elaboração do saber científico há necessidade de uma ruptura com aquilo que se apresenta aos sentidos, visto que “o real aparente faz parte do senso comum” (LOPES, 1996, p. 259).

Para Bachelard (1999), há uma descontinuidade na construção do conhecimento científico em relação ao conhecimento comum e também a si próprio por meio de rupturas, que ele denominou de “obstáculos epistemológicos”. Pode-se dizer que os obstáculos são uma espécie de rejeição ao novo, justificado pela sensação de segurança proporcionada pelo o que já se “sabe”. Esses obstáculos são inquietações que fazem parte tanto do desenvolvimento do saber científico como do exercício de sua disseminação e, para Bachelard (1999), devem ser considerados por aqueles que se dedicam ao ato de ensinar.

Com o propósito de compreender as diferenças entre os conceitos no contexto científico e cotidiano, por vezes, os professores recorrem ao uso de metáforas e de analogias, que no fundo tornam-se um reforço das concepções cotidianas do aluno, constituindo-se em um obstáculo epistemológico. Cabe ao professor analisar se o uso de determinadas metáforas e/ou analogias não contribuirá para comprometer o processo de apropriação do novo conhecimento e sua vinculação com a linguagem formal (LOPES, 1997). Ao considerarmos a Ciência uma linguagem, o que se busca com o ensino dela é seu uso para a alfabetização científica.

Da relação dos indivíduos com o mundo real, que é pleno de fenômenos naturais, emerge o conhecimento comum ou conhecimento cotidiano. Ao chegar à escola, o aluno traz consigo ideias elaboradas a partir dessa relação empírica com suas vivências cotidianas. Essas ideias são denominadas de concepções alternativas e, na maioria das vezes, são contraditórias ao conhecimento científico, que constrói explicações de fenômenos modelados por uma linguagem própria das ciências, que transcende o mundo concreto e que dificilmente serão descobertas por esses indivíduos somente por sua própria observação e investigação do mundo natural (LOPES, 1996; DRIVER *et alii*, 1999).

De acordo com Chassot (2003), há poucas gerações, a sociedade reconhecia a escola como instituição detentora do conhecimento científico. Mas, ao longo do processo educacional, foi reforçada a ideia da ciência como uma atividade fácil, simples e

extremamente acessível. Contudo, essa é uma perspectiva do senso comum, que apresenta uma falsa imagem da ciência, podendo levar a situações de constrangimento, que acaba por dificultar a aprendizagem da racionalidade científica, favorecendo o desenvolvimento de um poder mitificador associado à ciência.

Na busca para superar o senso comum, uma alternativa viável é o professor desenvolver a criticidade do aluno, apresentando-lhe o conhecimento produzido nas universidades sempre em confronto com os diversos saberes (PIERSON *et alii*, 2007). Cabe salientar, que a universidade configura-se como o *locus* em que ocorre a apropriação do conhecimento científico pelo professor, não sendo tais instituições o único local de produção de conhecimento. Para alcançar tais objetivos formativos, o ensino CTS – Ciência, Tecnologia, Sociedade e a inserção da Educação Ambiente – EA são apontados nos documentos oficiais (BRASIL, 2002b) e na literatura da área (SANTOS; SCHNETZLER, 2010; PIERSON *et alii*, 2007) como sendo contribuintes para uma metodologia de ensino com potencial de ser utilizada pelo professor em sala de aula.

1.2 Conhecimento Cotidiano

No âmbito epistemológico, o conhecimento cotidiano, também chamado de conhecimento ordinário, vulgar, senso comum ou visão comum do mundo, costuma estar associado às classes populares (SILVA; MOREIRA, 2010; LOPES, 1999) e tem como características a opinião e o empirismo, o que levou Heller⁴ (1991), *apud* Lopes, (1999), a relatar que:

(...) o saber cotidiano é sempre e somente opinião (doxa), nunca episteme (ciência e filosofia). Como a verdade cotidiana é permanente, sendo sempre opinião, e a verdade científica é provisória, sendo sempre episteme, é possível concluir que a provisoriedade é que confere caráter científico, e não a permanência. (p. 142–143).

Por ter sua origem nos fatos e fenômenos da realidade diária do sujeito, o conhecimento cotidiano é adquirido logo ao nascer e por toda existência humana, sendo que:

O conhecimento cotidiano possui características e aspectos dialeticamente contraditórios que manifestam sua natureza e significação: a imediaticidade de suas relações com a vida e, simultaneamente, a presença da intencionalidade do sujeito; o caráter habitual e espontâneo do fazer e pensar cotidianos e a persistente atuação do sujeito como agente e consciente. (SILVA; MOREIRA, 2010, p. 16).

A forma como se processa a incorporação de conceitos científicos no âmbito do cotidiano não é tão simples quanto possa parecer. Isso porque uma das características da vida

³ HELLER, A. *Sociología de la vida cotidiana*. Barcelona: Península, 1991, p. 343.

cotidiana é a espontaneidade e a informalidade, que acabam por conferir ao cotidiano o sentido de “acontecimento”. Então o conhecimento científico, seja no campo das ciências sociais ou no campo das ciências físicas e biológicas, se constituirá ao romper com os saberes cotidianos.

As ideias necessárias à cotidianidade jamais se elevam ao plano da teoria. Portanto, no conhecimento cotidiano inexistem a diferença entre correto e verdadeiro, e sim, a alienação. Um exemplo citado por Lopes (1999, p. 146) diz que “quanto maior a alienação produzida pela estrutura econômica de uma dada sociedade, tanto mais a vida cotidiana irradiará sua própria alienação para as demais esferas”.

Isso pode estar relacionado com o fato de que não é a todo o momento que pensamos cientificamente. De uma maneira geral, tendemos a utilizar conhecimentos diversos em várias circunstâncias da vida. Dessa maneira, o homem se apropria da realidade e conduz sua vida utilizando, via de regra, o conhecimento pragmático do senso comum, sem cientificismo.

Chalmers (1993) reposiciona o cotidiano e o acontecimento para abordar a objetividade e a dinâmica da ciência. Para este autor, é equivocado associar, defender ou rechaçar um determinado conhecimento cotidiano baseado em critérios cientificistas.

Do ponto de vista da própria racionalidade e grau de universalidade, o conhecimento comum permeia diferentes classes e grupos sociais e, ainda por cima, tem lógica, o que o torna resistente a mudanças. No entanto, a falta de cientificidade do discurso e a prevalência da opinião fortalecem a divisão social do conhecimento, segregando aqueles que sabem e detêm o poder da palavra e do discurso, daqueles que não sabem e apenas consomem e executam o saber adquirido por meio dos primeiros.

Para Lopes (1999, p. 157):

(...) conhecimento científico e conhecimento cotidiano são históricos, sofrem interações mútuas, mas interpretar a ciência com os pressupostos da vida cotidiana é incorrer em erros, assim como é impossível, em cada ação cotidiana, tomarmos decisões científicas, ao invés de decidirmos com base na espontaneidade e no pragmatismo.

Portanto, para produzirmos ciência torna-se fundamental o rompimento com as concepções do senso comum. No entanto, esse rompimento não deve ser total. É necessário ao sujeito um mínimo de saber cotidiano, que se caracteriza como a soma de conhecimentos interiorizados por esse sujeito, a fim de poder existir e atuar em seu ambiente social.

O conhecimento cotidiano faz parte da cultura dos indivíduos e, assim como os saberes científicos, também é uma construção humana, sendo transmitido através das

gerações. A escola é um dos canais institucionais para essa transmissão e, por isso, deve exercer um papel fundamental na constituição desse conhecimento.

No contexto escolar, o currículo encontra-se pautado ora no conhecimento científico ora no conhecimento cotidiano. Contudo, torna-se conveniente situar como eixo central do processo ensino-aprendizagem o conhecimento científico, elaborado socialmente e o conhecimento cotidiano, questionado criticamente.

Pesquisas na área de Ensino de Ciências apontam a necessidade da valorização de saberes populares, considerados como conhecimento cotidiano. Tais pesquisas defendem que o processo ensino-aprendizagem precisa aproximar-se do cotidiano, de forma problematizadora (LOPES, 1999). Essa aproximação é para dar significação ao conhecimento científico, ou seja, estimular o sujeito a querer compreender os saberes cotidianos sob a ótica da ciência, possibilitando-o um olhar diferenciado.

Conforme afirmam Pierson *et alii* (2007), a sala de aula é espaço onde se oportuniza ao aluno fazer diversas leituras de sua realidade, para que esse se coloque de forma crítica e autônoma diante da mesma. Dessa maneira, abre-se espaço para se levar em consideração o que os alunos trazem de conhecimento para dentro da escola. Nesse caso, o cotidiano não se restringe às ações isoladas do dia a dia e tampouco se resume a exemplos de aplicações científicas. O cotidiano quando se aproxima do ensino busca interpretar as relações sociais e econômicas da sociedade. Para Silva e Moreira (2010), a compreensão de como ocorre o encontro do cotidiano da vida e o cotidiano da escola precisa ser elucidada em suas significações e em suas relações no processo ensino-aprendizagem. Para esses autores, o aproveitamento do conhecimento cotidiano como instrumento didático em sala de aula não deve ser supervalorizado e nem reduzido. Deve-se buscar o equilíbrio diante de suas contribuições epistemológicas para a construção do conhecimento escolar e sua incorporação a outros conhecimentos.

Nesse contexto, a ação pedagógica deve ser estruturada de modo a buscar no dia a dia dos alunos informações que podem auxiliar a formação do conhecimento escolar e promover uma educação mais relacionada com sua vivência, e articulada às demais relações sociais. Com isso, Lopes (1999) sugere trabalhar na escola a superação da contradição entre conhecimento científico e cotidiano, mediante a construção de um novo conhecimento, problematizador e crítico, capaz de organizar o senso comum de forma mais ampla, incorporando avanços da ciência sem vulgarizações.

1.3 Conhecimento Escolar

Para compreendermos as relações entre conhecimento escolar, conhecimento cotidiano e conhecimento científico e a forma de superar suas contradições é preciso pensar nos aspectos constitutivos do conhecimento escolar, dado que os saberes escolares são constituídos de configurações cognitivas próprias (LOPES, 1999).

Antes de qualquer coisa, faz-se necessário ter clareza do que vem a ser conhecimento e ciência, para podermos compreender o conhecimento escolar e suas inter-relações com os saberes científico e cotidiano.

Para Moraes (2009), a concepção de conhecimento ocorre de duas formas: como algo que está pronto ou como construção e a cada uma delas correspondem diferentes práticas pedagógicas, que interferem diretamente na perspectiva do processo pedagógico. “A prática pedagógica pode ser informativa/reprodutiva ou formativa/emancipatória, correspondendo a cada uma delas uma concepção de conhecimento” (p. 2).

Os princípios da epistemologia histórica e da sociologia do currículo também são discutidos com vistas ao questionamento e definição do que é válido como conhecimento. “Se concebermos o conhecimento como algo pronto, vemos o conhecimento escolar como transmissão de informações” e aos professores caberia apenas a reprodução do que já fora descoberto pelos grandes pensadores (MORAES, 2009, p. 2). Diferentemente da visão exposta, nossa concepção de conhecimento encontra maior coerência na concepção de conhecimento como construção, que tem como consequência promover mudanças no processo pedagógico, sendo, pois, uma prática libertadora.

A caracterização epistemológica do conhecimento escolar necessita de uma nova prática pedagógica e de maiores reflexões diante da condição de construção de um novo conhecimento, que não se limita às características do conhecimento cotidiano e do conhecimento científico (MOREIRA; CANDAU, 2007; SILVA; MOREIRA, 2010).

Silva e Moreira (2010) afirmam que: “O conhecimento escolar, que pretende ser a integração dialética desses conhecimentos, tem perante si o desafio de assumir seu espaço epistemológico de legítimo conhecimento.” (p. 22).

Ao longo dos anos, o processo pedagógico e as práticas de conhecimento foram marcados por rupturas. Dentre as mais significativas encontra-se a organização dos programas escolares. Ainda no campo da educação escolar, a análise do processo de disciplinarização e do processo de mediação (transposição) didática aparecem como constituintes centrais do conhecimento escolar.

Cabe aqui a seguinte pergunta: o que se entende por conhecimento escolar?

Moreira e Candau (2007) concebem o conhecimento escolar como uma construção exclusiva da esfera educacional e não como mera simplificação de conhecimentos produzidos fora do âmbito escolar.

Para Silva e Moreira (2010, p. 22), o conhecimento escolar possui “autonomia epistemológica” e espaço próprio no universo pedagógico, envolvido por interferências recíprocas e atuações, sendo a escola o ponto de encontro entre os conhecimentos cotidiano e científico. A escola é, pois, o *locus* apropriado para introduzir à vivência cotidiana do indivíduo conhecimentos e habilidades realmente novas, proporcionadas pelo conhecimento escolar.

A complexidade do conhecimento escolar exige, inicialmente, compreender as diferenças nos procedimentos cognitivos de produção de tais saberes e dos significados que carregam consigo. Primeiramente, é preciso compreender os saberes escolares como produtos sociais e a estrutura do currículo acadêmico como a principal fonte de distribuição desigual de educação na sociedade.

De sua parte, o espaço institucional da escola está muito marcado pela influência curricular do conhecimento científico e oferece os instrumentos didáticos para mediar a atividade docente de tornar o conhecimento científico assimilável aos alunos. O contexto da vida dos alunos, apesar de pouco marcante nas especificações curriculares dos conteúdos, se faz preocupação permanente no trato com os alunos. (SILVA; MOREIRA, 2010, p. 22-23).

Para Moreira e Candau (2007, p. 21), o conhecimento escolar caracteriza-se como um dos “elementos centrais do currículo e sua aprendizagem torna-se indispensável para que os saberes socialmente construídos possam ser apreendidos, criticados e, principalmente, reconstruídos pelos alunos”.

A partir dessa constatação, salientamos a importância e comprometimento da escola e do professor para um ensino ativo e efetivo do conhecimento escolar. Assim, espera-se que a escola contemple no currículo, os saberes construídos socialmente e o conhecimento escolar. De modo semelhante, espera-se que o professor seja capaz de selecionar, organizar e trabalhar conhecimentos relevantes e significativos a serem aprendidos pelos alunos ao longo do processo de ensino-aprendizagem (MOREIRA; CANDAU, 2007).

Os saberes construídos socialmente são definidos por estes autores como “âmbitos de referência dos currículos” correspondendo a:

(a) às instituições produtoras do conhecimento científico (universidades e centros de pesquisa); (b) ao mundo do trabalho; (c) aos desenvolvimentos tecnológicos; (d) às atividades desportivas e corporais; (e) à produção artística; (f) ao campo da saúde; (g) às formas diversas de exercício da cidadania; (h) aos movimentos sociais. (MOREIRA; CANDAU, 2007, p. 22).

Os saberes produzidos nestes diferentes espaços são selecionados e passam, primeiramente, por uma descontextualização e, posteriormente, por uma recontextualização, para, por fim, constituírem o currículo formal e tornarem-se conhecimento escolar a ser aplicado em sala de aula (MOREIRA; CANDAU, 2007).

O currículo escolar é estruturado em disciplinas ou, também podemos dizer, matérias escolares. As disciplinas escolares apresentam uma gama de conteúdos, que são distribuídos por série/ano, o que implica na estratificação e no compartimento dos saberes. Portanto, em síntese, no processo de análise da organização desses conteúdos disciplinares, há que se considerar necessária a articulação macro/micro, efetivada a partir da articulação de análises sociológicas (sócio-históricas) e filosóficas (LOPES, 1999).

Assim, a perspectiva histórica, seja no que se refere ao contexto social, político e econômico, seja no que se refere à historicidade do conhecimento, deve ser a base para o desenvolvimento dos conteúdos disciplinares e, sobretudo do questionamento da racionalidade vigente no contexto escolar (LOPES, 1999).

A disciplinarização é o principal constituinte do conhecimento escolar. Contudo, o termo disciplina assume muito mais o significado de controle e vigilância, como, também, parece impor ao conhecimento científico um tom obrigatoriamente autoritário e dogmático. (LOPES, 1999). Cabe aos professores explicitarem que os conhecimentos que são apresentados na escola não são verdades inquestionáveis e necessitam do crivo da razão (PIERSON *et alii*, 2007).

Segundo Lopes (1999), o conhecimento científico tem caráter de abstração quando aplicado ao conhecimento escolar. Em uma afirmação semelhante, Scriptori (2004) aponta a importância da abstração, como processo cognitivo e constitutivo da aprendizagem:

(...) importante para a aquisição tanto do conhecimento espontâneo, de senso comum, como do conhecimento escolar, científico, e deve ser levado em consideração por todo aquele que se propõe ensinar, sobretudo quando se pretende de alguma maneira, favorecer a aprendizagem escolar. (p. 69-70).

O conhecimento científico deve se relacionar com os conhecimentos da vida cotidiana, no entanto, é transmitido sem diálogo com a realidade do indivíduo. Por isso, a necessidade de reordenação das disciplinas convencionais a fim de articular o diálogo entre elas e entre os diferentes saberes.

Nesse contexto, surge a necessidade de reflexão acerca da interdisciplinaridade⁵ (CARLOS, 2007, p. 163) ou, conforme a visão de Japiassu⁶ (1976), citado por Lopes (1999), da pluridisciplinaridade⁷ (CARLOS, 2007, p. 164), capaz de gestar o conhecimento escolar. Tal reflexão, acompanhada de uma breve definição conceitual desses dois níveis de interação entre as disciplinas, é fundamental para que ambas não sejam confundidas como um conhecimento generalista, embora ainda haja certa disciplinarização (LOPES, 1999).

No contexto atual, nossas escolas permanecem bastante resistentes a mudanças nas matrizes curriculares e na estruturação de disciplinas como campos de saber. Ao permitir o currículo acoplado ao conteudismo e garantir o espaço para o específico, nossas escolas diminuem a possibilidade de diálogo entre diferentes contextos de saber e entre diferentes disciplinas. Contudo, o que parece mais importante diante de tal adversidade é compreendermos como ocorrem os processos de transformação do conhecimento científico em conhecimento escolar.

Atualmente no Ensino de Ciências, a metodologia de referência é a de transposição didática ou mediação didática, que segundo Lopes (1997, p. 563; 1999, p. 201) é o processo de transformação do conhecimento científico em conhecimento escolar.

Segundo Silva e Moreira (2010, p. 23),

(...) a mediação didática não se apresenta suficiente para levar a uma boa compreensão das relações epistemológicas da gênese do conhecimento escolar e nem tem as condições de definir suficientemente a sua natureza e explicitar plenamente o significado de suas raízes epistemológicas. Estas estão fincadas nas relações dos diversos sujeitos (professor-docente e aluno-aprendiz), com seus respectivos conhecimentos e com o conhecimento aí engendrado.

De acordo com Lopes (1999), o conhecimento escolar é algo substancialmente diferente do que é produzido pela ciência de referência, uma vez que essa nem sempre trabalha em favor de tornar público o conhecimento científico, que ocorre mediante a apropriação deste conhecimento pela escola.

Para Silva e Moreira (2010), não cabe a separação entre os conhecimentos, em virtude de suas diferenças cognitivas ou procedimentais, já que essa separação não permitiria qualquer tipo de comunicação ou interação entre ambos. No entanto, com a integração sendo

⁵ Interdisciplinaridade “é caracterizada pela presença de uma axiomática comum a um grupo de disciplinas conexas e definida no nível hierárquico imediatamente superior, de onde procede a coordenação das ações disciplinares, o que introduz a noção de finalidade. [...] na interdisciplinaridade há cooperação e diálogo entre as disciplinas do conhecimento, mas nesse caso se trata de uma ação coordenada.” (CARLOS, 2007, p. 163).

⁶ JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976. p. 73.

⁷ Pluridisciplinaridade é caracterizada pela presença de algum tipo de interação entre os conhecimentos interdisciplinares, embora eles ainda se situem num mesmo nível hierárquico, não havendo ainda nenhum tipo de coordenação proveniente de um nível hierarquicamente superior. (CARLOS, 2007, p. 164).

possível, os alunos poderão transitar de um a outro, e agregar saberes com grande enriquecimento.

Para os autores acima citados, tanto o professor quanto o aluno se apropriam de forma distinta do conhecimento escolar, tendo em vista a vivência histórico-cultural de cada um. Dessa maneira, “a escola surge como elemento provedor que contribui institucionalmente para essa apropriação dos saberes e construção do conhecimento escolar.” (SILVA; MOREIRA, 2010, p. 23). Assim, devemos resgatar e salientar o papel da escola como socializadora/produtora de conhecimentos. Cabe à escola o papel de tornar acessível um conhecimento para que o mesmo possa ser construído.

Chassot (2003) coloca que, no processo de ensino-aprendizagem atual, os alunos são postos a memorizar os conteúdos escolares, que muitas vezes são apresentados de maneira descontextualizada da vida cotidiana do aluno, sendo facilmente esquecidos após as provas.

Um dos objetivos do trabalho de pesquisa em ensino de ciências deve ser o de elaborar estratégias e metodologias de ensino, que tenham como pressuposto compreender as dificuldades de apreensão de um determinado conteúdo pelo aluno. Contudo, é nesse contexto mais amplo que se deve estruturar a articulação entre os conhecimentos cotidiano, científico e escolar.

Ao compreendermos a diferença entre a constituição/organização do conhecimento cotidiano e do conhecimento científico, passamos a compreender o processo de constituição do conhecimento escolar e, especificamente, a significação da realidade e da vida vinculada a cada conhecimento. Para isso, segundo Lopes (1997, p. 583), as pesquisas desenvolvidas nos campos de Currículo e Didática não devem ser desconsiderados, pois “são articuladores de férteis análises sobre o conhecimento escolar”.

De acordo com Silva e Moreira (2010), a construção de um novo conhecimento escolar articulado ao saber cotidiano e ao científico proporciona aos educadores espaço para buscar os caminhos da valorização da docência e da qualidade da educação escolar.

De acordo com Moraes (2009), há pelo menos dois conjuntos de questões a serem abordadas ao se discutir a relação entre conhecimento cotidiano e conhecimento escolar: há incompatibilidade entre conhecimentos escolares e cotidianos? Qual conhecimento deve ser trabalhado na escola?

Segundo essa autora:

O diálogo entre conhecimento escolar e conhecimento cotidiano é, sem dúvida, um desafio permanente às velhas e às novas práticas pedagógicas, mas acreditamos que se este desafio tiver como horizonte (norte ou sul) a aplicação ética do conhecimento, indubitavelmente será um diálogo fecundo. (MORAES, 2009, p. 7).

O espaço escolar possibilita ao aluno reelaborar seu conhecimento cotidiano mediante contribuição do saber do conhecimento científico. Para Silva e Moreira (2010), no domínio da didática docente, muitas indefinições ainda estão presentes no cotidiano escolar dos professores, como a incorporação e desenvolvimento dos requisitos epistemológicos para a produção dos saberes.

Assim, afirma-se “a responsabilidade da escola como instituição capaz de fazer chegar, ao espaço social, as contribuições do conhecimento escolar, produzido no espaço acadêmico.” (SILVA; MOREIRA, 2010, p. 23). Contudo, ainda persistem o envolvimento e o compromisso com o domínio do conhecimento científico, que inviabiliza a afirmação do conhecimento escolar. No entanto, o exercício competente do professor no uso adequado dos fenômenos cotidianos, relacionando-os ao conhecimento científico e retornando ao conhecimento cotidiano promove nos alunos acesso aos saberes úteis e necessários, mas que em seu dia a dia não são adquiridos.

As etapas do processo de elaboração do conhecimento estão vinculadas à definição didática da aprendizagem, cujo objeto é o conteúdo dos saberes cotidianos e científicos e o produto é o saber escolar. A aprendizagem ocorrerá mediante “intervenções didáticas nos conteúdos e abordagens históricas e sociais dos conhecimentos cotidiano e científico” (SILVA; MOREIRA, 2010, p. 24), que transformam as características de cada conhecimento no conhecimento escolar.

Os saberes do conhecimento cotidiano são tomados como a “matéria-prima” a ser reelaborada com as contribuições do conhecimento científico, enquanto seus conteúdos são didaticamente trabalhados para se converterem em instrumentos capazes de fornecer elementos adequados para a construção do novo conhecimento. Os recursos da tecnologia e as considerações sobre os valores sociais e morais são igualmente trabalhados sob a influência da experiência existencial da história e das realidades sociais e pelo encontro com as elaborações teóricas de cunho tecnológico, social e cultural. (SILVA; MOREIRA, 2010, p. 24).

O conjunto reelaborado de conhecimentos, tecnologias e valores que são utilizados na revisão da prática pedagógica corresponde aos novos objetos e novas incursões capazes de construir resultados próprios do conhecimento escolar. A nosso ver, estes resultados devem propiciar ao estudante ir além das aprendizagens vivenciadas em seu mundo cotidiano. Devem transformá-lo em um sujeito ativo na mudança de seu contexto e na ampliação de seu universo cultural.

Por fim, em consonância com Moreira e Candau (2007), julgamos necessário avaliar o processo de construção do conhecimento escolar, mediante reconhecimento de que se deve promover diferentes formas de se trabalhar os recursos didáticos disponíveis (livro didático, vídeos educacionais, experimentos, jogos, etc.). Ao trilhar esse caminho, buscamos favorecer

um ensino mais reflexivo e uma aprendizagem mais significativa aos alunos, além de propiciar ao professor uma maior compreensão do próprio processo pedagógico.

Pensamos que, refletir sobre os aspectos discutidos até aqui seja uma maneira de minimizar a pouca empatia e, conseqüentemente, a falta de aprendizado dos conteúdos de Química, que é, por si só, uma matéria difícil, dado seu elevado grau de abstração. Isso se aplica perfeitamente aos conceitos de ligações químicas, que exigem do aluno um salto do concreto para o abstrato, ou seja, do mundo macro para o universo microscópico das ideias.

2. PERSPECTIVA HISTÓRICA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DAS TEORIAS DE LIGAÇÃO QUÍMICA

A História da Ciência deve ocupar um lugar na construção do conhecimento, sendo, pois, importante sua inserção no ensino. A transitoriedade das teorias não deve ser negligenciada, pois a ausência dos aspectos históricos envolvidos na construção do conhecimento leva a uma falsa impressão de que as teorias surgem da cabeça de um ser iluminado, destituída de intencionalidades ligadas a um contexto da época. Para Bezerra e Silva (2001), a teoria desprovida de seu contexto transmite a falsa ideia de que os modelos teóricos atuais estão prontos e acabados. Pensar em conhecimento científico pronto e acabado é o mesmo que arrancar da teoria sua cientificidade, sua dinâmica, é negar-lhe a “psicanálise dos erros iniciais” (BACHELARD, 1999, p. 18).

Com o objetivo de incluir o caráter histórico e transitório das ideias científicas sobre o tema Ligação Química, apresentaremos brevemente os antecedentes mais importantes observados durante a evolução das teorias sobre este assunto, ocorridas entre os séculos XIX e XX, e que, conseqüentemente, contribuíram para a construção das teorias atualmente aceitas.

A Química do século XVIII teve como seu maior expoente Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794), que estabeleceu uma base experimental sólida para esta ciência, sendo um dos marcos de seu trabalho o estudo da combustão, que rompeu com a teoria do flogístico. Dentre seus estudos, destacamos a formulação da Lei de Conservação da Massa, o reconhecimento da natureza das substâncias elementares e a constituição de um alicerce científico da nomenclatura química. Pode-se dizer que para o contexto da época, Lavoisier estava para a Química assim como Isaac Newton estava para a Física (BEZERRA; SILVA, 2001).

Com a passagem para o século XIX, as ideias de Lavoisier deram condições para que se estabelecessem leis gerais da combinação, dentre elas a Lei das Composições Definidas, enunciada por Joseph Proust (1754 – 1826), os postulados que previam equivalência nas interações de neutralização entre ácidos e bases por Jeremias Richter (1762 – 1807), e ainda os estudos sobre os gases realizados por Joseph Priestly (1733 – 1804) e Henry Cavendish (1731 – 1810) (BEZERRA; SILVA, 2001).

Estas leis abriram caminho para o trabalho realizado por John Dalton (1786 – 1844), que contribuiu com formulações sobre o átomo, como sendo este uma partícula indivisível, que se combina para formar compostos em proporções constantes. Foi Dalton o responsável

pela definição e organização dos pesos atômicos dos elementos e apesar da contribuição de seus postulados para a ciência, ao final do século XIX, muitos químicos ainda não acreditavam na existência do átomo. Pelo contexto daquela época, nomes como Lavoisier, Dumas, Berzelius, Wöhle e Leibig concentravam-se em estabelecer uma teoria classificatória para substâncias existentes (NASCIMENTO, 2008).

Na busca por estabelecer critérios lógicos de classificação, durante a segunda metade do século XIX, os químicos relacionaram o arranjo interno dos átomos como um aspecto importante para prever possíveis similaridades em fórmulas estruturais para os compostos. Durante investigações sobre a composição elementar de uma variedade de compostos, surgiram ideias sobre valência e sobre a forma como os átomos estão ligados entre si. Os trabalhos de Kekulé, Couper, Butlerov, Brown e Erlenmeyer contribuíram para estabelecer a importância da organização dos átomos nas moléculas, bem como relacioná-la com as propriedades das substâncias (NASCIMENTO, 2008).

Foi o importante trabalho de Alessandro Volta (1745 – 1827), com discos de prata e zinco alternados e separados com papelão embebido com salmoura, que impulsionou e possibilitou Carlisle, Nicholson, Davy e Berzelius relacionarem a produção de eletricidade com a natureza elétrica das ligações químicas. Este último cientista estabeleceu a teoria dualística ou teoria eletroquímica da ligação, ou seja, para Berzelius, os corpos ponderáveis dividem-se em uma classe eletronegativa e uma classe eletropositiva, e a combinação entre eles somente ocorreria devido à atração entre átomos positivos e negativos. O trabalho de Davy e Berzelius apontou para a relevância das forças elétricas na manutenção de compostos como o cloreto de sódio e a água. No entanto, esta teoria não se aplicava a moléculas diatômicas homonucleares nem aos compostos orgânicos. Estes últimos compostos tinham grande importância para o contexto da época, pois, na metade do século XIX, a indústria química surgiu na Alemanha, e seu maior interesse era em produtos petroquímicos, corantes, substâncias de origem animal e vegetal (BEZERRA; SILVA, 2001; NASCIMENTO, 2008; CHAMIZO; GUTIÉRREZ, 2004).

Buscando estabelecer relação entre o arranjo “real” dos átomos em uma classe de substância com suas propriedades, Pasteur, Van't Hoff e Le Bel se depararam com os estereoisômeros, substâncias com a mesma fórmula molecular, mas arranjo espacial e propriedades distintas. Van't Hoff propôs os arranjos moleculares tridimensionais para determinadas substâncias, sendo uma delas o carbono no centro de um tetraedro. Deve-se frisar, no entanto, que a natureza das forças que mantinham os átomos ligados continuava

desconhecida (CHAMIZO; GUTIÉRREZ, 2004; NASCIMENTO, 2008; GREENBERG, 2009).

Em 1891, Alfred Werner postulou uma nova teoria de ligação, que explicava o comportamento e a estrutura de compostos moleculares ou complexos. Essa teoria se utilizou de estudos de eletroquímica de Arrhenius e trouxe para as discussões de ligações químicas os conceitos de valência primária e valência secundária, número de coordenação, compostos de adição e intercalação (BEZERRA; SILVA, 2001; BANDEIRA, s/d). A valência primária correspondia à capacidade de combinação, sendo o que hoje conhecemos como número ou estado de oxidação em metais. Este conceito tomava como base o octaedro como valência máxima (primária). Já a valência secundária ou número de coordenação correspondia à ligação entre um metal e seus ligantes (GARRITZ; RINCÓN, 1997; CHAMIZO; GUTIÉRREZ, 2004).

Àquela época, havia um interesse em desenvolver tubos de vácuo. Geissler e Plücker inventaram uma bomba de vácuo sem partes móveis, e, com isso, contribuíram para os experimentos de Hittorf, Varley, Goldstein e Crookes com descargas elétricas em tubos com gases rarefeitos. Dessas experiências nasceu a polêmica sobre a natureza dos raios catódicos entre cientistas ingleses e alemães; para estes os raios eram de natureza ondulatória, enquanto para aqueles a hipótese era corpuscular. Isso foi resolvido, em parte, quando o físico Joseph John Thomson (1856-1940) demonstrou a existência de partículas negativas nos átomos - *os raios catódicos ou os elétrons*, além de estabelecer a razão carga/massa dessas partículas (BASSALO, 1993a; BEZERRA; SILVA, 2001).

Em sua teoria, Thomson apontou o elétron como o responsável pela atração elétrica entre os átomos. Para ele, a atração entre dois átomos resultava sempre que um dos átomos doava um elétron para um segundo átomo. Assim, o átomo que recebesse o elétron ficaria negativamente carregado, enquanto que o doador ficaria com uma carga resultante positiva. Dessa forma, os dois átomos teriam cargas opostas, se atraindo e isso funcionava muito bem para ligação entre metais e não metais, ou seja, para compostos inorgânicos polares (BEZERRA; SILVA, 2001; BANDEIRA, s/d).

Nos anos seguintes à teoria de Thomson seguiram-se várias contribuições ao arcabouço de conhecimento sobre as ligações químicas em substâncias pouco polares. Johannes Stark sugeriu que a ligação entre dois átomos em uma molécula dava-se pelo compartilhamento de um elétron. Já os estudos de Richard Abegg, sobre a inércia dos gases nobres e a lei de valência e contravalência, avançaram na compreensão sobre a ligação química. Walther Kossel propôs que as ligações eram feitas pelos elétrons de valência dos

átomos, atingindo a estrutura eletrônica dos gases nobres mais próximos por perda ou ganho de elétrons (BANDEIRA, s/d; BEZERRA; SILVA, 2001; GREENBERG, 2009).

As contribuições de Gilbert Newton Lewis (1875 – 1946) quanto à estrutura atômica e à ligação química foram de significativa relevância e estavam apoiadas no modelo atômico de Bohr. Para Lewis, na formação de moléculas pouco polares ou apolares, dois átomos com tendências semelhantes de ganhar elétrons se mantinham conectados pelo compartilhamento de um par de elétrons. Além disso, cada um desses átomos envolvidos na ligação tinha como causa fundamental se ligarem para alcançar oito elétrons na camada mais externa. Aqui é importante mencionar as contribuições de Walter Kossel sobre a regra do octeto para compostos iônicos; segundo ele, o grupo de oito elétrons era atingido pela doação e ganho integral de elétrons. Lewis ainda propôs um modelo para estrutura atômica, em que os elétrons estariam distribuídos nos vértices de cubos concêntricos. Ele também propôs uma representação para a ligação entre átomos, na qual os elétrons de valência de um determinado átomo seriam dispostos ao redor de seu símbolo, e cada ligação entre dois átomos seria representada por um único par de elétrons, estritamente localizado na região internuclear. Posteriormente, Lewis abandonou o modelo cúbico e incorporou ideias de Irwing Langmuir (1881 – 1967) e de Niels Bohr (1885 – 1962). Langmuir contribuiu para consolidar as bases da teoria do octeto e a distribuição dos elétrons ao redor do átomo (BANDEIRA, s/d; BEZERRA; SILVA, 2001; CHAMIZO; GUTIÉRREZ, 2004; BRAVO; VERGARA, 2004).

Apesar da enorme importância de Lewis para esclarecer como os átomos se ligavam, segundo Bezerra e Silva (2001), faltava à teoria dele uma base teórica que lhe desse maior sustentação, visto que apenas a física clássica não era suficiente para explicar a natureza da ligação covalente.

A base dessa sustentação iniciou-se com o princípio da exclusão de Pauli (Wolfgang Pauli, 1900-1958), anunciado em 1925. De acordo com este princípio, dois elétrons em um átomo não podem ter valores idênticos para os quatro números quânticos. Este princípio estava em concordância com a proposta anteriormente feita por Lewis, segundo a qual a ligação covalente consistia no emparelhamento de dois elétrons em idênticos estados de energia, exceto para os spins, que seriam opostos ou emparelhados. O segundo e definitivo passo surgiu em 1927 com o tratamento mecânico-quântico desenvolvido por Erwin Schrödinger (1877-1961). (p. 183).

Foi preciso então buscar outro modelo e isso foi feito principalmente por Walther Heitler (1904 – 1981) e Fritz London (1900 – 1954), que deram origem ao modelo quântico mecânico. Outro nome de destaque nesse novo ramo da química foi Linus Carl Pauling (1901 – 1994), com sua teoria da ligação de valência, baseado nos resultados dos estudos de Heitler e London para a molécula de hidrogênio (BANDEIRA, s/d; BEZERRA; SILVA, 2001).

Bezerra e Silva (2001) relatam que Pauling também contribuiu para a compreensão da natureza das ligações químicas com os conceitos de eletronegatividade, a teoria da ligação de valência e a teoria dos orbitais híbridos.

Toma (1997) aponta que,

Na idéia de compartilhamento eletrônico, 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 combinação dos átomos. Para tratar das desigualdades atômicas, Pauling introduziu o conceito de eletronegatividade (em termos de energias de ligação), que foi reeditado sob várias formas — por exemplo, por Robert Sanderson Mulliken (1896 – 1986), em termos de potenciais de ionização e afinidade eletrônica, e por Allred-Rochow, em termos da força de atração do núcleo pelo elétron da ligação. (p. 9).

Toma (1997) reconheceu que o modelo de Lewis é bastante útil na descrição qualitativa das ligações químicas. Porém, é insuficiente para discutir questões energéticas, geométricas ou aspectos de natureza espectroscópica. Para tal, faz-se necessário usar teorias quânticas que enfocam a ligação química em termos da combinação de orbitais. Então, entraram em cena Robert Mulliken e Friedrich Hund (1896 – 1997), que desenvolveram a teoria dos orbitais moleculares (BANDEIRA, s/d; TOMA, 1997). Foi Mulliken quem primeiro catalogou e interpretou teoricamente as bandas dos espectros de moléculas diatômicas, formulando posteriormente em conjunto com Hund “a nomenclatura moderna das espécies irreduzíveis da teoria de grupos aplicável a moléculas” (BANDEIRA, s/d, p. 10). De acordo com este mesmo autor, “em 1928 foi reconhecida a relação entre as bandas dos espectros moleculares e a teoria de grupos.” (p.10). Nos dias de hoje, pode-se dizer que a teoria dos orbitais moleculares apresenta vantagens para explicar a ligação química e a estrutura eletrônica molecular.

Toma (1997) considera que a visão sobre a ligação química não pode se restringir ao compartilhamento de um par de elétrons entre dois átomos ou à ideia de um par de elétrons ocupando um orbital molecular formado pela combinação de dois orbitais atômicos. Nascimento (2008) chama atenção para a origem da natureza da ligação química sob o ponto de vista da teoria quanto-mecânica. Segundo este autor, a ligação química é formada como consequência do efeito de interferência, e esta interferência seria uma manifestação da redução da energia cinética dos elétrons quando participantes da ligação.

O descobrimento da difração de raios X, aplicada em cristais iônicos, pelo físico alemão Max Laue, em 1912, e a determinação das estruturas cristalinas por William Henry Bragg e seu filho William Lawrence Bragg contribuíram para o desenvolvimento de uma teoria sobre a interação eletrostática existente entre os íons em compostos iônicos (RINCÓN,

2005). Para este autor, a ligação metálica foi desenvolvida devido à dificuldade em definir as interações que ocorrem nas substâncias metálicas, a partir da teoria da ligação iônica ou da ligação covalente.

Para Bassalo (1993b), a teoria dos metais está dividida em três períodos, que ele chama de: *clássico*, em que predominam os modelos de Paul Karl Ludwing Drude (1863 – 1906) e Hendrik Antoon Lorentz (1853 – 1928), sendo admitido que “os átomos de um metal eram fixos e que os elétrons se deslocavam rapidamente em seus interstícios” (p. 140); *semi-clássico*, caracterizado pela aplicação da estatística de Enrico Fermi e Paul Dirac ao modelo de Drude e Lorentz e, por fim, o período *quântico*, em que Felix Bloch (1905 – 1925) se utilizou dos postulados da mecânica quântica para entender a condução eletrônica nos metais, as propriedades ópticas dos sólidos e a distinção entre condutores, semicondutores e não-condutores, que acabou dando origem à teoria das bandas (RINCÓN, 2005; SILVA *et alii*, 2009).

O conhecimento sobre como se ligam os átomos nos metais levou a compreensão de suas propriedades, principalmente a de conduzir corrente elétrica. O estabelecimento desse conhecimento possibilitou os cientistas a testarem modificações na estrutura de algumas substâncias e/ou materiais, tornando-os possíveis condutores. Tudo isso conduziu a descoberta de novas propriedades dos sólidos semicondutores. Com isso, veio a construção de diodos e transistores semicondutores, além dos resistores e capacitores, que permitem a retificação e a amplificação, gerando sinais eletromagnéticos com baixa perda de calor. Isso nos levou para o mundo da miniaturização, dos chips, principais componentes eletrônicos parte de muitos dos aparelhos (rádio, televisão, aparelhos auditivos etc.) que utilizamos em nosso dia a dia (BASSALO, 1994).

Por tudo isso, a explicação sobre a ligação química continua sendo um tema de investigação, fazendo uso de novas técnicas de análises e tomando as novas moléculas, cujas propriedades podem inserir modificações nas ideias já estabelecidas (CHAMIZO; GUTIÉRREZ, 2004).

Apesar da riqueza histórica existente sobre as teorias de ligações químicas, não é comum encontrar o contexto histórico inserido na abordagem conceitual nos livros didáticos, sejam eles de nível superior ou básico. A forma como os átomos ou os íons se ligam e como interagem entre si foi construída a partir de abstrações impossíveis aos nossos sentidos, o que já dificulta sobremaneira seu ensino e principalmente aprendizagem.

3. DAS PRÁTICAS REPRODUTORAS ÀS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS

A importância atribuída às atividades experimentais na educação em Ciência é bastante antiga e, mesmo assim, a ausência da experimentação no ensino de Ciências ainda se constitui como uma problemática a ser superada.

Os argumentos utilizados pelos professores para o uso e a importância da experimentação no ensino de química foram relatados por muitos autores, sendo a maioria deles ancorado no trabalho de Hodson (1994), o qual aborda desde aspectos motivacionais até outros relacionados à compreensão sobre a natureza da ciência. No entanto, a forma como a experimentação é explorada em algumas salas de aula aponta para a falta de clareza e/ou habilidade dos professores em conciliar teoria e experimento no ensino de Ciências. De modo geral, os professores apresentam uma visão simplista sobre as atividades experimentais, acreditando que para sua implementação são necessários laboratórios didáticos muito bem equipados, roteiros definidos do tipo “receita de bolo”, descrevendo ações que comprovam a teoria na prática. Invariavelmente, quando realizadas, essas atividades ainda não conseguem incorporar a interdisciplinaridade e a contextualização, como recomendam os documentos oficiais norteadores dos processos de ensino-aprendizagem. Da mesma forma, a maioria das aulas experimentais não insere abordagens ambientais nem o ensino CTS, o que seria possível trabalhando-se os impactos ambientais causado pelos resíduos gerados ou ainda pelo uso exacerbado de produtos químicos, cuja matéria prima origina-se da natureza. Nesse sentido, também não é costumeiro a inserção de um olhar crítico sobre as questões de segurança dos indivíduos envolvidos em manuseio de produtos químicos (SILVA *et alii*, 2010).

Diante de tais argumentos, faz-se necessário refletir para buscar soluções baseadas nas tendências atuais. Na literatura é possível encontrar resultados dessa reflexão também nos trabalhos de Hodson (1994), que propõem a ampliação do conceito de experimentação para atividades práticas, e também em Silva *et alii* (2010). Estes últimos autores consideram atividades experimentais aquelas que incorporam como eixos norteadores “o ensinar e o aprender como processos indissociáveis; a não dissociação teoria-experimento; a interdisciplinaridade, a contextualização e a educação ambiental como decorrentes dos contextos escolhidos” (p.245). Para se compreender estas propostas, na perspectiva de

incorporá-las no fazer docente, faz-se necessário conhecer o que foi historicamente pensado e realizado em experimentação no ensino.

3.1 A experimentação no ensino de Ciências: uma volta ao passado

Nesse caso, fazer uma volta ao passado significa compreender como este recurso didático foi pensado, desenvolvido e colocado em prática ao longo do tempo e de que forma ocorreu sua inserção no contexto escolar.

Para se discutir o desenvolvimento de atividades experimentais no ensino de Ciências torna-se relevante abordar a experimentação do ponto de vista histórico. Nesta perspectiva, é importante citar John Locke, que há quase 300 anos explicitava a necessidade de se realizar um trabalho prático na educação dos estudantes (BARBERÁ; VALDÉS, 1996).

Dando um salto no tempo, Petitat (1994) relata que na França do século XVIII já existiam pelo menos 600 locais de experimentação e observação em instituições de ensino. Apesar desses relatos, há informações de que a experimentação foi inserida pela primeira vez no contexto escolar em 1865, no Royal College of Chemistry, na Inglaterra (GALIAZZI, 2000).

Ainda no século XVIII, foi possível observar através do trabalho de Dias (1998), que nos estatutos da Universidade de Coimbra havia uma indicação de associar o estudo da Química ao trabalho prático. Esta ênfase dada às tarefas de laboratório no ensino de Química em Portugal pode ser entendida como resposta a uma demanda do contexto sócio-econômico daquele momento. Afinal, Portugal, do século XVIII, era uma nação possuidora de várias colônias, das quais se extraía uma diversidade de produtos de origem mineral (ouro, diamante etc.) e vegetal (pau-brasil, cana de açúcar etc.). Para esses produtos economicamente mais relevantes foram trazidos conhecimentos técnicos, isto é, um conjunto de processos e operações químicas e físicas de natureza empírica. Estas técnicas eram ensinadas nas escolas jesuítas, que concediam ilegalmente graus de licenciados e mestre em Química, visto que não tinham permissão da Universidade de Coimbra. Os primeiros químicos brasileiros reconhecidos pela coroa portuguesa surgiram ainda no século XVIII, mas estavam ligados a atividades exploratórias da colônia.

Dessa forma, compreende-se que o avanço da Ciência e do ensino de Química no Brasil seja entendido como resposta ao contexto político e social vivenciado na época da colonização Portuguesa. Chassot reafirma em 1996 a abordagem utilitarista dos portugueses

quanto ao ensino de Química, informando que estas diretrizes mudaram no final do século XVIII, devido a motivos históricos e as orientações para o ensino no Brasil passaram a ser de cunho meramente livresco e orientado para uma retórica humanista, que além de defender o primado da razão, não apoiava as velhas autoridades (igreja e aristocracia), acreditava no progresso cultural e tecnológico e trabalhavam pela educação das massas.

Na passagem do século XIX para o século XX, no panorama mundial, o ensino de Ciências com o foco conteudista passava por dificuldades latentes. No Brasil de 1903, um projeto de lei do Congresso Nacional instituiu a necessidade de se criar laboratórios nos institutos oficiais e equipá-los com materiais apropriados para aulas práticas de Ciências (ALMEIDA JR., 1980). Esse incentivo ao uso da experimentação como proposta metodológica para o ensino de ciência culminou na elaboração de uma lei em 1920, no governo de Washington Luiz.

Voltando ao cenário mundial, na década de 1950, logo após o lançamento do satélite artificial Sputnik pelos soviéticos, no período conhecido como Guerra Fria, os Estados Unidos e seus aliados iniciaram o que consideraram a “Era Dourada do Ensino de Ciências.” (WANG; MARSH, 2002). Nessa época, os projetos educacionais objetivavam reformular os currículos escolares, dando uma ênfase maior ao ensino de Ciências e de Matemática. Para isso, foram elaborados os programas School Mathematics Study Group (SMSG), de 1958, Chemical Study Material (CHEMstudy), de 1959, Biological Science Curriculum Studies (BSCS), Physical Science Study Committee (PSSC) e o Chemical Bonding Approach (CBA), de 1959, tendo como objetivo fomentar o desenvolvimento científico para competir com a ex-União Soviética. (NARDI, 2005; BARBERÁ; VALDÉS, 1996; SILVA; ZANON, 2000; GALIAZZI *et alii*, 2001).

Assim, mais precisamente no início da década de 1960, o ensino das Ciências recebeu grande impulso com a produção e aplicação de materiais didáticos fundamentados na proposta do método da descoberta e com uma visão extremada do indutivismo. Estes materiais incluíam além dos livros, aparelhagem de laboratório necessária ao desenvolvimento das atividades práticas.

O método da descoberta, que toma a experiência como base para o conhecimento, foi por muito tempo orientador da prática e do discurso de agentes ligados à educação em ciências e se estendeu ao longo de quase todo o século XX (BARBERÁ; VALDÉS, 1996; PEREIRA, 2006). Conforme Gil-Perez (1993), programas, que se baseavam nesse método, buscavam aproximar o ensino de Ciências ao trabalho do cientista, valorizando sobremaneira a atividade experimental no processo de formação dos indivíduos; como se o fato de se estar

frente a um experimento fosse suficiente para despertar no aluno a habilidade de perceber a teoria subjacente ao fenômeno. Barberá e Valdés (1996) também ressaltaram que estes programas objetivavam promover atividades que conduzissem os alunos aos fundamentos conceituais, como, por exemplo, mediante a inserção em aulas de Ciências de atividades experimentais, para desenvolver nos alunos a capacidade de observação e habilidade para a resolução de problemas, entre outros. Frente a uma atividade dessa natureza, o professor atuava como mediador, estimulando e permitindo que os alunos expressassem suas ideias e descobrissem novos conceitos (SILVA *et alii*, 2010; SUART, *et alii*; 2010).

A pesquisa nacional em ensino de Ciências teve início em 1940 com a criação e o desenvolvimento do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) (BUENO *et alii*, 2007). Durante a década de 1940, este instituto buscou dar apoio a atividades escolares, do que hoje chamamos ensino básico, como feiras de ciências, museus e clubes de ciência.

Já nos anos de 1950, os projetos de ensino de Ciências norte-americanos e ingleses foram implementados no Brasil e desenvolvidos mediante o uso de *kits* para o ensino de Química e Física, tendo como objetivo permitir aos professores das escolas desenvolverem atividades experimentais junto a seus alunos. Os projetos norte-americanos e ingleses foram relevantes para o desenvolvimento da área de educação em Ciências, trazendo implicações positivas para a formação inicial e continuada de professores no Brasil (GONÇALVES, 2005). Apesar da importância desses projetos à época, entende-se que eles estavam permeados de pressupostos hoje duramente criticados. Dentre eles destacamos a experimentação cunhada nas teses empirista-indutivistas como forma de motivação aos alunos (GONÇALVES, 2005).

No período de 1960 e 1970, o governo brasileiro incentivou o desenvolvimento de novos projetos para a área de ensino de Ciências mediante a criação de centros de Ciências em alguns estados da região Sul, Sudeste e Nordeste (SILVA *et alii*, 2010). Segundo os autores citados, nestes centros o Ministério da Educação oferecia cursos, elaborava materiais de laboratório, dentre outras atividades. Já na década de 80, como parte do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT) foi criado o Subprograma de Educação para a Ciência (SPEC), com ações direcionadas para projetos de formação de professores e, assim, suprir a carência de professores de Ciências.

Atualmente, os programas educacionais não estão preocupados unicamente em promover a experimentação no ensino de Ciências. O foco direciona-se a uma melhora no sistema de ensino de modo geral, com ações voltadas aos materiais didáticos e à formação inicial e continuada de professores, entre outros. No que diz respeito aos materiais, vem-se

procurando a inserção de abordagens contextualizadas dos conceitos, o uso de atividades experimentais com caráter investigativo, a inclusão de textos motivadores e com visões interdisciplinares, além da introdução de aspectos que privilegiam a relação Ciência-Tecnologia-Sociedade e os aspectos de educação ambiental com seus múltiplos problemas. Paralelamente, são desenvolvidas pesquisas na área de ensino de Ciências, que, de certa maneira, contribuem para a aplicação de melhorias no sistema de ensino ofertado.

Diante desse breve panorama histórico, torna-se possível perceber que a experimentação no ensino de Ciências vem sendo encarada como uma estratégia, ora necessária ora nem tanto, quase um acessório. Essa visão nos aponta para a necessidade de refletirmos sobre a função da experimentação no ensino de Ciências.

3.2 O papel da experimentação no ensino de Ciências

No âmbito da educação brasileira, nos últimos anos, políticas públicas instituídas no país vêm sinalizando uma ampla reforma educativa ratificada pela elaboração de documentos de referência como os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1999a; BRASIL, 1999b), as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ (BRASIL, 2002), as Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2006) e o Programa Nacional de Educação Ambiental - ProNEA (BRASIL, 2005). Neles, encontramos discussões específicas sobre o que se propõe em termos de Educação em Ciências e Educação em Química. Ao discutir a Educação em Ciências e em Química, tais documentos colocam em foco o uso da experimentação, mediante articulação teoria-experimento, contextualização e interdisciplinaridade (SILVA *et alii*, 2010).

Os PCN (BRASIL, 1999b) ressaltam a importância do desenvolvimento de competências e habilidades pelos estudantes tanto quanto a aprendizagem dos conceitos científicos, tendo em vista a atual dinâmica social. Esses parâmetros indicam quais as competências e as habilidades que devem ser estimuladas nos alunos:

O aprendizado não deve ser centrado na interação individual de alunos com materiais instrucionais, nem se resumir à exposição de alunos ao discurso professoral, mas se realizar pela participação ativa de cada um e do coletivo educacional numa prática de elaboração cultural. (p. 7).

O aprendizado em química pelos alunos de Ensino Médio implica em que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos. Esse aprendizado deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um

conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. (p. 31).

No processo coletivo da construção do conhecimento em sala de aula, valores como o respeito pela opinião dos colegas, pelo trabalho em grupo, responsabilidade, lealdade e tolerância têm que ser enfatizados, de forma a tornar o ensino de química mais eficaz, assim como para contribuir para o desenvolvimento de valores humanos que são objetivos concomitantes do processo educativo. (p. 32).

Em suma, para os PCN, o ensino de Química precisa colocar em pauta conhecimentos que sejam relevantes e que façam sentido ao aluno mediante uma visão mais ampla do conhecimento, de modo que promova uma compreensão do mundo físico e contribua para a construção da cidadania.

Outro documento relevante na Educação em Química são os PCN+, que enfatizam a importância da experimentação no ensino da Química. Contudo, ressaltam que a experimentação, por si só, não assegura a aprendizagem em nível teórico-conceitual significativa e duradoura, mas cumpre papel essencial, ajudando no desenvolvimento de novas consciências e de formas mais plenas de vida na sociedade e no ambiente. Faz parte das orientações dos PCN+ a necessidade de não se negligenciar a experimentação nas aulas e não tratá-las com caráter superficial, mecânico e repetitivo, visto ser esta uma atividade promotora de aprendizados efetivamente articuladores do diálogo entre saberes teóricos e práticos, processuais e relevantes para os sujeitos em formação (BRASIL, 2002).

Barberá e Valdés (1996) confirmam que organizadores curriculares e professores seguem empreendendo esforços para inserir a experimentação em suas aulas, convencidos de que esta promova uma dimensão especial ao ensino de Ciências, ou seja, que vá além do que se pode obter escutando as explicações do professor ou observando demonstrações em laboratório. Contudo, para se aprender Ciências de maneira profunda, as atividades experimentais devem ser trabalhadas de forma investigativa, em que o fazer e o pensar sejam definidos como princípios norteadores de tal atividade didática. Do ponto de vista construtivista, esses autores dizem que a função da experimentação está na sua capacidade de promover a troca conceitual pelos alunos, oportunizando-os modificar o saber cotidiano originado dos fenômenos observados por conhecimentos científicos mais sofisticados (BARBERÁ; VALDÉS, 1996).

Segundo Silva *et alii* (2010), ao longo da história, as teorias científicas foram elaboradas com o intuito de explicar fatos e fenômenos observados na natureza ou mesmo recortes destes fenômenos, reproduzidos em laboratório. Logo, se pode inferir que no contexto educacional a experimentação deve permitir a articulação entre o que se observa (o fenômeno) e as teorias já constituídas.

Um aspecto dessas teorias é a sua potencialidade para explicar fenômenos análogos, isto é, a sua capacidade de generalização. Quanto maior o número de fenômenos comparáveis que uma determinada teoria consegue explicar, maior é o seu grau de generalização. A capacidade de previsão é também outra característica das teorias científicas, ou seja, que fenômenos podem ser previstos por ela e que ainda não foram observados. Assim, uma teoria que explica um único fenômeno é uma teoria com capacidade de generalização e previsão restritas (p.236-236).

De acordo com investigações acerca do papel das atividades experimentais no ensino de Ciências, é comum entre os professores a concepção de que as atividades experimentais confirmam as teorias científicas, motivam e facilitam a aprendizagem. Essa é uma visão simplista e reducionista dos professores, que pode refletir uma falta de compreensão do que seja a Ciência e de suas construções abstratas e transitórias (HODSON, 1994; PONTONE JR., 1998; TUNES *et alii*, 1999; SILVA *et alii*, 2010).

Então, as atividades experimentais de caráter comprobatório não atendem as necessidades para o processo ensino-aprendizagem, visto que são entraves ao “desenvolvimento do pensamento analítico, teoricamente orientado, o que possibilita a fragmentação de um fenômeno em partes, o reconhecimento destas e a sua recombinação de um modo novo” (SILVA *et alii*, 2010, p. 259-260).

Contudo, a realidade escolar tem apontado a ausência de experimentação como um dos problemas relacionados à qualidade no ensino de Ciências. É farta a literatura em que se relata diversos obstáculos como fatores limitantes para a inserção da experimentação no ensino de Ciências, indo desde a falta de infraestrutura até a carga horária excessiva dos professores (HODSON, 1994; BARBERÁ; VALDÉS, 1996; PONTONE JR., 1998; WEISSMANN 1998; BERGOLD; VIZCARRA, 2005; SILVA *et alii*, 2010).

O que foi falado aponta para a necessidade de uma reflexão/reformulação profunda nos cursos de formação de professores sobre que atividades experimentais podem ser consideradas recursos didáticos adequados para promoção do processo ensino-aprendizagem. Nesse sentido, a experimentação precisa ser cuidadosamente planejada e, para isso, é imprescindível que o professor considere a natureza da Ciência, tenha objetivos de aprendizagem bem definidos e clareza sobre o papel da experimentação.

Nesse contexto, a experimentação assume nova função pedagógica. Com intuito de não se desvincular teoria e experimento, salienta-se a necessidade de repensar o laboratório didático e ampliar a concepção do que é um laboratório de ensino e ultrapassar a concepção da experimentação pela experimentação.

3.3 Repensando a experimentação no contexto atual do ensino de Ciências

Para superar as limitações apresentadas no uso da experimentação e dar novo significado às atividades experimentais, buscamos ampliar a diversidade dos espaços em que essas podem ser realizadas. Para tal, assumimos que o desenvolvimento de uma atividade experimental não deve estar vinculado à existência de um laboratório na escola. Segundo Weissmann (1998) e Silva *et alii* (2010), uma solução a essa problemática está na inserção da “sala ambiente” no espaço escolar. Como sala ambiente entende-se um espaço multifuncional, em que as abordagens atuais previstas para o ensino de Ciências e a variedade de atividades a serem propostas possam ser realizadas, por exemplo: aulas expositivas, discussões em grupo, seminários, atividades lúdicas, projeções de filmes e vídeos, simulações em computadores, experimentação demonstrativa-investigativa, etc. Todas essas modalidades vêm sendo citadas pela literatura (HODSON, 1994; BARBERÁ; VALDÉS, 1996; PONTONE JR., 1998; SILVA; ZANON, 2000; SILVA *et alii*, 2010) como alternativas possíveis às aulas práticas anteriormente compreendidas como experimentação. Pode-se adicionar a essa lista de atividades experimentais a realização de uma horta na escola, o planejamento de visitas a espaços como museus, estações de tratamento de água e de esgoto, indústrias ou mesmo o estudo de espaços sociais e resgate de saberes populares passível de se concretizar em ambientes de trabalho artesanal.

Para esse tipo de proposta metodológica, priorizam-se as atividades experimentais mais abertas e de natureza investigativa, conduzidas pelo professor na própria sala de aula, baseadas na discussão e no diálogo, de forma a não desvincular os conceitos teóricos do fenômeno a ser demonstrado (HERNANDES, 2002; SILVA *et alii*, 2010).

Destacamos a estratégia proposta por Silva *et alii* (2010) denominada *Atividades Demonstrativas-Investigativas*, visto que ela foi muito utilizada durante a aplicação do módulo didático idealizado em nosso trabalho. Esta atividade tem por característica:

(...) maior participação e interação dos alunos entre si e com os professores em sala de aula; melhor compreensão por parte dos alunos da relação teoria-experimento; o levantamento de concepções prévias dos alunos; a formulação de questões que gerem conflitos cognitivos em sala de aula a partir das concepções prévias; o desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio da formulação e teste de hipóteses; a valorização de um ensino por investigação; a aprendizagem de valores e atitudes além dos conteúdos, entre outros. (SILVA *et alii*, 2010, p. 246).

Na busca por resultados efetivos no processo ensino-aprendizagem, autores como Hodson (1994), Gil Pérez (1996) e Silva *et alii* (2010) sugerem uma sequência de etapas que o professor deve utilizar para conduzir o experimento em sala de aula. Em linhas gerais, o

trabalho mais recente faz uma expansão dos anteriores e recomenda que ao desenvolver uma atividade experimental demonstrativa-investigativa o professor deve contemplar seis passos fundamentais, a saber (SILVA *et alii*, 2010, p. 247-249):

- formulação de uma pergunta inicial que desperte a curiosidade e o interesse dos alunos;
- observação macroscópica do fenômeno;
- interpretação microscópica, de acordo com as teorias científicas que expliquem o fenômeno estudado;
- inserção de aspectos históricos sobre a teoria científica, para auxiliar a compreensão dos alunos;
- expressão representacional, que emprega a linguagem química, física ou matemática para representar o fenômeno;
- fechamento da aula, que consiste em responder à pergunta inicial, incluindo a interface Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente – CTSA e a avaliação da aprendizagem.

Para uma atividade caracterizar-se como demonstrativa-investigativa, não quer dizer que ela tenha que concretizar todas as etapas sugeridas acima. Essas servem de apoio e orientação ao professor na realização dos experimentos em sala de aula. Neste tipo de abordagem, os fenômenos são observados e o aluno poderá, sob orientação docente, refutar suas ideias de senso comum e relacioná-los com uma teoria, acrescentando à sua estrutura cognitiva noções do conhecimento científico (relação teoria-experimento). Em cada etapa, deve-se procurar privilegiar mais o questionamento e a reflexão dos alunos do que propriamente a manipulação de materiais e/ou a montagem de equipamentos. Assim, mais importante que realizar o experimento é promover a discussão entre os alunos, articulando os três níveis do conhecimento químico (observação macroscópica, interpretação microscópica e expressão representacional), e a inserção da abordagem CTS e EA.

Desta forma, em uma abordagem investigativa, o papel do professor e do aluno são essenciais para que a experimentação seja desenvolvida e permita a formação e o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo, desconstruindo e reconstruindo o conhecimento sobre os fenômenos observados.

Diante da discussão de vários aspectos importantes relacionados à experimentação no ensino de Ciências, é encorajador afirmar que as atividades experimentais de investigação, além de proporcionar um ambiente propício para um ensino efetivo, oferecem a chance de um melhor entendimento da Ciência, mais especificamente da Química. Além disso, contribuem

para formação por parte do aluno de uma postura pela busca contínua ao conhecimento e o alcance das metas do processo ensino-aprendizagem.

Na busca por caminhos que almejam superar as críticas e as dificuldades encontradas para o ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas, em parte relacionadas à necessidade de abstração pelos alunos, vimos na metodologia da experimentação investigativa a possibilidade de desenvolver esse conteúdo mediante o uso de diferentes estratégias didáticas.

4. DESENHO METODOLÓGICO

A investigação em Educação tem como foco o complexo contexto educacional. Diante de tal constatação, o ensino não pode ser considerado o fenômeno de maior interesse de pesquisa, pois ele não ocorre de forma segregada da aprendizagem, da avaliação, do currículo e do contexto. Na sala de aula, a inter-relação entre estes elementos ocorre naturalmente, mas nem sempre recebe um olhar reflexivo imprescindível para pesquisa. Os eventos produzidos nesse contexto devem ser registrados, transformados e analisados mediante abordagem quantitativa e/ou qualitativa com vistas a responder questões relativas ao problema de interesse da pesquisa (MOREIRA, 2009).

A partir dos objetivos estabelecidos e do problema de pesquisa definidos anteriormente, os procedimentos metodológicos foram delineados de modo a conduzir a explicações e/ou respostas para o objeto de interesse dessa pesquisa.

A caracterização da metodologia, das fontes de informação, dos indivíduos participantes, dos instrumentos e das técnicas de pesquisa, assim como, o tratamento e a análise das informações coletadas ao longo do processo de investigação são apresentados a seguir.

4.1 Caracterização da metodologia de pesquisa

Este trabalho de pesquisa está inserido em um universo de significados, concepções, abstrações, crenças, valores e atitudes, que não podem ser operacionalizados utilizando variáveis matemáticas, como seria, por exemplo, uma pesquisa em Química. Tendo em vista a complexidade do objeto de estudo, a abordagem qualitativa pareceu ser mais apropriada por permitir a análise de um nível de realidade que não pode ser totalmente quantificado.

Tal abordagem possibilitou-nos a descrição dos eventos observados em sala de aula, da produção do material didático, da implementação e análise das práticas avaliativas desenvolvidas. Dessa maneira, esta pesquisa foi realizada mediante abordagem qualitativa. No entanto, para a organização e interpretação de alguns dados e variáveis foi necessário o manejo quantitativo desses fazendo uso de estatística descritiva.

4.2 Contexto da Investigação

As fontes de informação caracterizam-se pelo universo da pesquisa, ou seja, o espaço onde foi aplicada a proposta, os indivíduos diretamente envolvidos e pertencentes ao espaço escolar, os documentos oficiais que orientam o ensino e os diversos textos de referência utilizados.

Como no período em que esta proposta de ensino foi aplicada eu não estava atuando como professora em nenhuma escola foi necessário escolher um local para desenvolvê-la. A escolha da instituição para a aplicação do projeto ocorreu em decorrência da relação de amizade com uma professora de Química do turno matutino de uma escola da rede pública de ensino do Distrito Federal, localizada na zona urbana da cidade de Brasília. Esta professora, também mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, tendo conhecimento da proposta didática fez o convite para que a mesma fosse desenvolvida junto a suas turmas na escola.

Portanto, a proposta de ensino concebida para essa pesquisa foi efetivamente aplicada em um contexto escolar real durante o segundo semestre letivo de 2010. A escola tem atuação apenas no nível médio de ensino, com turmas de primeira, segunda e terceira série no turno matutino e vespertino, além de turmas na modalidade de EJA no turno da noite.

A escola conta com um professor de Química para lecionar em cada turno em que a disciplina é ofertada. Cada professor ministra a disciplina para todas as turmas das três séries do Ensino Médio. Na segunda série do turno matutino, por exemplo, havia quatro turmas identificadas por 2A, 2B, 2C, 2D.

Em decorrência de a proposta didática elaborada contemplar o conteúdo de ligações químicas, a mesma foi aplicada em duas das quatro turmas da segunda série do Ensino Médio do turno matutino. A escolha destas turmas não ocorreu de maneira aleatória, mas de maneira a adequar o horário das aulas de Química das duas turmas a serem investigadas com as necessidades operacionais e pedagógicas para implementação desta proposta. Assim, as turmas 2A e 2C, que tinham aula de Química nas sextas-feiras, das 9:15 às 10:45 e das 11:00 às 12:30, respectivamente, foram escolhidas por possibilitarem concentrar em apenas um dia da semana a aplicação dessa proposta didática.

O contato com a equipe diretiva da escola foi realizado primeiramente pela professora regente, que manifestou seu interesse em apoiar a aplicação junto a duas de suas turmas de uma proposta para o ensino de ligações químicas. Manifestado o interesse da escola pela proposta, fui chamada para apresentar formalmente o projeto à equipe diretiva, que diante do

exposto viu uma oportunidade de proporcionar a alguns de seus alunos a vivência em uma nova abordagem de ensino sobre o conteúdo de ligações químicas. Dessa maneira, firmou-se o apoio da equipe diretiva ao desenvolvimento desse projeto de pesquisa no âmbito de seu espaço escolar.

Antes de iniciar a aplicação do projeto, que ocorreu no quarto bimestre do ano letivo de 2010, estive durante quinze dias acompanhando as aulas de Química nas turmas que assumi posteriormente. Este momento foi importante para que pudéssemos nos familiarizar, principalmente com aqueles das turmas em que o projeto fora implementado, com o espaço escolar e com todos que dele fazem parte.

No que diz respeito ao espaço físico, a escola contém laboratório didático de Química e Biologia em salas distintas, fato sempre lembrado e evidenciado por alunos e professores como de suma importância para o desenvolvimento das atividades de ambas as disciplinas.

Com relação às salas de aulas, as mesmas estão distribuídas por disciplinas. Essa estruturação adotada pela escola promove de certa forma uma melhor organização da rotina escolar, tanto na opinião de alunos como de professores. A especificidade da sala de aula permite a construção de uma identidade própria para o ambiente, que com a instalação de equipamentos adequados possibilita o planejamento e a execução de aulas expositivas; discussões em grupo; execução de experimentos demonstrativos e investigativos; seminários, exposição de vídeos educativos e o uso de *softwares*.

As turmas pesquisadas tinham ambas 32 alunos, a maioria pertencente à faixa etária padrão para a série (idades variando entre 15 a 18 anos). A turma 2A era constituída de 18 alunas e 14 alunos. Já a turma 2C, era formada por 22 alunas e 10 alunos. Da aplicação do primeiro questionário (ver Apêndice 1), inferimos que do total de 27 estudantes respondentes da turma 2A, 70,37% eram alunos da escola no ano letivo de 2009. Já na turma 2C, do total de 31 alunos, 83,87% eram alunos da escola em 2009. O fato de a grande maioria dos alunos ter cursado a primeira série do Ensino Médio na escola contribuiu para a aplicação desta proposta, pois os estudantes já estavam ambientados ao espaço.

Para a elaboração da estratégia de ensino, cujas atividades estão descritas abaixo, levou-se em consideração que os alunos apresentavam os seguintes conhecimentos prévios, visto que já haviam sido abordados pela professora regente nos três bimestres anteriores:

- modelo cinético-molecular;
- modelo atômico de Bohr;
- distribuição eletrônica em níveis de energia;

- utilização da tabela periódica;
- propriedades periódicas (energia de ionização, afinidade eletrônica e raio atômico);
- elétrons de valência;
- lei de Coulomb⁸;
- estados de agregação da matéria e mudanças de estado de agregação.

A aplicação da proposta de ensino teve início após a conclusão das atividades do terceiro bimestre pela professora regente. Neste momento, os alunos já se sentiam acostumados com minha presença e todos se mostraram dispostos a participar da nova proposta. O consentimento para o desenvolvimento dessa proposta didática e a participação dos alunos ocorreu mediante assinatura do Termo de Consentimento da Diretoria da Escola (ver Apêndice 2) e do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido por parte dos alunos (ver Apêndice 3), em que se deixava claro o compromisso de se resguardar a identidade de todos.

Os documentos escolares, tais como, o Projeto Político-Pedagógico, o currículo e o calendário escolar foram consultados, inicialmente, para a elaboração da proposta didática e, ao longo de toda a pesquisa, para a adequação da mesma ao regime escolar.

Orientações e normativas do Ministério da Educação foram documentos também consultados para a estruturação da presente proposta de pesquisa. Destes, destacam-se: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+), Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCNEM). Por meio destes documentos, como também de livros, artigos e textos das áreas de Educação, Ensino de Ciências e de Química, foi elaborada a fundamentação da pesquisa, a estratégia de ensino aplicada e a discussão dos resultados obtidos.

4.3 Instrumentos e técnicas de coleta dos dados

No âmbito dessa pesquisa foram utilizados quatro instrumentos para coleta de dados, posteriormente analisados, a saber: módulo didático; avaliações formais; questionários e diário da prática pedagógica.

⁸ Estudada na disciplina de Física.

Investigando o processo ensino-aprendizagem

Descrevendo o Módulo Didático

A partir da constatação da problemática existente no ensino de ligações químicas, conforme já exposto anteriormente e com base teórica explicitada, tivemos por objetivo produzir um módulo didático sobre o conteúdo de ligações químicas, com maior ênfase em ligação metálica, mediante a elaboração de diferentes atividades didáticas demonstrativas-investigativas com abordagem e enfoque nas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade-(CTS) e Educação Ambiental (EA).

Considera-se módulo didático (MD) o conjunto de atividades didáticas organizadas em função de um conteúdo ou de um tema. Nossa proposta metodológica foi estruturada com a finalidade de auxiliar no processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas e de constituir-se como uma alternativa para aprimorar a prática educativa no que diz respeito às relações professor e aluno, ligada pelo conhecimento.

O módulo didático proposto contempla quatro unidades didáticas. Para a estruturação dessas unidades foram ordenadas e articuladas diferentes atividades didáticas (ZABALA, 1998). Praticamente em todas as atividades são contemplados conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Para abordar tais conteúdos, diversas estratégias e recursos didáticos foram utilizados de acordo com as necessidades educacionais pretendidas, como: questões problematizadoras, exposição dialógica do professor e do aluno, experimentação, livro paradidático, vídeo educativo, jogo educativo e avaliações do processo ensino-aprendizagem baseadas na resolução de estudos dirigidos, teste e prova.

De acordo com o exposto, o módulo didático intitulado *Atividades experimentais para aulas de ligações covalentes, iônicas e metálicas* foi estruturado com base na dinâmica básica dos Três Momentos Pedagógicos (TMP) (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990), a saber: Problematização Inicial (PI), Organização do Conhecimento (OC) e Aplicação do Conhecimento (AC) (ver Apêndice 4).

Seguindo o que Delizoicov e Angotti (1990) discutem, no primeiro momento, denominado Problematização Inicial (PI), são apresentadas para discussão entre os alunos questões ou situações relacionadas com o tema e/ou conteúdo que será abordado. Estas questões têm por função ligar o conteúdo com situações reais e do cotidiano de maneira problematizadora. Este momento permite a explicitação das concepções alternativas dos alunos, além de fazer os alunos sentirem a necessidade de adquirir outros conhecimentos, que

ainda não dominam, para resolver os problemas e as dúvidas que já possuem ou que se estabelecem nesta etapa. Os alunos podem trazer para a discussão outras questões ou situações, o que é extremamente positivo. A partir disso, o professor seleciona questões que sejam desafiadoras e que provoquem a inquietação nos alunos, ou seja, que os motivem a tentar superá-las. Neste momento, o professor atua como mediador na explicitação das dúvidas levantadas pelos alunos sem apresentar explicações fundamentadas.

No segundo momento, intitulado Organização do Conhecimento (OC), o professor organiza sistematicamente os conteúdos a serem estudados e orienta a aprendizagem. Neste momento, a intenção é a apropriação dos conceitos que irão solucionar as questões levantadas durante a Problematização Inicial. Do ponto de vista metodológico, este momento permite ao professor a aplicação de diferentes atividades, no sentido de oportunizar ao aluno perceber a existência de outras visões/explicações para as situações problemas.

No terceiro momento, que encerra o módulo didático, ocorre a Aplicação do Conhecimento (AC), que tem por objetivo sistematizar o conhecimento construído e usá-lo com o intuito de analisar e interpretar tanto as situações problematizadas no primeiro momento como também para aplicar este conhecimento a novas situações. O professor tem a oportunidade de avaliar o grau de apreensão do conhecimento pelos alunos e, conseqüentemente, de explorar novas situações vinculadas à vivência cotidiana dos alunos, e que possam ser compreendidas e explicadas utilizando-se do mesmo conjunto de conceitos, modelos, leis e teorias já abordados em sala de aula. O professor pode utilizar este momento para avaliação da aprendizagem ou desenvolvimento de um novo Módulo Didático.

Depois da análise referencial acima descrita, fica evidente o procedimento utilizado no módulo didático com relação a cada um dos momentos pedagógicos. Assim, na Problematização Inicial (PI), unidade didática que inicia o módulo, foram utilizadas duas questões problematizadoras relacionadas com o tema “A ciência Química e os materiais”. Esta atividade, classificada como atividade didática baseada em questões problematizadoras, teve por objetivo investigar as concepções prévias dos alunos sobre a constituição de diferentes materiais e objetos utilizados no nosso dia a dia e problematizar o conteúdo referente ao conceito de matéria, material e substância. A unidade 1 – A ciência Química e os materiais – foi desenvolvida em duas aulas conjugadas de 45 minutos cada.

A Organização do Conhecimento (OC) foi desenvolvida com atividades variadas para possibilitar a abordagem conceitual e a busca de informações e soluções para a problemática apresentada inicialmente. Neste momento, expomos e discutimos leis, modelos e princípios objetivando a promoção de uma aprendizagem mais profunda dos conteúdos conceituais

(ZABALA, 1998). Estes conteúdos corresponderam: a matéria e os materiais; substâncias iônicas, moleculares, covalentes e metálicas; ligações iônica, covalente e metálica; metais e as propriedades dos metais. Os conteúdos foram distribuídos em três unidades didáticas, que foram ministradas ao longo de dezoito aulas, sendo que cada aula teve duração de 45 minutos. As unidades foram intituladas de:

- Unidade 2 – Caracterizando materiais e substâncias;
- Unidade 3 – Como se ligam os átomos e as moléculas;
- Unidade 4 – Metais e suas propriedades.

Em cada unidade os conteúdos foram abordados mediante uso de diferentes estratégias e recursos didáticos-metodológicos como, por exemplo:

- atividades experimentais demonstrativas-investigativas;
- livro paradidático;
- livro didático;
- vídeo educativo.

Todas as estratégias e recursos didáticos do módulo foram implementadas na própria sala de aula da escola, inclusive as atividades experimentais demonstrativas-investigativas, realizadas de forma a não se dissociar teoria-experimento.

O planejamento e a realização de cada atividade experimental seguiu o modelo proposto por Silva *et alii* (2010), que recomenda a observância de seis passos fundamentais que o professor deve utilizar para a realização da atividade experimental em sala de aula. No primeiro passo, formulávamos uma *pergunta problematizadora para* motivar os alunos a participarem das discussões e da atividade. Logo depois, o experimento era realizado de forma demonstrativa. Os alunos observavam o experimento e eram convidados a descrever verbalmente o que visualizaram, ou seja, suas *observações macroscópicas* sobre o fenômeno. Dessa forma, ao longo da discussão, foi possível perceber que os alunos expunham não só o que visualizaram, mas também desvendavam concepções prévias na tentativa de explicar o que foi observado. Isto possibilitou-nos, enquanto introduzíamos a *interpretação microscópica* do fenômeno, retomar alguns aspectos pouco compreendidos. Diante de diferentes respostas, selecionamos aquelas que diferiam muito da teoria aceita e trabalhamos na perspectiva de estimular os alunos a reflexão e reformulação de suas concepções prévias. Simultaneamente, de forma dialógica, fomos introduzindo os conceitos teóricos para a

compreensão do fenômeno e as *expressões representacionais*, empregando a linguagem química para definir conceitos e teorias. O *fechamento da aula* ocorria mediante resposta à *pergunta problematizadora inicial* e a *inclusão da interface Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)* e *Educação Ambiental (EA)* como complemento da resposta à pergunta inicial, tendo como objetivo facilitar a aprendizagem do conteúdo de ligações químicas, principalmente Ligação Metálica, e aproximar este conteúdo das vivências do aluno. Por fim, realizávamos a *avaliação da aprendizagem*, utilizando situações análogas, que podem utilizar os mesmos conceitos e teorias para explicar o fenômeno.

Os experimentos didáticos foram elaborados e confeccionados pela equipe de professores e alunos bolsistas do Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ). O LPEQ também forneceu os materiais utilizados para a confecção dos experimentos e os materiais necessários para seu desenvolvimento em sala de aula. Adaptamos o roteiro experimental de algumas atividades experimentais para ser desenvolvido em ambiente real de sala de aula de acordo com os objetivos desta pesquisa.

Na busca por melhorar a prática educativa para o ensino de metais e suas propriedades, a proposta didática contemplou, além das atividades experimentais descritas, outros recursos didáticos como, por exemplo, o uso de um livro paradidático e um vídeo educativo.

O livro paradidático intitulado “Minerais, minérios, metais: De onde vêm? Para onde vão?” (CANTO, 2004), sendo um instrumento de ensino-aprendizagem amplamente diversificado, possibilitou-nos uma prática educativa dinâmica, pois estimulou a inserção da contextualização, da interdisciplinaridade e da prática da educação ambiental em sala de aula. Ao longo dos doze capítulos, Canto expõe informações sobre vários minérios e metais e articula a abordagem dos conceitos e teorias a aspectos históricos, sociais, tecnológicos, políticos e ambientais. Como a biblioteca da escola possuía poucos exemplares desse livro, optamos, como alternativa viável para o uso do paradidático pelos alunos, priorizar a leitura de apenas dois capítulos: Capítulo 1 – Minerais, minérios e metais, e Capítulo 4 – O que é metalurgia, que consideramos imprescindível. A linguagem utilizada no livro agradou os alunos e os estimulou a participar das discussões sobre a origem, a obtenção e uso dos diferentes minérios e metais. A leitura desses dois capítulos foi fundamental para a resolução do estudo dirigido (ED3) elaborado com o objetivo de avaliar a aprendizagem sobre os conteúdos abordados em sala de aula e contemplados no livro paradidático. Também, mediante a resolução do estudo dirigido pudemos analisar a habilidade dos alunos em utilizar este recurso didático no processo ensino-aprendizagem. O estudo dirigido foi realizado

individualmente pelos alunos e contemplou três questões do tipo aberta, com valor de 10% no somatório da nota da avaliação formativa.

A importância dos metais está intimamente relacionada à sua ampla aplicabilidade na vida diária. O processo de obtenção dos metais a partir da extração de importantes minérios, matéria prima não renovável, e o fato de que alguns metais corroem facilmente são aspectos muito importantes do ponto de vista social, econômico e ambiental. Devido à enorme variedade de produtos metálicos fabricados, é fundamental saber sobre os principais agentes de corrosão para poder evitá-la. E é sob esta perspectiva que o vídeo educativo “Materiais e suas propriedades – Ferrugem” foi utilizado em sala de aula para abordar por meio de experiências simples as características químicas e físicas da corrosão de metais. O episódio em questão tem duração de 25 minutos e faz parte da série “Materiais e suas Propriedades”, programa que contempla diversos vídeos educativos disponibilizados pela TV Escola. A TV Escola é um veículo de comunicação, via satélite, criado pelo Ministério da Educação (MEC) para facilitar o acesso a diversos recursos audiovisuais pelas escolas públicas de todo o Brasil. De maneira mais abrangente, a TV Escola também está disponível para acesso *on-line* no portal do MEC (<http://tvescola.mec.gov.br>) e alguns dos programas exibidos pela TV Escola estão disponíveis para download gratuito no portal Domínio Público (<http://www.dominiopublico.gov.br>). O vídeo educativo “Ferrugem” é uma produção estrangeira, assim como outros vídeos da área de Ciências, que muitas vezes exigem maiores custos para sua produção. Contudo, não deixam de atender as atuais necessidades pedagógicas, em que os conceitos científicos são introduzidos de forma contextualizada e interdisciplinar, além da preocupação em abordar os aspectos históricos. Nesta proposta de ensino, o vídeo educativo foi explorado como revisão dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, mas sua utilização não se restringiu a mera demonstração e constatação do conteúdo já trabalhado em sala. O vídeo educativo foi abordado com vistas a retomar os conceitos-chaves, permitindo discutir e compreender os aspectos mais abstratos dos conteúdos abordados. Uma atividade avaliativa composta por duas questões do tipo aberta foi proposta com o objetivo de analisar a aprendizagem dos alunos sobre o processo de corrosão dos metais, abordado em sala de aula e no vídeo educativo.

Conforme apresentado, a seleção das atividades e a escolha dos recursos e estratégias didáticas envolveram grande reflexão e busca por maior articulação com a teoria abordada. Todas as atividades didáticas foram estruturadas com o objetivo de despertar no aluno certa motivação e interesse pelos conceitos químicos abordados.

Para cada unidade foram desenvolvidas atividades com o objetivo de que ao final da unidade os alunos tivessem incorporado o conteúdo conceitual ao seu repertório de conhecimento. O uso de diferentes recursos didáticos-metodológicos possibilitou além da abordagem dos conteúdos conceituais também o desenvolvimento de conteúdos procedimentais e atitudinais, que correspondem, respectivamente, à realização de ações com destreza e habilidade, e à agregação de valores, atitudes e normas de comportamento (ZABALA, 1998). Os conteúdos procedimentais e atitudinais têm importância reconhecida no processo ensino-aprendizagem, no entanto sua observação é mais complexa. A partir da discussão entre os alunos, de suas contribuições individuais ou coletivas e considerando os diferentes pontos de vista, foi possível realizar a coleta de respostas com relação às questões conceituais, bem como a observância dos aspectos procedimentais.

Na Aplicação do Conhecimento (AC), o foco está centrado na avaliação do processo ensino-aprendizagem. Para a avaliação da aprendizagem, em cada unidade didática e ao final da aplicação do módulo foram propostas diferentes estratégias avaliativas como, por exemplo:

- Leitura do livro didático e resolução de exercícios

Alguns exercícios presentes no livro didático⁹ adotado pela escola foram previamente selecionados para serem resolvidos pelos alunos com o objetivo de facilitar a familiarização e aprendizagem dos conceitos e conteúdos abordados em sala de aula.

- Estudo Dirigido (ED)

Estruturamos o estudo dirigido de maneira a articular exercícios de questões abertas com nossas explicações sobre o conteúdo abordado em sala de aula. Foi realizado como tarefa de casa, sendo que fornecemos aos alunos instruções de como realizá-lo de forma reflexiva e independente. A aplicabilidade do estudo dirigido parte da problematização desenvolvida nas atividades experimentais demonstrativas-investigativas, leitura de livro paradidático e vídeo educativo. Todas estas atividades compõem a avaliação formativa e correspondem a 50% da nota bimestral. Também foram incluídas na avaliação formativa as tarefas em grupos, assiduidade, exercícios de fixação e diário de aula.

⁹ SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química e Sociedade**. São Paulo: Nova Geração. Volume único. 2005.

- Jogo educativo

Jogo de tabuleiro composto de perguntas e respostas. Foi proposto ao final da aplicação do módulo didático, mas não teve como objetivo principal avaliar a aprendizagem do aluno e sim estimular seu raciocínio mediante a retomada do conteúdo já abordado em sala de aula e possibilitar ao aluno a expressão oral de suas concepções acerca dos conhecimentos sobre ligações químicas e a interação com os colegas e com a professora. O jogo foi intitulado “Quizz das ligações químicas” e teve como referência o jogo educativo “Um Passeio através da Química”, produzido pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ) da Universidade de Brasília. Elaboramos mais de 60 perguntas relacionadas a todos os conteúdos abordados no módulo didático e produzimos fichas/cartas para cada pergunta-resposta. Ao longo do jogo as equipes tinham o desafio de responder as perguntas sorteadas pela professora para avançar o maior número de casas e chegar primeiro ao ponto de chegada.

- Teste de avaliação da aprendizagem (TAA)

Este instrumento (ver Apêndice 5) foi elaborado com o objetivo de analisarmos a compreensão e aprendizagem dos alunos quanto ao conteúdo de ligação metálica, metais e propriedades dos metais. Constituído por sete questões do tipo aberta, sendo cinco questões predominantemente referentes aos conceitos químicos, na qual procuramos fazer uma abordagem contextualizada viabilizando a presença dos temas sociais, históricos e tecnológicos e duas questões para o aluno expressar livremente sua opinião sobre a importância de ter estudado conteúdos de Química de forma contextualizada mediante o uso de diferentes recursos didáticos em sala de aula. O teste foi aplicado ao final da implementação do módulo didático, ou seja, em nossa 20^a. aula, e teve valor de 20% para a pontuação bimestral. Os alunos realizaram a avaliação individualmente e sem consulta.

- Prova de avaliação bimestral (PAB)

A avaliação bimestral foi realizada na última semana do quarto bimestre letivo. A equipe diretiva organizou um cronograma de três dias para a realização de provas chamadas interdisciplinares. Cada prova contempla apenas as disciplinas que correspondem a uma das três grandes áreas do conhecimento: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias; Linguagens, Códigos e suas Tecnologias. A prova interdisciplinar da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias foi elaborada

pelo grupo de professores regentes de cada disciplina que compõe a área. A prova de Química, de cada uma das três séries do ensino médio, foi elaborada pela professora regente da escola. No entanto, colaboramos com a professora regente na revisão das questões de Química para as turmas da 2^a. série, principalmente com relação à adequação dos conceitos contemplados em cada questão com a abordagem realizada em sala de aula, como, também, do nível de dificuldade de cada questão proposta conforme o exigido durante as atividades realizadas em sala de aula.

Um caderno de provas foi elaborado e contemplou 22 questões, sendo cinco de Química. Todas as questões eram do tipo fechada e tinham por objetivo avaliar a compreensão e a aprendizagem dos conceitos de matéria; substâncias iônicas, covalentes e moleculares; ligação iônica e ligação covalente. A avaliação, que corresponde a 30% da nota bimestral, foi realizada sem consulta e individualmente pelo aluno.

Avaliando o Módulo Didático

Nesta pesquisa, três instrumentos de coleta de dados foram elaborados e aplicados para investigar e avaliar o módulo didático aplicado em sala de aula. Dois questionários foram elaborados para coletar informações juntos aos alunos e o diário da prática docente foi utilizado para avaliar de maneira reflexiva a presente proposta didática e a prática pedagógica desenvolvida.

Questionário para avaliação discente da proposta didática aplicada

Ao final da aplicação desta proposta didática, os alunos foram convidados a responder dois questionários avaliativos, elaborados com objetivos distintos.

O primeiro questionário (ver Apêndice 6) tinha como objetivo analisar se o trabalho realizado junto às duas turmas da segunda série teve importância para os alunos envolvidos. Este questionário do tipo aberto (PÁDUA, 2004) contemplou seis questões do tipo aberta. Ao longo das seis questões foi possível caracterizar o aluno, seus hábitos de estudo, seu interesse em estudar Química e, principalmente, sua avaliação da proposta aplicada. Especificamente, essas seis questões foram elaboradas para que os alunos pudessem expor suas impressões sobre a proposta didática vivenciada. De acordo com o solicitado, os alunos tiveram que

apontar que conteúdos e atividades mais os agradaram e contribuíram para seu aprendizado ao longo do desenvolvimento dessa proposta didática e para cada escolha apresentaram suas justificativas. Da mesma forma, foi solicitado aos alunos que apontassem os conteúdos e atividades que menos os agradaram ou que tampouco contribuíram para seu aprendizado ao longo do quarto bimestre. Por fim, foi solicitado aos alunos que avaliassem o trabalho docente desenvolvido para abordar o conteúdo de ligações químicas.

Já o segundo questionário (ver Apêndice 7) foi elaborado para avaliação discente das diferentes atividades didáticas utilizadas. Para isso, foi entregue a cada aluno um questionário fechado (PÁDUA, 2004), de caráter descritivo e quantitativo, estruturado do tipo Likert (MARCONI; LAKATOS, 1982), apresentando uma série de quatro valores/proposições, das quais os alunos poderiam selecionar apenas um(a): 0 – ruim, 1 – razoável, 2 – bom e 3 – muito bom. Estes valores/proposições foram atribuídos a seis recursos didáticos contemplados em diferentes atividades do módulo didático, a saber: vídeo educativo, livro paradidático, trabalho docente, atividades experimentais demonstrativas-investigativas, jogo educativo, avaliações e diário de aula. Os valores/proposições atribuídos a cada uma dessas atividades didáticas foram definidos de acordo com os seguintes critérios: relevância, qualidade do material, profundidade da discussão e desempenho dos professores. Ao final do questionário, um espaço foi disponibilizado para que os alunos apresentassem comentários, críticas ou sugestões sobre as atividades desenvolvidas em sala de aula e por eles avaliadas. Dessa maneira, foi possível delinear o posicionamento adquirido pelos alunos para avaliar as diferentes atividades didáticas.

Logo, a aplicação dos questionários possibilitou ao aluno refletir sobre o processo ensino-aprendizagem vivenciado e apontar suas percepções diante de todo trabalho desenvolvido. O questionário nos permitiu a categorização das estratégias didáticas propostas de acordo com o posicionamento apresentado pelos alunos e a construção de suas próprias convicções quanto à prática educativa elaborada.

Diário da prática pedagógica (DPP)

O diário da prática pedagógica (DPP) é um material elaborado pelo professor, em que ele descreve a própria prática pedagógica. Nessa perspectiva, o professor analisa de forma reflexiva os temas discutidos, a escolha das atividades didáticas e sua implementação em sala de aula, as atividades experimentais realizadas e as demais propostas didáticas aplicadas, a

própria atuação em sala de aula e a avaliação que os alunos fazem da proposta didática vivenciada. Não resta dúvida de que a habilidade de observar e avaliar as ações vinculadas à escolha das estratégias de ensino e dos recursos didáticos permite ao professor reorientar o planejamento didático de modo a aperfeiçoar a prática cotidiana. Portanto, a análise reflexiva crítica e a percepção que o professor constrói sobre o processo educativo fazem-se necessárias de modo a contribuir para o sucesso do ensino.

Por essas razões, nesta pesquisa o diário da prática pedagógica foi utilizado como instrumento para reflexão crítica sobre a prática docente construída ao longo da aplicação da proposta didática, possibilitando uma tomada de decisão mais fundamentada para se atingir os objetivos traçados para o processo ensino-aprendizagem.

Por meio desse registro, foi possível identificarmos os avanços conseguidos e as dificuldades enfrentadas durante o encaminhamento das atividades didáticas no contexto real de sala de aula. A análise dos registros no diário foi realizada de forma articulada à análise de todo o material escrito produzido pelos alunos durante o processo didático, incluindo os questionários e as avaliações a que foram submetidos. As explicações, interpretações, ações e reações referem-se às intervenções tomadas para superar as dificuldades enfrentadas e promover uma melhor atuação em sala de aula e em todo o processo de ensino, tanto no aspecto metodológico quanto no aspecto conceitual.

A utilização periódica desse instrumento ocorreu mediante registro dos processos mais significativos observados na dinâmica de sala de aula. Como um dispositivo de caráter pessoal, sua descrição foi intimista. Contudo, não apresentou uma exposição minuciosa dos fatos ocorridos em sala de aula em virtude de o foco não estar centrado na ação dos sujeitos – professor e os grupos de alunos – mas na trajetória desenvolvida. Os registros da prática pedagógica foram utilizados ao longo de todo o processo, desde a elaboração deste material até o momento da análise dos dados e resultados desta pesquisa.

4.4 Metodologia de análise dos dados

A presente pesquisa tem como intenção buscar respostas para as seguintes questões:

- Como a utilização de diferentes estratégias e recursos didáticos pode contribuir para que alunos do Ensino Médio aprendam os principais aspectos conceituais relativos ao conteúdo de ligações químicas, em especial, de ligações metálicas?
- Como a utilização da abordagem contextualizada, viabilizando a presença dos temas históricos, sociais, tecnológicos e ambientais, pode contribuir para que alunos do Ensino Médio aprendam sobre ligação química?
- Como o uso de diferentes estratégias avaliativas influencia a participação de alunos do Ensino Médio em seu processo de aprendizagem e contribui para que estes aprendam sobre ligação química?

Com o intuito de responder as questões de pesquisa apresentadas acima, definimos os procedimentos metodológicos para a análise dos dados coletados visando garantir a validade e a confiabilidade dos resultados desta pesquisa.

Para isso, consideramos as ações e relatos da mestrandia durante o desenvolvimento da proposta didática e as produções escritas dos alunos em diversas atividades. Assim, organizamos os instrumentos utilizados para a análise dos dados seguindo a ordem cronológica estabelecida pelo processo ensino-aprendizagem, a saber:

- Módulo didático para o ensino de ligações químicas – descrição geral das unidades didáticas.
- Avaliações formais da aprendizagem e desempenho dos alunos.
- Relatos dos alunos quanto à proposta de trabalho realizada.
- Respostas dos alunos aos questionários de avaliação da proposta didática e dos recursos didáticos utilizados.
- Diário da prática pedagógica – Observações realizadas em sala de aula paralelas ao desenvolvimento da estratégia de ensino.

A validade interna da pesquisa é garantida pelo uso dos múltiplos instrumentos de coleta de dados, que possibilitam a análise e interpretação dos resultados da forma mais completa e adequada possível mediante a triangulação dos dados analisados. Para isso, foram estabelecidos critérios para a categorização das respostas analisadas nas avaliações formais e nos questionários aplicados. Como as questões contempladas nas avaliações da aprendizagem e nos questionários eram em sua maioria questões do tipo aberta, as respostas mais próximas foram agrupadas e assim foram criadas diferentes categorias para os elementos mais

recorrentes da investigação pedagógica. Por fim, ocorreu a triangulação dos dados, que se caracteriza por associar os dados obtidos a um modelo teórico, apresentado na fundamentação teórica da pesquisa, com a finalidade de compará-los e extrair reflexões com relação à proposta apresentada e o processo ensino-aprendizagem investigado.

5. DISCUSSÃO DOS DADOS E RESULTADOS

A análise dos dados coletados por ocasião da aplicação do módulo didático permitiu a elaboração de asserções sobre a experiência subjetiva dos indivíduos envolvidos nesta pesquisa. A reflexão diante dos dados que emergiram dos vários instrumentos de pesquisa utilizados aproximaram-nos dos resultados do processo ensino-aprendizagem e possibilitaram responder as questões de pesquisa e conhecer os significados e consequências da proposta didática e os aspectos representativos dos alunos pesquisados com relação à aprendizagem e o processo vivenciado.

Neste capítulo, apresentaremos e discutiremos os resultados obtidos a partir de uma situação real de sala de aula, do material escrito produzido pelos alunos nas avaliações formais e no diário de aula, das respostas dos alunos aos questionários e das impressões e anotações da professora ao longo do processo ensino-aprendizagem.

Iniciamos com uma descrição geral das aulas para o ensino de ligações químicas, seguida de sua análise de acordo com os apontamentos realizados no diário da prática docente e com as reflexões decorrentes. A descrição das aulas foi organizada em quatro unidades didáticas, de acordo com o planejamento inicial do módulo didático relatado na Metodologia. A exposição das unidades didáticas tem como objetivo evidenciar como as diferentes estratégias de ensino, principalmente as atividades experimentais, favoreceram a abordagem sobre ligações químicas. Concomitante à descrição, discutimos sobre o contexto em que ocorreu a aplicação do módulo, bem como sobre a participação e o desempenho dos alunos nas diversas atividades, dentre elas, as avaliações formais.

Por fim, com o intuito de investigar a percepção dos alunos sobre o processo ensino-aprendizagem vivenciado, apresentamos e discutimos suas opiniões sobre o módulo didático, isto é, tanto sobre a articulação da abordagem CTS e EA ao ensino de ligações químicas como sobre as estratégias utilizadas.

A expectativa destas análises nos permite levantar considerações sobre a iniciativa de construção do conhecimento escolar mediante a abordagem didática do conhecimento cotidiano fundamentado em conceitos científicos. De acordo com Silva e Moreira (2010), a integração dos conhecimentos pode permitir ao aluno uma compreensão à luz da ciência sobre os fenômenos observados no cotidiano, dando a eles autonomia para julgá-los do ponto de vista das descobertas científicas, das elaborações tecnológicas e dos valores sócio-ambientais.

5.1 Ensino de ligações químicas – Descrição geral das unidades didáticas

A proposta de módulo didático foi aplicada durante o período de 17 de setembro a 26 de novembro de 2010 em vinte aulas de 45 minutos cada; no entanto, eram aulas conjugadas, isto é, ficávamos com os alunos durante 90 minutos todas as sextas feiras pela manhã.

Na Unidade 1, que se resumiu a um período de 90 minutos (duas aulas), buscamos estabelecer junto aos alunos a diferença entre diversos objetos, que teriam sua estrutura macro e microscópica investigadas posteriormente. Para desenvolver a Unidade 2 foram utilizadas quatro aulas, trabalhamos inicialmente os conceitos de substâncias e materiais, além de explorarmos as propriedades de algumas substâncias, na perspectiva de conduzir os alunos a relacionarem essas propriedades com o tipo de ligação química. Já na Unidade 3, nos dedicamos especificamente aos conceitos de ligações químicas durante três períodos de 90 minutos (seis aulas). Por fim, a Unidade 4 (oito aulas) foi dedicada à investigação sobre as propriedades dos metais, para que pudéssemos explorar mais detidamente a ligação metálica.

Todas as unidades (resumidas no Apêndice 4) serão descritas abaixo e comentadas quanto ao modo como foram operacionalizadas em sala de aula. As diferentes atividades didáticas utilizadas em cada unidade serão apresentadas no Módulo Didático (MD) (Apêndice 11).

Unidade 1 – A ciência Química e os materiais

Esta unidade foi estruturada com o objetivo de discutir o papel da Química e sua importância para o desenvolvimento científico, tecnológico e social, articulado a aspectos ambientais.

Para realização das atividades previstas as turmas foram divididas em grupos formados por três ou quatro alunos, que se organizaram de acordo com seu grau de afinidade. Os grupos foram distribuídos em um semicírculo, ocupando todo o espaço da sala de aula. A estratégia de organizar os alunos em grupos tem, entre outros, o objetivo de permitir o desenvolvimento de habilidades atitudinais, que ocorrem mediante interações diversificadas, que não se limitam apenas ao contato entre professor e aluno, mas que favoreçam a relação entre alunos, permitindo o diálogo e a construção de argumentos por parte deles (ZABALA, 1998).

Em seguida, foram dispostos sobre a mesa objetos (materiais e/ou substâncias) como: copos com água da torneira, água destilada, álcool, água sanitária, sal de cozinha, açúcar, gesso e bicarbonato de sódio, pregos, vela, colher de metal, colher de madeira e borracha escolar. Estes objetos ou porções de matéria foram escolhidos por serem constituídos de materiais e/ou substâncias com aplicações e propriedades distintas, o que permitiu agrupá-los distintamente de acordo com certas características passíveis de observação. Os alunos tiveram acesso a todos os materiais e receberam instruções para responder a dois questionamentos.

Estas questões (QP1 e QP2) (ver Apêndice 11, p. 14) tiveram como objetivo motivar a problematização inicial sobre os conceitos de matéria, material e substância e suas propriedades. Para a realização dessa atividade didática os grupos observaram os objetos (materiais e/ou substâncias) fornecidos e, em seguida, foram orientados a refletir sobre as diferenças observadas nas propriedades macroscópicas desses objetos (materiais e/ou substâncias) e sobre como essas diferentes propriedades estão relacionadas com a estrutura interna dos mesmos. Para responder a primeira questão, solicitamos aos grupos que apresentassem sugestões de classificação dos diferentes objetos e/ou porções de matéria de acordo com suas similaridades, diferenças ou utilidades, justificando sua resposta.

A tarefa de cada grupo compreendeu a leitura, a discussão e a elaboração das respostas de cada uma das questões problematizadoras. O fechamento da problematização inicial ocorreu mediante a apresentação das respostas pelos grupos, sendo estas organizadas no quadro para permitir uma análise coletiva, observando as argumentações apresentadas. Por fim, foi elaborada uma síntese das respostas e buscou-se contemplar relações e diferenças entre essas. Posteriormente, encaminhamos a discussão das respostas mais recorrentes, confrontando-as com os conceitos cientificamente aceitos. Estas questões problematizadoras foram respondidas por oito grupos da Turma 2A e sete grupos da Turma 2C.

Na primeira questão (QP1), quatro grupos da Turma 2A e quatro da Turma 2C classificaram os diferentes objetos e materiais de acordo com seus estados físicos, ou seja, em líquidos e sólidos. Os outros grupos classificaram de acordo com suas propriedades ou sua utilidade. Na segunda questão (QP2), seis grupos da Turma 2A justificaram a classificação sugerida na questão anterior (QP1) pela diferença que existe nas propriedades específicas e na utilização de cada um dos objetos e materiais analisados. Na Turma 2C, quatro dos grupos não só estabeleceram diferenças com relação à utilização e às propriedades específicas, principalmente as organolépticas, como também com relação aos constituintes presentes nos diferentes objetos e materiais. Abaixo, transcreveremos de forma literal respostas de dois

grupos da Turma 2A e de um grupo da Turma 2C referente à segunda questão problematizadora (QP2):

“Sólidos: dá para pegar, dá para distinguir. Líquidos são muito parecidos, as densidades são quase iguais, são homogêneos, se misturam, tem a mesma cor, eles servem para limpar ou purificar.” (TA-G6)¹⁰

“Cozinha: sal, açúcar, água da torneira, colher de plástico/metal/madeira, bicarbonato de sódio, vinagre. Limpeza: água sanitária. Medicamentos: água destilada, álcool. Iluminação: vela.” (TA-G2)

“Entre os sólidos e líquidos mesmo sendo da mesma classificação não são usados para a mesma coisa e suas composições também são diferentes. A partir do odor, da cor, suas características físicas e aparência, podemos classificar o material, identificá-lo e verificar sua utilidade: limpar, ingerir, moldar, desinfetar, etc.” (TC-G6)

Ao final desta atividade foi possível perceber que a maioria dos grupos classificou os objetos (materiais e/ou substâncias) em função do estado físico e do uso destes objetos.

O tempo previsto para o desenvolvimento desta atividade era de uma aula de 45 minutos, sendo destinados apenas 20 minutos para os alunos responderem as questões problematizadoras e 10 minutos para a síntese das respostas de cada grupo e a discussão final. No entanto, este tempo não foi suficiente por motivo da dificuldade dos alunos para compreender o objetivo da atividade proposta e para elaborar as respostas para ambas as questões. Por esse motivo, durante o desenvolvimento dessa atividade tivemos que esclarecer as dúvidas e informar o objetivo de cada questão. O tempo programado inicialmente foi estendido e a atividade didática foi realizada em duas aulas de 45 minutos cada.

Essa estratégia didática não teve por objetivo julgar as respostas dadas pelos grupos como certas ou erradas. Mas motivá-los a refletir sobre a situação apresentada e discutir com os demais colegas de grupo de forma a construir argumentos para a elaboração de suas respostas. A partir dos argumentos elaborados avaliamos a estratégia de raciocínio utilizada pelos alunos e os saberes envolvidos.

A proposição desta atividade se justifica quando nos deparamos com uma lista enorme de diferentes materiais indispensáveis à vida contemporânea. Partimos da abordagem de aspectos macroscópicos para a compreensão dos aspectos microscópicos em atividades posteriores. Nessa perspectiva, o conhecimento sobre as substâncias, seus constituintes e como estes interagem pode ajudar o aluno a compreender mais facilmente o que observa no seu cotidiano.

¹⁰ Código para identificação da turma e do grupo de alunos, respectivamente. Neste exemplo, TA indica a Turma 2A e G6 identifica o 6º grupo de alunos respondentes.

De modo geral, as análises realizadas mostraram comprometimento por parte dos alunos durante o desenvolvimento da atividade em sala de aula e na avaliação da mesma. Os alunos foram capazes de estabelecer relações com outros conteúdos e conceitos básicos, vistos na 1ª. série do Ensino Médio, e que fazem parte do mesmo contexto para explicar as diferentes características e aplicações dos diversos objetos (materiais e/ou substâncias) com os quais convivemos em nosso dia a dia.

Ao final dessa unidade, podemos avaliar que a problematização inicial dessas questões apresentou, de certa forma, resultados positivos. Inicialmente, como já comentado, não foi bem compreendida pelos alunos, que apresentaram muitas dúvidas no momento da discussão das questões e na elaboração de suas respostas, simplistas como já esperávamos e fortemente vinculadas ao conhecimento do cotidiano.

Na unidade didática seguinte, após a abordagem dos conceitos científicos sobre materiais, substâncias e propriedades específicas dessas, as questões QP1 e QP2 foram novamente utilizadas para retomada da discussão inicial.

Unidade 2 – Caracterizando materiais e substâncias

Uma maneira de estabelecermos relações entre os objetos (materiais e/ou substâncias) de uso cotidiano descritos na Unidade 1, suas propriedades e o conteúdo de ligações químicas foi mediante abordagem das propriedades específicas desses objetos ou porções de matéria, dentre elas, a capacidade de conduzir a eletricidade.

Nesta unidade didática, em um primeiro momento, realizamos a atividade experimental demonstrativa-investigativa intitulada “Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?” (ver Apêndice 11, p. 17-21) com o objetivo de analisar a capacidade dos diferentes objetos (materiais e/ou substâncias) utilizados na Unidade 1 de conduzir a corrente elétrica, sob diferentes condições (SANTOS; MÓL, 2005; BELTRAN; LIEGEL, 2008; EVANGELISTA, 2009; FANTINI, 2009; BRASIL, s/d). Lembrando, os objetos utilizados foram: copos com água da torneira, água destilada, álcool, água sanitária, sal de cozinha, açúcar, gesso e bicarbonato de sódio, pregos, vela, colher de metal, colher de madeira e borracha escolar.

De todos os objetos apresentados, utilizamos a água da torneira para iniciar a problematização da atividade experimental pelo fato de sua condutividade elétrica ser

conhecida pela maioria dos alunos. Questionamos os estudantes sobre o porquê de a água da torneira apresentar tal característica. Também foi perguntado quanto à condução da corrente elétrica pelos demais materiais e/ou substâncias.

Diante de tais questionamentos, os alunos rapidamente se posicionaram. Para eles, a água conduzia a eletricidade por ser líquida. Por outro lado, os objetos sólidos foram apontados como não condutores de eletricidade, com exceção dos metais. Consideramos necessário investigar tais conhecimentos, para compreendermos a relação que os estudantes estabeleceram para julgar líquidos como condutores e sólidos como isolantes. A relação de condutividade elétrica dos líquidos, feita pelos estudantes, reside no fato da água facilitar a promoção de choques elétricos. Já o exemplo usado pelos alunos para justificar a ideia de não condução dos sólidos foi devido somente conhecerem isolantes no estado sólido (ex.: borracha, plástico e madeira). Isso foi observado na fala de um aluno da Turma 2C:

“(...) a água da torneira conduz eletricidade, porque quando colocamos a mão molhada em um “fio de luz” “podemos levar um choque”. A borracha e o plástico não conduzem porque eles são usados nos “fios de luz” para proteger contra os choques elétricos.” (ED1-TC-G8)

Após a motivação inicial, apresentamos a atividade experimental e explicamos a construção do condutivímetro e sua utilização para verificar a condução da corrente elétrica pelos diferentes materiais e objetos.

O experimento foi realizado de forma demonstrativa e contou com a ajuda de alguns alunos durante seu desenvolvimento. Cada grupo recebeu o material didático de apoio, ou seja, um roteiro experimental para acompanhar a realização da atividade, em que podia fazer as anotações sobre o fenômeno observado e sobre os resultados obtidos para cada um dos diferentes materiais e objetos testados.

Os alunos foram participativos e questionadores durante a realização do experimento. Diante dos resultados obtidos mostraram-se bastante curiosos com o fato do sal de cozinha em solução aquosa conduzir a corrente elétrica e o açúcar não conduzir, mesmo que em solução aquosa, apesar de serem macroscopicamente semelhantes. Também buscavam respostas para o fato de a água da torneira, diferentemente da água destilada, ter conduzido a corrente elétrica e acendido o diodo emissor de luz (LED) no condutivímetro construído no Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ). A maior intensidade da corrente elétrica gerada pelos diferentes metais em relação aos demais materiais testados, observada pela luminosidade do LED, foi outro fato que promoveu discussão e questionamento pelos alunos.

A partir desses questionamentos os alunos foram estimulados a refletir sobre o fenômeno da condutividade elétrica e buscar uma explicação para os resultados obtidos. Estes resultados forneceram importantes subsídios para a discussão sobre os materiais condutores e isolantes e sobre a movimentação dos íons e dos elétrons, que diferenciam os dois fenômenos.

Os alunos durante as discussões passaram a perceber que os materiais e objetos utilizados poderiam ser classificados em três categorias: primeiro, os que conduzem corrente no estado sólido e no líquido, como os metais; segundo, os que são isolantes no estado sólido e no líquido, e, por fim, aqueles que são isolantes no estado sólido e conduzem eletricidade no estado líquido (em solução ou fundidas). Para isso, no segundo momento desta unidade didática iniciamos a discussão sobre como a Ciência explica a propriedade de conduzir a corrente elétrica apresentada por alguns materiais.

Para a interpretação microscópica dos conceitos químicos envolvidos na atividade experimental foi elaborado o texto “Caracterizando materiais e substâncias” (ver Apêndice 11, p. 22-26), organizado a partir de diferentes referências bibliográficas (BELTRAN; LIEGEL, 2008; SANTOS; MÓL, 2005; SILVA *et alii*, 2005) e disponibilizado para cada um dos grupos de alunos em sala de aula. Neste texto, foram apresentados os conceitos científicos fundamentais para o entendimento da condutividade elétrica e demais propriedades dos materiais, que compreendem o conceito de matéria, material e substância e as propriedades físicas, químicas e organolépticas que caracterizam as substâncias.

A partir dos conceitos definidos e diante dos resultados obtidos no experimento da condutividade elétrica, os alunos puderam classificar as substâncias em metálicas, moleculares e iônicas. Para isso, foi utilizado em sala de aula como material de apoio o texto intitulado “Investigando a estrutura das substâncias” (ver Apêndice 11, p. 26 e p. 89). Cada grupo de alunos recebeu uma cópia do texto, sendo realizada leitura e discussão em sala de aula. Este material, retirado de um livro didático¹¹ de química para o Ensino Médio, previamente selecionado, avaliado e aprovado por abordar de forma apropriada e cientificamente aceita os modelos representacionais, que diferenciam os três tipos de substâncias, ou seja, a substância iônica, a molecular e a metálica. Além disso, o livro ressalta, de forma didática, o modelo microscópico das substâncias, que justifica o comportamento das mesmas quanto à condução de corrente elétrica, sem, inicialmente, envolver conceitos de ligação química ou de distribuição eletrônica, mas usando o conceito de íons e elétrons livres.

¹¹ BELTRAN, N. O.; LIEGEL, R. M. **Química: ensino médio**. v. 2. Brasília: CIB – Cisbrasil. 2008. p. 10-30.

Os conceitos aqui abordados já eram conhecidos pelos alunos por fazerem parte dos conteúdos contemplados no currículo da primeira série do Ensino Médio. No entanto, durante as discussões em sala de aula e a partir do registro realizado no diário de aula, percebemos que os alunos ainda apresentavam certa dificuldade para apropriarem-se destes conceitos adequadamente.

Em virtude disso, o fechamento desta unidade didática compreendeu a retomada das questões iniciais da atividade experimental, com apontamento no diário de aula do aluno, e também a resolução de algumas questões elaboradas para a consolidação dos conceitos estudados, que foram contempladas no Estudo Dirigido 1 (ED1) (ver Apêndice 11, p. 27-30). Portanto, todas as anotações feitas pelos estudantes e suas respostas às questões problematizadoras iniciais e às demais questões relacionadas ao conteúdo foram analisadas e discutidas. Também, o conteúdo abordado nesta unidade foi tema explorado na prova de avaliação bimestral (PAB) (ver Apêndice 10). Dessa maneira, fica evidenciado o esforço em avaliar esta proposta didática durante todo seu desenvolvimento e não somente ao término da abordagem. Essa prática possibilitou-nos reflexões constantes sobre a compreensão dos conteúdos que os alunos externavam e permitiu-nos uma realimentação do processo ensino-aprendizagem, sendo um exercício de docência prazeroso, embora cansativo.

O Estudo Dirigido 1 (ED1) foi elaborado com o objetivo de avaliar a compreensão dos conteúdos abordados nas duas primeiras unidades do módulo didático. O ED1 contemplou três (03) atividades (AT), sendo que a primeira delas denominada AT1 teve por base a leitura de um texto seguido de perguntas sobre o conteúdo “Materiais e substâncias”; a AT2 foi uma retomada das questões problematizadoras, anteriormente discutidas na Unidade 1, e a AT3 avaliou a experimentação intitulada “Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?”, desenvolvida nesta unidade didática. Este estudo dirigido foi realizado pelos alunos organizados em grupos, sendo oito grupos na Turma 2A e sete grupos na Turma 2C.

Para ser realizada a AT1 (ver Apêndice 11, p. 28), fornecemos o texto “Caracterizando materiais e substâncias”, que ao final apresentava quatro questões abertas, na seção chamada “Vamos pensar”. Na questão “a”, os alunos foram levados a refletir sobre “Por que um determinado material pode ter um uso e outro semelhante não serve para o mesmo fim?”. As respostas apresentadas pelos grupos das duas turmas foram analisadas e categorizadas.

Na Turma 2A, oito grupos responderam a essa questão. Destes, três grupos disseram acreditar que os objetos distintos são constituídos por substâncias diferentes e, por isso, apresentam usos diversos. Dois grupos responderam que os materiais possuem diferentes

propriedades e, conseqüentemente, diferentes usos. Outros dois grupos não responderam a questão e outro grupo respondeu de forma confusa e não apresentou justificativa.

Já na Turma 2C, três grupos acreditam que o uso dos materiais está relacionado às suas propriedades específicas. Outros dois grupos indicam que as diferenças de uso para materiais, macroscopicamente semelhantes, estão relacionadas com a presença de constituintes diferentes nestes materiais. Apenas um grupo acredita que o material é constituído por substâncias diferentes e outro grupo respondeu de forma incoerente.

De acordo com as repostas obtidas, podemos perceber que apesar deste conteúdo já ter sido abordado na primeira série do Ensino Médio, ainda é um conteúdo que gera confusão nos alunos. Acreditamos que o motivo seja a dificuldade na definição de cada um dos conceitos, ou seja, materiais, substâncias e constituintes. Por isso, torna-se indispensável a retomada destes conceitos para introduzir o conteúdo de ligações químicas, na perspectiva de promover uma melhor aprendizagem.

A questão “b” apresenta uma situação problema que aborda as propriedades específicas das substâncias, a saber: um estudante encontra sobre uma mesa dois frascos contendo substâncias incolores, aparentemente iguais. A partir desse relato, o aluno foi questionado sobre como se poderia identificar cada uma das substâncias, utilizando-se para isso as propriedades organolépticas. Diante de tal questionamento, os alunos direcionam sua argumentação em torno das propriedades específicas das substâncias. De acordo com os dados obtidos, quatro grupos da Turma 2C acreditavam ser possível identificar as substâncias fazendo uso das três propriedades:

- as **organolépticas**, que levam em consideração a utilização dos nossos sentidos (cor, brilho, gosto, odor);
- as **químicas**, baseadas na possibilidade de transformações das substâncias (oxidação, explosão, efervescência);
- as **físicas**, que descrevem as substâncias (densidade, temperaturas de fusão e ebulição, solubilidade)

Já a Turma 2A apresentou menor discordância entre as respostas, sendo que dois grupos de alunos acreditavam que todas as propriedades deveriam ser utilizadas para identificar as substâncias. Outros dois grupos acharam que não se deve utilizar as propriedades organolépticas e sim as propriedades físicas. De forma contrária, outro grupo achou que não se deve utilizar as propriedades organolépticas e sim as propriedades químicas. E outros dois acreditavam que apenas o uso das propriedades organolépticas seria suficiente

para a identificação das diferentes substâncias. Apenas um grupo não respondeu a este questionamento.

Um argumento nos chamou atenção: nove dos 15 grupos respondentes falaram sobre os cuidados que se deve tomar quanto à utilização das propriedades organolépticas, devido aos riscos de toxicidade que apresentam algumas substâncias e indicaram o uso das propriedades químicas e físicas como mais seguros, além de promoverem, segundo eles, melhores resultados.

Na questão “c”, um quadro foi apresentado aos alunos contendo três figuras em que a água aparece sob diferentes aspectos: água de um lago, água em um copo (potável) e água destilada. Abaixo de cada figura foram colocadas lacunas para que os alunos as completassem de acordo com os conceitos científicos matéria, material ou substância.

Na Turma 2C, cinco grupos relacionaram corretamente os três conceitos científicos a cada uma das três figuras que representava a água. Já na Turma 2A, três grupos relacionaram corretamente apenas um dos conceitos. A maioria dos respondentes classificou corretamente a água extraída do destilador como substância. No entanto, alguns dos erros identificados estão relacionados ao uso equivocado dos conceitos matéria e material. Em alguns trabalhos observamos que a água do lago foi considerada material e a água do copo (água potável) foi considerada matéria. Em outros trabalhos, a água do lago e a água potável foram consideradas como material. Já em outro, ambas foram classificadas como substância composta. Percebemos que esses alunos ainda não sabiam diferenciar os materiais das substâncias. A palavra “composta” foi usada para referir-se a um material. No entanto, no livro didático utilizado pela escola, a terminologia “composta” está relacionada ao conceito de substância:

“Substância é uma porção de matéria constituída por um e somente um tipo de constituinte.” (SANTOS; MÓL, 2005, p. 68).

“(…) as substâncias simples são formadas por átomos de um mesmo tipo, isto é, são formadas por somente um elemento químico. No caso da substância composta, o seu constituinte é formado por átomos de mais de um tipo, isto é, por átomos de mais de um elemento químico.” (SANTOS; MÓL, 2005, p. 69).

Por fim, foi elaborada uma “Atividade Avaliativa” vinculada às questões anteriores, principalmente a questão “c”, em que o foco é uma abordagem conceitual e não havia espaço para justificativas. Na atividade avaliativa foi incorporada aos conceitos matéria, material e substâncias uma abordagem CTS e EA, relacionando a temática Estação de Tratamento de Água aos conceitos científicos estudados, aproximando-os a situações vivenciadas pelos alunos.

Sobre o questionamento “A água da CAESB, que chega a sua casa, é um material ou uma substância?”, a maioria dos respondentes das duas turmas, 37,5% da Turma 2A e 42,85% da Turma 2C, classificou a água da CAESB como material. A justificativa dos grupos foi feita com uma descrição do processo realizado nas Estações de Tratamento de Água (ETA), como pode ser visto em algumas das respostas:

“Matéria se apresenta na natureza sob a forma de materiais, os materiais são as porções de matéria que contém duas ou mais substâncias, e substância é aquilo que dão individualidade à matéria. Portanto, a água da CAESB é um material porque (...) contém mais algumas substâncias que são adicionadas na água até chegar à torneira de casa.” (ED1-TA-G6)¹²

“A água da CAESB é um material, pois contém substâncias. A água passa pelo processo de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção do pH. (...)” (ED1-TA-G7)

“Um material, pois a água tratada apresenta mais de uma substância. No processo de tratamento são adicionadas à água várias outras substâncias que a tornam potável. (...)” (ED1-TC-G6)

Na Atividade 01, os alunos puderam elaborar argumentos a partir do estudo sobre os materiais, as substâncias e suas propriedades. A resolução do ED1, os relatos orais e as anotações no diário de aula mostraram evidências de aprendizagem quanto ao uso da linguagem e dos conceitos científicos para explicar aspectos da vivência cotidiana.

A discussão e avaliação dos conceitos sobre matéria, substância e suas propriedades possibilitaram que as questões problematizadoras (QP1 e QP2) abordadas na Unidade 1 fossem retomadas, como parte integrante desse estudo dirigido (ED1). Neste segundo momento, esperávamos que os grupos rediscutissem as questões e reelaborassem respostas mais completas e fundamentadas nos conceitos discutidos em sala de aula.

Podemos perceber que nas repostas à primeira questão (QP1) foram apresentadas novas sugestões para a classificação dos objetos e materiais utilizados. A classificação sugerida pela Turma 2A fez referência ao tipo de substância. Um dos grupos indicou substância simples e composta e outro grupo indicou substância iônica, molecular e metálica, tendo por justificativa que “*através das propriedades das substâncias podemos classificá-las de forma específica.*” (ED1-TA-G3).

No entanto, três dos grupos da Turma 2A ainda classificaram de acordo com os estados físicos da matéria, ou seja, líquidos e sólidos. Essa mesma classificação se repetiu na Turma 2C, mas em menor porcentagem. Nesta turma, quatro grupos classificaram os materiais e objetos em condutores e isolantes, de acordo com sua capacidade de conduzir a

¹² Código para identificação da atividade, da Turma e do grupo de alunos, respectivamente. Neste exemplo, ED1 corresponde ao Estudo Dirigido 1, TA indica a Turma A e G6 identifica o 6º grupo de alunos respondentes.

corrente elétrica verificada no desenvolvimento da atividade experimental. Já outros grupos ampliaram esta classificação para solúvel e insolúvel, material e não material, mas não apresentaram justificativas para a classificação sugerida.

Por fim, na retomada da segunda questão (QP2) os alunos estabeleceram as relações que compreendem as classificações sugeridas anteriormente. Na reelaboração da resposta da segunda questão, a maioria dos grupos da Turma 2C reforçou a classificação tendo por base a semelhança quanto ao uso e propriedades dos diferentes objetos e materiais. Outros grupos da Turma 2C apresentaram uma classificação quanto ao tipo de substância, ou seja, iônica, molecular e metálica e justificaram que *“apesar de parecidas, elas possuem constituintes diferentes”* (ED1-TC-G5). Já a maioria dos grupos da Turma 2A separou os objetos e materiais em sólidos e líquidos e justificou devido às semelhanças nas propriedades organolépticas:

“Líquidos: possuem propriedades organolépticas quase todas semelhantes, exceto o odor, que pode definir três líquidos, o álcool, água sanitária e o vinagre. Sólidos: alguns como as colheres possuem a mesma função, mas com materiais diferentes. A vela e a borracha tem (sic) a mesma, quer dizer, quase a mesma dureza.” (ED1-TA-G6)

Depois de seguidas discussões do conteúdo em sala de aula, outros grupos da Turma 2A apresentaram respostas com certa coerência e mostraram entendimento próximo ao esperado. No entanto, observa-se nas duas falas transcritas abaixo que a apropriação de alguns conceitos ainda não tinha ocorrido de forma efetiva pelos alunos.

“As substâncias simples são compostas por apenas um tipo de molécula, já as substâncias compostas são compostas por mais de um tipo de molécula. Essas substâncias têm relações incomuns entre si que se estabelecem de acordo com suas propriedades sejam elas organolépticas, químicas e físicas. Todos(as) estes(as) materiais/substâncias são constituídos de combinações, moleculares ou simplesmente atômicas.” (ED1-TA-G3)

“Substância metálica possui elétrons que se movimentam livremente o que é necessário para haver a condutividade. Substância molecular: Sólido – não existem elétrons livres o que impede a condutividade. Líquido – molécula se organiza atraindo outros átomos e dando origem a outras substâncias. Substância iônica: Sólido – não existe condutividade elétrica. Líquido – a ligação é desfeita e o átomo por ter um elétron livre permite a condutividade.” (ED1-TA-G5)

O uso das questões em momentos distintos da aplicação da proposta didática teve por objetivo avaliar os saberes dos alunos manifestados antes e depois da abordagem dos conceitos sobre matéria, material, substância e propriedades das substâncias. Esses saberes podem ser evidenciados durante o processo ensino-aprendizagem. Bonadiman e Nonenmacher (2007) observaram fatos semelhantes, relatando que o conhecimento dos alunos se apresenta no início como saberes originados no contexto do cotidiano e, posteriormente,

para alguns se pode observar a incorporação de conhecimentos aceitos pela Ciência, relacionados com a linguagem e conceitos próprios da Química.

De modo geral, os alunos foram capazes de usar em seus argumentos o conteúdo em estudo e estabelecerem relações com outros conteúdos, que fazem parte do mesmo contexto, para explicar as diferentes características e aplicações dos objetos, materiais e substâncias com os quais convivemos em nosso dia-a-dia.

Ao final dessa atividade, podemos avaliar que a problematização inicial e a retomada das questões problematizadoras apresentaram, de certa forma, resultados positivos. Apesar disso, durante a reelaboração das respostas às questões iniciais, alguns grupos tentaram incorporar os conceitos abordados em sala de aula, mesmo que durante essa tentativa tenha-se observado que nem todos o fizeram de forma correta, sendo respostas simplistas ou fortemente vinculadas ao conhecimento do cotidiano. Dessa experiência, podemos prescindir sobre a importância de um professor levar em consideração os diferentes tempos e formas do aprender (MORAES *et alii*, 2004).

A Atividade 03 do ED1 (ver Apêndice 11, p. 28) está relacionada ao experimento “Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?”, realizado em sala de aula durante a abordagem desta unidade didática. À medida que cada um dos diferentes materiais e substâncias foi submetido ao teste de condutividade elétrica, com o aparato construído para esse experimento, os grupos tinham que preencher uma tabela informando se os objetos conduziam ou não corrente elétrica. Além de classificá-los como “Condutor” ou “Isolante”, de acordo com o fenômeno observado. Posteriormente, foram separados em quatro categorias: a - materiais e/ou substâncias que não conduzem eletricidade no estado sólido ou líquido; b - materiais e/ou substâncias sólidos que conduzem eletricidade; c - materiais e/ou substâncias solúveis em água que não conduzem eletricidade quando dissolvidos; d - materiais e substâncias solúveis em água que conduzem eletricidade quando dissolvidos.

De forma articulada ao desenvolvimento da atividade experimental foram abordados os conceitos teóricos fundamentais para compreender a condutividade elétrica e a diferença entre materiais e substâncias condutores e isolantes. A partir de então, foi possível relacionar a capacidade de conduzir corrente elétrica das substâncias com um modelo microscópico da matéria e definir os tipos de substância em iônica, molecular e metálica. Por fim, os grupos responderam a cinco questões da sessão intitulada “Vamos pensar”, que finalizava o roteiro experimental, avaliando a aprendizagem dos conceitos químicos abordados durante o desenvolvimento do experimento. De acordo com a primeira e a segunda questão, que solicitavam aos alunos uma explicação para o fenômeno observado e uma definição de

corrente elétrica, cinco grupos da Turma 2A e cinco da Turma 2C apresentaram considerável entendimento sobre o fenômeno da condutividade elétrica. Além de terem aparentado plena capacidade para identificar nas substâncias metálicas, e nas substâncias iônicas em solução aquosa, um comportamento particular com relação à condução da corrente elétrica.

Nas Turmas 2A e 2C, quatro e cinco dos grupos, respectivamente, apontaram como responsáveis por conduzir corrente elétrica a presença de elétrons livres nas substâncias metálicas e íons nas soluções aquosas. Nas respostas obtidas, o enfoque dado pelos alunos, está na movimentação ordenada dos íons ou dos elétrons livres. As substâncias condutoras foram apontadas pelos alunos como o meio necessário para promover o transporte de energia, provocando a acendimento da lâmpada usada no experimento. Algumas colocações dos grupos sobre o que vem a ser corrente elétrica, que julgamos significativas, estão transcritas abaixo:

“É o fluxo de partículas eletrizadas. Essas partículas são elétrons ou íons, que precisam estar livres no interior dos corpos.” (ED1-TC-G3)

“É o fluxo ordenado de partículas de cargas elétricas que são livres e estão em movimento aleatório devido a agitação térmica.” (ED1-TC-G4)

“É um fluxo ordenado de elétrons livres de um ponto A para um ponto B em um meio que permita esse fluxo.” (ED1-TA-G5)

Quando questionados sobre o que é necessário para que a lâmpada do experimento acenda, alguns alunos disseram:

“É preciso que haja partículas condutoras de eletricidade.” (ED1-TA-G4)

“Ela precisa de um meio que conduza eletricidade.” (ED1-TA-G7)

“De energia, que vem dos elétrons que estiverem livres.” (ED1-TC-G5)

“Uma substância que contenha partículas elétricas em movimento capaz de transportar a corrente elétrica das pilhas.” (ED1-TC-G6)

Para cada uma das substâncias trabalhadas, os alunos apresentaram um modelo representacional (desenho), para explicar a propriedade da condutividade elétrica observada. Um exemplo dessa representação, feita pelos alunos do grupo TC-G3, pode ser visto no desenho abaixo (Figura 1):

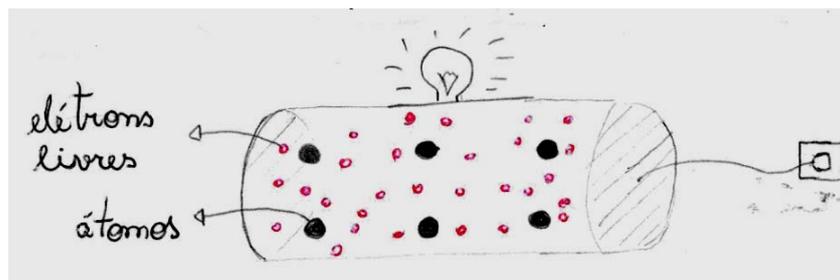


Figura 1 – Representação da condutividade elétrica nas substâncias metálicas.

Durante a atividade experimental desenvolvida nesta unidade didática buscamos promover nos alunos a reflexão sobre algumas questões ambientais. Antes do início da atividade, os estudantes receberam instruções específicas sobre o descarte dos resíduos gerados durante o processo. Para isso, disponibilizamos coletores de resíduos para armazenar os materiais produzidos. Ao final dessa atividade experimental, os alunos foram informados que os resíduos gerados tinham impacto ambiental insignificante e, por isso, poderiam ser jogados no lixo comum ou na pia.

Durante a análise da aplicação das unidades didáticas e dos resultados obtidos nas atividades avaliativas foi possível refletir sobre alguns aspectos do processo ensino-aprendizagem. O uso da experimentação, realizada de forma demonstrativa e dialogada, da resolução de questões problematizadoras e avaliativas ao longo das duas aulas, de 90 minutos cada, possibilitou aos grupos dialogar e pensar quimicamente de forma interativa e contínua.

Com relação à estratégia apresentada, ou seja, a experimentação demonstrativa-investigativa, podemos considerar que a mesma foi facilitadora do processo ensino-aprendizagem, por seguir uma hierarquia, indo de uma abordagem macroscópica do conteúdo para uma interpretação microscópica. Isso nos possibilitou dimensionar o quanto a articulação entre experimento e teoria pode diminuir as dificuldades e o tempo de compreensão dos conceitos.

Com relação às respostas elaboradas pelos grupos, podemos perceber a dificuldade que alguns alunos ainda apresentam para o uso correto e compreensão dos conceitos químicos abordados. Contudo, a maioria dos estudantes demonstrou superar o conhecimento cotidiano ao apresentar, por meio da incorporação de termos mais científicos, novas concepções para a situação apresentada.

De modo geral, as análises realizadas mostram que os alunos apresentaram comprometimento durante o desenvolvimento da atividade em sala de aula e na realização da atividade avaliativa. Os alunos foram capazes de usar em seus argumentos o conteúdo em estudo e estabelecer relações com outros conteúdos que fazem parte do mesmo contexto para

explicar as diferentes características e aplicações dos objetos, materiais e substâncias com os quais convivemos em nosso dia a dia.

A abordagem contextualizada do conteúdo possibilitou aos alunos compreenderem que a variedade de formas e propriedades dos materiais reflete os diferentes tipos de substâncias que os compõem. Por sua vez, a forma como essas substâncias se apresentam são reflexo de sua estruturada microscópica. O desenvolvimento da atividade experimental descrita foi fundamental para definirmos os conceitos de substância molecular, iônica e metálica e determinar um modelo estrutural para cada objeto estudado. Tudo isso, nos encaminhou para explorarmos, de maneira mais consistente, as ligações químicas.

Unidade 3 – Como se ligam os átomos e as moléculas

Para o desenvolvimento desta unidade didática foram planejadas três aulas de 90 minutos cada. No entanto, durante a implementação em sala de aula vivenciamos duas situações na escola, que de certa forma prejudicaram o desenvolvimento satisfatório das aulas planejadas. A equipe diretiva da escola promoveu diversas atividades culturais ao longo do 4º bimestre letivo de 2010. Estas atividades culturais ocorreram durante o período de aulas do turno matutino e vespertino e foi preciso o cancelamento das aulas ou a redução da carga-horária para o envolvimento de todos os alunos e professores nestas atividades. A aplicação dessa unidade didática foi prejudicada por ter ocorrido no período anterior e posterior ao desenvolvimento de duas atividades culturais.

Moreira e Candau (2007) salientam a importância da escola de incluir no currículo escolar espaço para promover as interações entre diferentes culturas e outras manifestações. No entanto, julgamos que cabe à escola discutir estratégias mais adequadas para tornar o currículo escolar um espaço de apreciação e crítica cultural, de modo a articular os conteúdos curriculares usuais à pluralidade cultural. Cabe salientar, que o planejamento dessas atividades deve, preferencialmente, ser feito de forma coletiva e com certa antecipação, para que cada professor possa investigar a viabilidade de contribuir com proposta, que envolva conteúdos pertinentes à sua matéria com a atividade apontada pela escola. Isso evitaria que o professor fosse surpreendido com atividades surpresas, que causam descontinuidade no planejamento de suas aulas.

Desenvolvimento da atividade experimental

Dando continuidade ao módulo didático propomos como atividade principal o desenvolvimento de um experimento intitulado “O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?” (SILVA, s/d) (ver Apêndice 11, p. 31-38), desenvolvido na perspectiva do que Silva *et alii* (2010) denominam de “atividade demonstrativa-investigativa”. A partir desse experimento, objetivamos discutir a relação entre as propriedades das substâncias e as ligações químicas de seus constituintes, por meio da observação macroscópica após uma martelada vigorosa em uma vela, um cristal de sulfato de cobre e uma lâmina metálica de cobre.

Há necessidade de um planejamento para utilizar a atividade experimental como ponto de partida para a compreensão de um novo conhecimento. A opção por iniciá-la com uma pergunta está pautada na crença de que um experimento, por si só, não é uma atividade motivacional. Começar com uma pergunta foi propositalmente pensado como possibilidade para despertar a curiosidade e o interesse dos alunos. Isso também se insere na perspectiva de Bachelard (1999), segundo a qual “todo conhecimento é resposta a uma pergunta”.

Antes da execução do experimento, os alunos responderam ao estímulo, mostrando-se ávidos em dizer que sólidos, de uma maneira geral, quebram com o impacto de um martelo. No entanto, quando apresentamos os diferentes sólidos a serem utilizados no experimento, repetimos a pergunta e alguns alunos modificaram suas respostas, enquanto outros mantiveram a anterior. A mudança na resposta de alguns alunos foi devido à presença da lâmina de cobre, que eles acreditavam ser mais difícil de quebrar por se tratar de “um material mais resistente”.

Passadas três semanas, os alunos apresentavam maior entrosamento com a professora e vice-versa e, por isso, as aulas transcorriam de forma mais natural, deixando o ambiente mais descontraído. Percebemos, com isso, que a pergunta citada acima soou, para alguns alunos, como um desafio, mobilizando-os a apresentarem uma postura mais ativa.

Conseguimos inserir a esta etapa o que Carvalho (2004) recomenda para se alcançar resultados mais significativos no processo ensino-aprendizagem, a saber: o desenvolvimento de habilidades e atitudes, enriquecido pela interação entre os grupos; o estímulo à curiosidade dos alunos, suscitado por questionamentos e levantamento de hipóteses, bem como a promoção na elaboração de argumentos e na construção de consenso durante a síntese do que foi relatado por todos.

Para a realização do experimento, os alunos organizaram-se em um semicírculo, observando os três sólidos citados serem martelados com aproximadamente a mesma intensidade de força. Eles anotaram todas as observações no diário de aula para que pudessemos discutir os resultados posteriormente. O uso do diário teve por finalidade estimular os estudantes a organizar uma “memória” concreta dos fatos, das discussões e das argumentações produzidas em sala de aula, evitando o uso exclusivo da memória visual.

Com relação às respostas apresentadas anteriormente pelos alunos, estas não foram consideradas totalmente erradas, tendo em vista que apenas a lâmina de cobre não se rompeu. Contudo, observamos que a explicação dada pela maioria deles sobre o que ocorreu com as substâncias após a martelada, baseou-se em conhecimentos espontâneos (cotidianos), não conseguindo se utilizar de conceitos cientificamente aceitos já discutidos em sala.

Durante o momento de discussão sobre os resultados do experimento, buscamos colocar em confronto as concepções espontâneas dos alunos, instigando-os a refletir e buscar explicações, que relacionassem a estrutura microscópica de cada uma das substâncias apresentadas com as diferentes propriedades macroscópicas observadas. As explicações foram conduzidas buscando inserir pressupostos conceituais sobre ligações químicas, já vistas em sala de aula. O conflito cognitivo instalado nesse momento foi um fator motivacional, que conforme definido por Carvalho (2004) e Mortimer (2000), pode levar os alunos a compreenderem como a Ciência busca explicar um fenômeno com as ferramentas que os cientistas possuem em um determinado contexto (LOPES, 1997; COSTA-BEBER; MALDANER, 2009).

O conceito de substância, abordado na Unidade 2, foi retomado neste momento para que os estudantes classificassem os três sólidos utilizados no experimento de acordo com a estrutura de seus constituintes. Assim, o cristal de sulfato de cobre, a vela e a lâmina de cobre foram classificadas como sendo substância iônica, molecular e metálica, respectivamente. A partir disso, avançamos com o conteúdo de ligações químicas e a discussão sobre como se ligam os átomos formadores dos constituintes das substâncias trabalhadas.

O livro didático¹³ adotado pela escola foi utilizado para a abordagem dos conceitos científicos sobre ligação química, principalmente ligação iônica e covalente. A escolha desse material de referência aconteceu a partir de uma prévia avaliação, que teve como critério a abordagem cientificamente aceita dos conceitos de ligação iônica e covalente; da

¹³ SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química e Sociedade**. São Paulo: Nova Geração. Volume único. 2005. p. 190-207, 208-221, 226-240.

representação estrutural das substâncias iônicas e moleculares; da presença de aspectos históricos e da contextualização do conteúdo químico com o desenvolvimento tecnológico, social e com as vivências dos alunos. Também, foi contemplada no livro a relação entre as propriedades das substâncias e o tipo de interação que ocorre entre os constituintes das mesmas. A forma de abordagem dos conteúdos auxiliou a compreensão do experimento realizado.

De maneira positiva, no livro didático o conteúdo de ligação iônica foi trabalhado com enfoque no modelo de distribuição de elétrons, que justifica a estabilidade de alguns íons e a formação dos sólidos iônicos mediante *atração eletrostática não-direcionada* entre os íons de cargas opostas. A não-direcionalidade da ligação iônica explica as propriedades típicas dos sólidos iônicos, como, por exemplo, a sua fragilidade quando submetida a uma martelada durante o desenvolvimento da atividade experimental proposta nesta unidade didática. Assim, quando aplicamos uma força sobre um sólido iônico, ocorreu o deslocamento de uma camada de íons em relação à outra. A consequência será íons de mesma carga se aproximando uns dos outros. As forças repulsivas substituem as atrativas e o resultado é a separação entre as duas camadas.

Já a ligação covalente foi inicialmente discutida a partir da abordagem clássica da teoria de Lewis e da Regra do Octeto. No entanto, essa abordagem apresenta várias limitações e obstáculos epistemológicos que podem implicar em muitas distorções desse conceito e dificultar a aprendizagem adequada pelos alunos (PEREIRA JR. *et alii*, 2010). Contudo, de maneira positiva, o livro didático amplia a abordagem sobre o modelo de ligação covalente. A discussão acontece com foco na interação entre os átomos de hidrogênio, corroborado pelo gráfico de energia potencial *versus* a distância entre eles. Assim, foi explicado que na ligação covalente, a atração recíproca e unidirecional entre elétrons de um átomo e o núcleo do outro átomo, promove o compartilhamento desses pelos dois átomos. A *direcionalidade* da ligação covalente pode explicar a forma como a estrutura da vela rompeu quando submetida à força de uma martelada, diferente do rompimento do cristal de sulfato de cobre.

Para trabalharmos o conteúdo de ligação metálica, elaboramos um texto de apoio (ver Apêndice 11, p. 79), por considerarmos que o livro didático adotado pela escola não atende a abordagem conceitual pretendida em nosso planejamento, principalmente no que concerne à existência de elétrons livres nos níveis eletrônicos dos átomos dos elementos metálicos, o que implica a existência de cátions. A maioria dos livros didáticos trabalha com a definição de “mar de elétrons” e a existência de cátions para explicar a ligação metálica e não faz referência ao conceito de bandas de energia e a não-direcionalidade das interações entre os

átomos metálicos. Para a elaboração do texto sobre ligação metálica foram utilizadas diversas obras didáticas (MAHAN; MYERS, 2000; BROWN *et alii*, 2005; SANTOS; MÓL, 2005; BELTRAN; LIEGEL, 2008; BROWN; HOLME, 2009).

Em sala de aula, outros recursos também foram utilizados durante a exposição oral do conteúdo, como, por exemplo, a apresentação em multimídia, que permitiu uma melhor descrição dos modelos, para representar e diferenciar as ligações iônicas, covalentes e metálicas. O uso de imagens, figuras, animações e gráficos, entre outros, aponta para uma melhor compreensão deste conteúdo, dada o grau de abstração necessário por se tratar do nível atômico-molecular.

Foi requisitado aos alunos que classificassem os três sólidos, relacionando ao tipo de ligação química, a partir de suas anotações no diário de aula e de suas observações durante o desenvolvimento da atividade experimental, bem como baseados na abordagem dos conceitos científicos. A maioria dos alunos de ambas as turmas descreveu o fenômeno macroscopicamente. Segundo a maioria deles, o cristal de sulfato de cobre partiu-se em vários pedaços menores ao receber a martelada e a lâmina de cobre foi moldada. Chamou-nos atenção nos diários dos estudantes o uso de diferentes verbos para definir o que aconteceu após martelarmos a vela, a saber: “deformou”, “esmagou”, “lascou”, “moldou” e “quebrou”. Interpretamos isso como indício da dificuldade encontrada por eles em definir o que ocorreu com a vela e da falta de conhecimento de um modelo adequado ao fenômeno.

Outro aspecto analisado foi quanto à dificuldade dos alunos em empregar os conceitos químicos de forma correta; por exemplo, o conceito de substância foi frequentemente usado como sendo molécula. Da mesma forma, moléculas e substâncias foram citadas como sendo os constituintes das substâncias iônicas. Isso nos leva a concluir que o conceito de ligação não foi diferenciado adequadamente e, por isso, consideramos a necessidade de retomá-lo sempre que necessário e ao longo das séries seguintes.

A partir da análise dos diários de aula, selecionamos diferentes respostas que representam as concepções de alguns alunos:

“Na ligação iônica o sulfato de cobre se desloca e se repele. Na ligação molecular a parafina se deforma. Na ligação metálica o metal se molda porque seus átomos são neutros.” (DA-TA-A07)¹⁴

“(…) o sulfato de cobre se esfarela em vários pedaços devido a sua estrutura cristalina. A parafina é esmagada, não quebra e só deforma. O cobre tem estrutura metálica e é mais rígido, e apenas entorta.” (DA-TA-A17)

¹⁴ Código para identificação da atividade, da turma e do aluno, respectivamente. Neste exemplo, DA refere-se ao diário de aula, TA indica a turma 2A e A07 identifica o aluno.

“Os átomos do metal o deixa maleável porque são feitos de cargas de mesmo sinal. Já no sulfato de cobre as cargas de sinais iguais se encontram e se repelem quando aplicamos uma força no plano. E na parafina as cargas das moléculas deslizam no plano e as de sinal igual se repelem e a parafina esfarela.” (DA-TC-A09)

De acordo com as respostas obtidas, consideramos que a compreensão sobre os diferentes tipos de substância aconteceu de forma satisfatória, para o nível macroscópico. Acreditamos que os alunos memorizaram esta classificação visto que os materiais utilizados na retomada dos conteúdos foram os mesmos do experimento. A razão para nossa crença reside na análise feita nas respostas acima, que apontam para uma série de problemas conceituais quanto às explicações microscópicas.

Posteriormente, em sala de aula, procuramos estimular os alunos a refletir sobre que tipo de interação ocorre entre os constituintes de diferentes substâncias e em como essa interação (energia) está relacionada ao fenômeno observado durante o experimento realizado. Para isso, envolvemos os estudantes na construção de uma tabela comparativa dos três tipos de ligações químicas, em que foi destacado o tipo de sólido (iônico, molecular, covalente e metálico), as partículas unitárias constituintes de cada sólido (íons, moléculas, átomos), suas propriedades (mecânicas, elétricas, estruturais, térmicas, solubilidade) e exemplos. Essa nova discussão permitiu a abordagem do conteúdo de forma contextualização e vinculada a alguns exemplos do cotidiano.

Ao fim da abordagem conceitual foi realizado um Estudo Dirigido (ED2) para analisar a capacidade do aluno em reunir todas as habilidades e conteúdos até então explorados. Para alcançar completamente os objetivos o estudante deveria demonstrar destreza no emprego da linguagem da Química e desenvolver capacidade para relacionar o conhecimento químico a aplicações tecnológicas e suas implicações em objetos de uso cotidiano.

Análise do Estudo Dirigido (ED2)

Esse Estudo Dirigido (ver Apêndice 11, p. 38) era composto por 10 questões, nas quais o aluno deveria discutir os aspectos macroscópicos e os aspectos microscópicos do fenômeno observado com a atividade experimental demonstrativa-investigativa intitulada “O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?”, desenvolvida em sala de aula. Esta avaliação foi realizada individualmente por 15 alunos da turma 2A e 20 alunos da turma 2C. Deste total de estudantes, restringimos nossa análise aos alunos que estavam presentes durante todo o desenvolvimento dessa unidade didática (nove alunos da turma 2A e treze da 2C), por considerarmos que estes demonstraram maior comprometimento

com o processo ensino-aprendizagem e apresentavam melhores condições de aprofundar as discussões com relação aos conceitos sobre ligações químicas, considerados importantes para a compreensão das propriedades dos materiais e das transformações observadas em nosso cotidiano.

As respostas foram transcritas, categorizadas e algumas foram tabeladas de forma a permitir uma melhor análise da apreensão de conhecimento pelos alunos e a discussão sobre a ampliação e explicitação de suas ideias quanto à teoria e situações vivenciadas. Para discutir a primeira questão, apresentamos na tabela abaixo (Tabela 1) as respostas obtidas:

Tabela 1 – Primeira pergunta do ED2 e as respostas de nove alunos da turma 2A e treze da turma 2C.

1. O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes materiais sólidos?	Turma 2A (N=9)	Turma 2C (N=13)
Cada material vai apresentar um comportamento diferente.	3	6
A força do martelo modifica a estrutura do material, porque os átomos e as moléculas se deslocam e se repelem.	4	0
Depende do tipo de ligação que ocorre no material (metálica, iônica, molecular).	-	3
Depende da composição de cada material.	-	2
Depende das propriedades de cada material.	-	1
Descrição macroscópica dos resultados obtidos para os diferentes materiais sólidos quando estes foram martelados.	2	1

Na primeira questão, já se observa, nas respostas da grande maioria dos alunos, uma ampliação do conhecimento com relação ao conceito de materiais e suas propriedades. Diferentemente da resposta obtida durante a problematização inicial desta unidade, os alunos afirmaram que cada material sólido apresentava um comportamento diferente e descreveram o que foi observado durante a realização do experimento, ou seja, como cada sólido se comportou ao receber a martelada. Em algumas respostas para essa questão, o termo “reação” pode ter sido empregado como uma forma de reagir contra uma ação; no entanto, como essa foi uma avaliação escrita, o uso dessa palavra pode ter sido empregado como *transformação* do material, o que denotaria dificuldade dos alunos em usar a linguagem química ou mesmo compreender o que ocorreu após a martelada. Abaixo, transcrevemos duas das respostas apresentadas:

“*Dependendo do material terá várias reações diferentes.*” (ED-TA-A22) (Grifo nosso)

“Os materiais moldados irão reagir de acordo com suas propriedades.” (ED2-TC-A09) (Grifo nosso)

Para alguns alunos, a composição das diferentes substâncias/materiais, o tipo de ligação (metálica, iônica, molecular) de seus constituintes e suas propriedades foram apresentados, justificando a forma como romperam ao serem submetidos a uma força. Outros alunos consideraram que os materiais apresentavam “comportamento” distinto devido à organização estrutural de suas partículas. Para esses alunos, a força aplicada pelo martelo nos diferentes materiais provocou o deslocamento de seus átomos, íons ou moléculas, que se repeliram e modificaram a estrutura original dos diferentes sólidos.

A partir da análise das respostas para as demais questões do ED2, foi possível perceber que os alunos apresentaram certa facilidade para descrever macroscopicamente o fenômeno observado, conforme resposta transcrita abaixo:

“Sulfato de cobre: com a aplicação da força com o martelo, o cristal quebrou em pequenos pedaços. Vela/Parafina: com a aplicação da força ela amassa e esmaga, mas não chega a quebrar, acontece apenas um esfarelamento. Lâmina de cobre: com a aplicação da força com o martelo a lâmina se molda, mas não quebra.” (ED2-TA-A10)

Mesmo após a realização do experimento, três alunos consideraram que os diferentes materiais sólidos apresentaram o mesmo comportamento, ou seja, que foram moldados ao serem martelados durante a realização da atividade experimental. De acordo com a resposta dada, podemos perceber que esses alunos apresentaram certa dificuldade de assimilação dos conceitos discutidos e, principalmente, de reconhecer que os diferentes sólidos são constituídos por partículas distintas, que interagem com intensidade variada e, por isso, se comportam de maneira diferente ao receber a martelada.

A diversidade das respostas formuladas para a descrição macroscópica do fenômeno nos forneceu um parâmetro das concepções apresentadas pelos alunos. A partir dessas concepções, já esperávamos encontrar certa dificuldade dos alunos para reorganizar suas ideias iniciais e apresentar uma explicação incorporando o conhecimento científico para o fenômeno observado. Essa explicação apresentada pelos alunos se caracteriza como uma concepção alternativa, na qual o aluno incorpora também valores e princípios sociais.

A ocorrência do aprendizado de conteúdos científicos e a mudança das concepções iniciais foi avaliada, principalmente, a partir das respostas às questões discursivas 7, 8 e 9 do estudo dirigido 2 (ED2). Durante a análise dessas questões, recorreremos, em alguns momentos, às respostas apresentadas pelos alunos às demais questões do estudo dirigido por estarem relacionadas à interpretação microscópica, sendo possível verificar se o aluno abandonou suas

ideias de senso comum e realmente adicionou um aprendizado significativo sobre o conteúdo de ligações químicas.

Iniciamos nossa discussão pela questão 7, na qual, foi solicitada aos alunos uma explicação de como ocorre a interação entre os átomos e as moléculas de determinados grupos da tabela periódica para formar substâncias como o sulfato de cobre, a parafina e o cobre metálico. Ao resolver essa questão e, principalmente, para justificar os diferentes tipos de interação e entender o comportamento das substâncias, o aluno deveria ter considerado as propriedades periódicas, apoiando-se, sobretudo em grandezas, como o potencial de ionização e a afinidade eletrônica; e o princípio da energia mínima do sistema que justifica a atração recíproca unidirecional ou não-direcional entre os constituintes das substâncias. Apenas três alunos não responderam essa questão.

A análise dos dados permitiu a definição de duas categorias que agregam as respostas apresentadas pelos alunos de ambas as turmas: 1) natureza da ligação química e 2) base teórica das ligações químicas. Essas duas categorias coincidem com a apresentada por Costa-Beber e Maldaner (2009), que investigaram os níveis de significação que os estudantes do Ensino Médio atribuem ao conteúdo de ligações químicas em nível atômico molecular. Apesar de ser diferente quanto à questão e o contexto em que se desenvolveu.

Quanto à solicitação sobre a interação entre átomos e moléculas, apenas dois alunos da turma 2C, identificados como TC-A43 e TC-A07, definiram as ligações químicas correspondentes a cada uma das substâncias sólidas utilizadas no experimento. Esses alunos relacionaram corretamente a natureza da ligação química a cada um dos tipos de substâncias químicas utilizadas. No entanto, não aprofundaram a discussão, conforme podemos verificar na resposta transcrita abaixo:

“Placa de cobre: ligação metálica. Os átomos têm baixo poder de atração dos elétrons da camada de valência, o que faz com que os átomos se liguem por uma nuvem eletrônica; Sulfato de cobre: ligação iônica. A eletronegatividade do ametal é alta, enquanto a eletropositividade do metal é alta, o que faz com que eles se liguem por meio da transferência de elétrons; Parafina: ligação covalente. Dois ametais, eletronegativos, ligam-se por meio do compartilhamento de elétrons.”
(ED2-TC-A43)

De maneira equivocada, os estudantes basearam-se na propriedade periódica da eletronegatividade e eletropositividade para justificar a interação existente no sulfato de cobre e na vela. Para esses alunos, quando a diferença de eletronegatividade entre os átomos era elevada, ocorria a transferência de elétrons, e quando não havia diferença de eletronegatividade, ocorria o compartilhamento de elétrons. Então, a natureza das ligações químicas passou a ser definida de acordo com a diferença de valores de eletronegatividade

existente entre os átomos. Assim, uma elevada diferença de eletronegatividade entre os átomos implicava uma ligação química com caráter iônico. Para eles, a ligação covalente ocorria em substâncias formadas por átomos de elementos com valor de eletronegatividade alta. Já para justificar a interação entre os átomos metálicos na placa de cobre os alunos basearam-se no modelo de partícula e no modelo ondulatório, simultaneamente. Isso mostra que os alunos ainda não tinham compreensão clara com relação a ligação química como interações atrativas entre átomos.

A argumentação apresentada para essa questão funciona relativamente bem para entendermos a contribuição da grandeza chamada eletronegatividade para prever se a natureza da ligação entre os átomos será covalente apolar, covalente polar ou iônica (BROWN *et alii*, 2005). Há uma confusão por parte dos alunos com relação aos conceitos de eletronegatividade e afinidade eletrônica, assim como de eletropositividade e energia para justificar a ligação iônica. Por isso, contrariando os resultados esperados para essa questão, podemos considerar pouco expressiva a aprendizagem dos estudantes com relação à base teórica sobre ligações químicas.

De forma diferente dos resultados obtidos nas pesquisas de Costa-Beber e Maldaner (2009), em que a ligação metálica não foi mencionada por nenhum estudante investigado, o conceito de ligação metálica foi citado e discutido por cinco alunos, possivelmente pela expressiva ênfase dada a esse tipo de ligação durante a aplicação da presente proposta.

Os conteúdos citados, que já haviam sido estudados pelos alunos na 1.^a série do Ensino Médio, foram retomados na tentativa de promover nos alunos um maior entendimento quanto à formação dos agregados atômicos e, principalmente, para discutir como essa formação justificaria o comportamento químico e físico das substâncias (BELTRAN; LIEGEL, 2008). Fundamentando as propriedades das substâncias a partir da estrutura atômica, também retomamos a discussão sobre elementos, átomos, moléculas, prótons, elétrons, íons cátions e ânions.

Em seguida, ampliamos a discussão sobre os modelos estruturais dos sólidos iônicos, moleculares e metálicos e iniciamos a definição dos modelos de ligação química que permitem explicar, baseado em entidades microscópicas, o comportamento dessas substâncias durante o desenvolvimento da atividade experimental e estabelecer conexões com outras propriedades, como, por exemplo, a condução de corrente elétrica abordada na Unidade 2.

A partir da análise das substâncias utilizadas e dos átomos que as constituíam, foi possível prever o tipo de interação entre esses átomos e o modelo de ligação química correspondente. Conforme observado na argumentação de alguns alunos, assim como na

argumentação acima citada pelo aluno TC-A43, a ligação iônica ocorre entre átomos de um elemento metálico e um não metal ou hidrogênio, a ligação covalente ocorre apenas entre ametais ou hidrogênio e a ligação metálica ocorre nos elementos metálicos.

Concordando com Beltran e Liegel (2008), essa generalização, apesar de simples, permite ao aluno diferenciar as ligações químicas e entender algumas propriedades das substâncias. Contudo, para a compreensão adequada dos diferentes comportamentos observados no cristal de sulfato de cobre, na vela e na lâmina de cobre quando submetidos à força de uma martelada, foi necessário ampliarmos a discussão sobre ligações químicas (ver Apêndice 11, p. 35-37).

No livro didático adotado pela escola, o modelo de ligação iônica e de ligação covalente é construído, inicialmente, mediante a retomada do fenômeno observado no experimento da condutividade elétrica, desenvolvido em nosso trabalho na Unidade 2, para explicar as diferentes propriedades entre essas substâncias.

A ligação iônica foi discutida, em sala de aula, a partir do modelo de distribuição de elétrons, que justifica a estabilidade de alguns íons e a formação dos sólidos iônicos mediante atração eletrostática não-direcional entre os íons de cargas opostas. A existência de íons nos compostos iônicos e o modelo de organização estrutural desses compostos explicam as propriedades típicas dos sólidos iônicos e, principalmente, permitem uma melhor compreensão de suas fragilidades quando submetidos a uma martelada.

Por sua vez, o modelo de ligação covalente foi abordado com foco na interação entre os átomos de hidrogênio, corroborado pelo gráfico de energia potencial versus a distância entre eles. Assim, na ligação covalente, a atração recíproca e unidirecional entre elétrons de um átomo e o núcleo do outro átomo, promove o compartilhamento desses pelos dois átomos e a formação de um novo orbital molecular. A direcionalidade da ligação covalente explica as propriedades típicas dos sólidos moleculares, por exemplo, a forma como a estrutura da vela rompe quando submetida à força de uma martelada.

Neste momento, foi reforçado o conceito de molécula e sua distinção com compostos iônicos e metálicos. O critério adotado pelo livro para um melhor entendimento por parte dos alunos foi a classificação dos constituintes da matéria em moleculares e amoleculares, proposta por Silva *et alii* (1986). Para esses autores, por ser a Química uma ciência experimental, não é possível afirmar com precisão se o constituinte da substância é molecular ou amolecular a partir de sua fórmula química.

O livro didático adotado pela escola sugere que a Regra do Octeto deva ser abordada com cautela para que os estudantes entendam suas aplicações e, principalmente, suas

limitações. Reconhecemos a importância da Regra do Octeto no Ensino Médio, pelo fato de serem as moléculas orgânicas bem descritas pela regra dos oito elétrons na última camada. No entanto, não foi dada muita ênfase a essa regra para explicar as ligações químicas, por considerarmos que a mesma apresenta uma série de limitações, conforme também apontam Mortimer *et alii* (1994) e Fernandez e Marcondes (2006).

Também, o modelo de Lewis foi utilizado nesta unidade didática, com base no livro didático, para prever o número de interações nas substâncias. Para isso, consideramos a configuração eletrônica dos gases nobres, mas não como um motivo limitador da estabilidade das substâncias.

Já o modelo de ligação metálica, foi explicado com foco na existência de forças atrativas entre os núcleos dos átomos neutros e os elétrons do nível eletrônico mais externo, como responsáveis pela interação entre os átomos metálicos e pela estabilidade de sua estrutura cristalina. A atração recíproca e não-direcionada faz com que os sólidos metálicos não se rompam com a força de uma martelada, mas sejam moldados com facilidade. Além disso, saímos do modelo de orbitas circulares (modelo de partícula) para um modelo de nível de energia (modelo ondulatório), usando o plano xy, na perspectiva de explicar a formação de bandas de energia, que é um modelo capaz de explicar as propriedades típicas dos sólidos metálicos como, por exemplo, a sua maleabilidade.

Como consequência das definições estabelecidas para as substâncias iônicas e moleculares, buscamos ampliar a discussão com foco nas interações eletrostáticas entre elétrons e núcleos e a distribuição da densidade eletrônica entre os núcleos, para ressaltar as diferentes estruturas tridimensionais, na qual se organizam os átomos.

O desenvolvimento do conhecimento químico a partir da discussão sobre o modelo de substância e o modelo de ligação química de modo inter-relacionado tem grande importância, pois permite ao aluno perceber que a construção do conhecimento científico, assim como o conhecimento humano, é contínua e indissociável.

A argumentação apresentada pelos alunos (9 alunos da Turma 2A e 13 alunos da Turma 2C) para a questão de número 7 confirma que algumas dessas aprendizagens básicas em Química não foram satisfatoriamente consolidadas. Contudo, a maioria deles identificou corretamente a natureza da ligação química, principalmente para o sulfato de cobre e a parafina, em que afirmaram se tratar de ligação iônica e ligação covalente, respectivamente. Entre todos os respondentes, apenas um aluno considera que existem somente duas ligações químicas, e as diferencia:

“Existe duas ligações, a covalente e a iônica. Covalente as moléculas dividem o mesmo elétron. Iônica é quando ocorre transferência eletrônica.” (ED2-TA-A15)

Este resultado difere do observado por De Posada (1999), Fernandez e Marcondes (2006) e Pereira Jr. *et alii* (2010) ao mostrar que vários alunos, tanto do Ensino Médio como calouros do curso de Licenciatura em Química, não compreendem o conceito de ligação química e, principalmente, não diferenciam a ligação iônica da ligação covalente, assim como não citam a ligação metálica.

O problema nas argumentações apresentadas foi o fato de os estudantes não considerarem a distribuição dos elétrons em níveis de energia, as interações eletrostáticas ou as propriedades periódicas (energia de ionização e afinidade eletrônica) para justificar os diferentes tipos de interação e explicar o comportamento das substâncias observado durante a realização do experimento. Cinco alunos da Turma 2A e apenas três alunos da Turma 2C expressaram seu entendimento sobre ligação iônica e covalente com base na transferência e compartilhamento de elétrons, respectivamente. Uma dessas respostas está transcrita abaixo:

“Os átomos ligam-se através de ligação iônica, na qual há transferência de elétrons de um átomo para outro e ligação covalente, na qual ocorre compartilhamento de elétrons por dois átomos. As moléculas ligam-se mediante ligação covalente.” (ED2-TA-A17)

A partir da análise dessas respostas, concordamos com Costa-Beber e Maldaner (2009) ao afirmarem, diante dos resultados de suas pesquisas, que a interpretação microscópica dos constituintes da matéria e das interações entre esses constituintes não é contemplada pelos estudantes de maneira fácil. Acredita-se que a argumentação apresentada pelos alunos pode ser considerada coerente com o conteúdo explorado no livro adotado pela escola, que traz muitas informações sobre as diferentes ligações que ocorrem entre os átomos, mas não explica o motivo de maneira mais lógica. Percebemos a partir das respostas, que esses poucos alunos têm por hábito a leitura do livro didático.

Para Fernandez e Marcondes (2006), o modelo de ligação iônica apresentado pelos alunos pode estar relacionado a três fundamentos distintos: 1) a valência determina o número de ligações iônicas a serem formadas; 2) a ligação iônica seria formada, especificamente, entre o átomo que doa e o átomo que aceita elétron; 3) um íon liga-se a um único íon e apenas interage com os demais íons que estão ao seu redor por forças de menor intensidade. Dessas três suposições, acreditamos que todas estejam entre as concepções alternativas dos alunos investigados neste trabalho. Contudo, apenas a segunda apresenta-se fortemente contemplada em suas argumentações.

Ainda segundo Fernandez e Marcondes (2006), no modelo de ligação covalente a ideia de compartilhamento envolve uma significação muito específica na linguagem química, que parece pouco contemplada pelos estudantes. Estes concebem a ideia de compartilhamento com o significado mais próximo da linguagem cotidiana, que remete a “possuir ou usar de forma conjunta” (p. 21). A partir da análise das respostas, podemos notar que o conceito de par de elétrons compartilhado não foi utilizado e, tão pouco, a ideia de que esse par de elétrons encontra-se entre os átomos na molécula.

Parece haver no ensino de Química e nos estudantes uma crença de que a Regra do Octeto é a razão para ocorrer à transferência e o compartilhamento de elétrons e, conseqüentemente, a estabilidade das substâncias químicas. Conforme afirmam Mortimer *et alii* (1994), há uma equivocação quando da associação da estabilidade da ligação química à Regra do Octeto em detrimento ao abaixamento da energia potencial do sistema. Essa mesma observação é comungada por Fernandez e Marcondes (2006) e Costa-Beber e Maldaner (2009).

Entre as respostas dadas à questão 7, encontramos uma que não atribuiu a estabilidade das substâncias ao alcance de oito elétrons na camada de valência (Regra do Octeto), mas a uma diminuição na energia do sistema, como pode ser visto na transcrição abaixo:

“Nas ligações eles irão se unir para ficar mais estável, conforme essas propriedades eles podem ter uma ligação covalente (não metal+não metal) e ligação iônica (metal+não metal).” (ED2-TA-A09)

Conforme Wu *et alii* (2001)¹⁵, citado por Queiroz (2009), os estudantes apresentam três dificuldades para entender as representações microscópicas:

1) consideram as fórmulas químicas como abreviações de nomes e não como simples representação dos constituintes das substâncias; 2) não conseguem realizar transferências entre representações como, por exemplo, entre a fórmula química e o modelo de bola-e-vareta; 3) transformação entre as representações bidimensionais (2D) (como por ex. os desenhos no livro didático ou no quadro) e tridimensionais (3D) (como por ex. o uso de animações para observar a imagem em rotação). (p. 34)

Ao fazermos conexão entre o comportamento das substâncias observado no nível macroscópico e as explicações microscópicas, mediante apresentação de desenhos bidimensionais e de modelos tridimensionais das estruturas reticulares e moleculares, buscamos superar a dificuldade de visualização tridimensional apresentada pelos alunos e promover neles a adequada compreensão dos modelos de ligação química, assim como, habilidade para explicá-los.

¹⁵ WU, H. K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, n. 7, v. 38, p. 821-842, 2001.

A atração eletrostática foi abordada para explicar a natureza e o propósito dos modelos de ligação química e como esta promove a organização estrutural em rede cristalina e molecular das substâncias iônicas, metálicas e moleculares, respectivamente.

Essa abordagem foi utilizada por três alunos para explicar as ligações químicas. No entanto, conforme a resposta transcrita abaixo, se restringiu apenas à ligação metálica e apresentou uma série de equívocos conceituais, como, por exemplo, a representação do átomo metálico como cátion na ligação metálica, a atração eletromagnética, a formação de moléculas metálicas ou mesmo de retículos cristalinos.

*“Ligações metálicas: os **retículos cristalinos** dos metais são formados por um agrupamento de **cátions** fixos. Cada **cátion** está envolto por elétrons, mas estes se encontram deslocados, ou seja, **não se sentem atraídos** por nenhum núcleo. Na composição de qualquer átomo, existe a camada de valência. Os elétrons ficam livremente por essa camada mantendo a **atração eletromagnética** pelos **cátions**. Essa propriedade estrutural permite a formação das **moléculas** metálicas e consequentemente dos **próprios metais**.” (ED2-CA-A19) (Grifo nosso)*

De modo semelhante aos resultados obtidos por Carvalho e Justi (2005), que investigaram o conhecimento dos alunos sobre o tema ligação metálica e o modelo do “mar de elétrons”, segundo nossas concepções, o modelo de ligação metálica apresentado pelos estudantes não ressalta:

- a existência de forças atrativas entre os núcleos dos átomos metálicos e os elétrons do nível eletrônico mais externo, deslocalizados por todo o sólido, como responsáveis pela interação entre os mesmos e a estabilidade de sua estrutura cristalina;
- a formação do arranjo tridimensional dos átomos metálicos;
- a não-direcionalidade das interações entre os átomos metálicos;
- a formação de bandas de energia.

Carvalho e Justi (2005) apontam que a problemática observada na resposta apresentada pelos alunos decorre da grande dificuldade desses em construir modelos mentais a partir da analogia do “mar de elétrons”, ainda discutida por muitos professores nas aulas de Química e presente em diversos livros didáticos e outros materiais de ensino. Conforme afirmam Taber (2003) e Carvalho e Justi (2005), a partir dessa dificuldade os alunos passam a aceitar a analogia do modelo do “mar de elétrons” como uma verdade absoluta, sem realmente entendê-la e sem apresentar críticas ao seu ensino. Por isso, consideramos de extrema importância que o modelo de ligação metálica seja abordado a partir do modelo de bandas de energia, que é um modelo capaz de explicar de forma adequada as propriedades das substâncias metálicas.

A resposta apresentada na questão 7 remete à questão seguinte, questão 8 do ED2, em que foi solicitado aos alunos explicarem como se organizam (estruturalmente) os átomos e as moléculas constituintes das substâncias utilizadas durante a experimentação, ou seja, o sulfato de cobre, a vela e a lâmina de cobre.

A questão 8 foi respondida por todos os nove alunos da Turma 2A e oito alunos da Turma 2C. Cinco alunos da Turma 2C não responderam a essa questão.

Os argumentos apresentados pelos alunos da Turma 2A não corresponderam ao questionamento levantado quanto à estrutura de organização dos constituintes nas substâncias iônicas, moleculares e metálicas. Estes argumentos versaram sobre a ocorrência das ligações químicas, o que remete a resposta contemplada na questão 7.

Da Turma 2C, quatro alunos responderam ao questionamento, que contemplou a descrição da interação entre os constituintes do sulfato de cobre, da vela e da lâmina de cobre e, principalmente, as representações microscópicas para o entendimento da interação entre os constituintes mediante apresentação bidimensional de suas estruturas reticulares e moleculares. Assim, podemos perceber que os alunos foram capazes de elaborar uma representação apropriada para as substâncias iônicas, moleculares e metálicas e explicaram de forma coerente como se organizavam estruturalmente.

Na questão 9, os alunos tinham que descrever, microscopicamente, o fenômeno observado durante a experimentação. Para isso, consideraram a classificação dos três sólidos, discutida em sala de aula a partir da definição dos constituintes de cada sólido e da ligação química.

Apenas dois alunos da Turma 2A não apresentaram resposta dessa questão. Todos os demais alunos, tanto da Turma 2A quanto da Turma 2C, elaboraram uma justificativa acompanhada da representação microscópica bidimensional para cada substância ou expuseram apenas uma justificativa ou desenharam somente a representação estrutural.

Das respostas apresentadas pelos alunos da Turma 2C, podemos considerar que apenas quatro alunos foram coerentes na explicação, que aconteceu mediante apresentação de conceitos abordados em sala de aula. Contudo, observamos a dificuldade encontrada por esses alunos em fazer uso da linguagem química. Abaixo (Figura 2) reproduzimos uma dessas respostas, apresentada pelo aluno TC-A43:

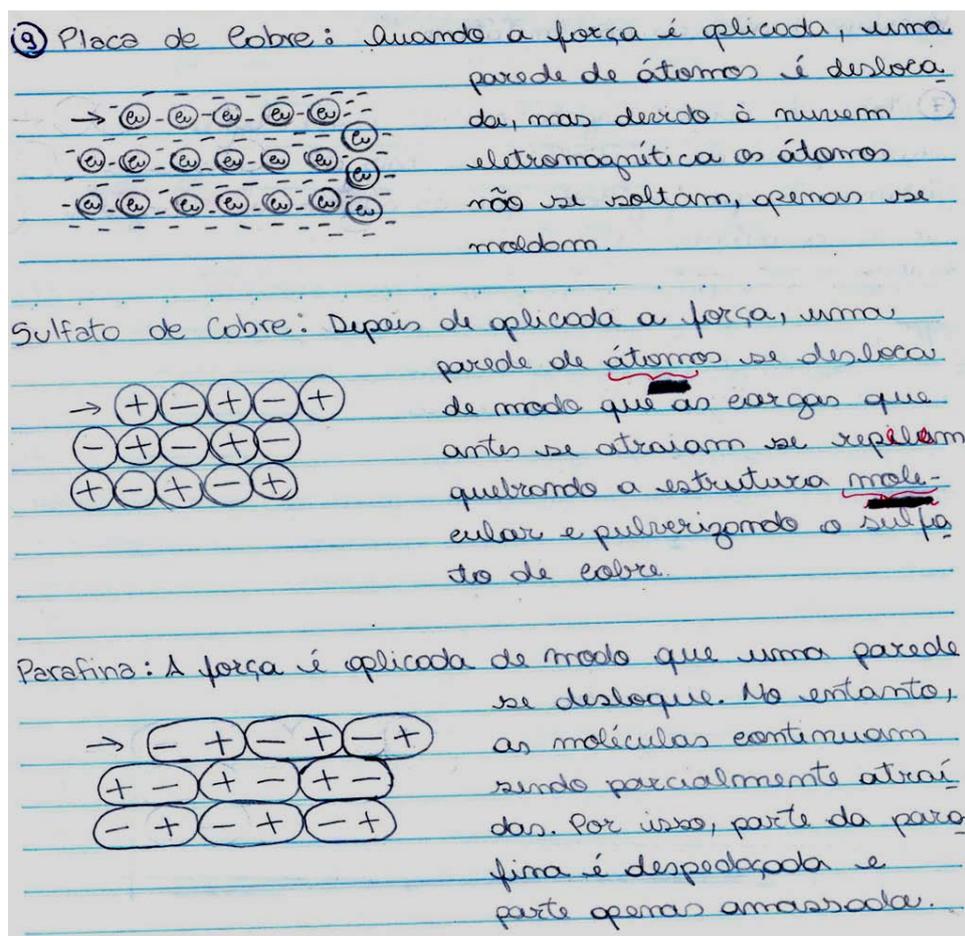


Figura 2 – Representação microscópica do fenômeno observado durante a realização da atividade experimental.

As representações foram apropriadas e explicadas com certa coerência pelos alunos. No entanto, ainda podemos perceber dificuldade em definir o conceito de íon e de relacioná-lo às substâncias iônicas e na representação do modelo de substância metálica.

Na turma 2A, as respostas demonstravam dificuldade quanto à explicação micro. Logo, para a transferência do modelo macro para a representação microscópica a dificuldade apresentada pelos alunos ainda permanecia quando da realização do Estudo Dirigido 2. Concordando com Fernandez e Marcondes (2006), este é um conteúdo abstrato, em que sua aplicabilidade nas vivências cotidianas passa despercebida pelos alunos. Desse modo, o conteúdo de ligações químicas tem grande potencial para promover nos alunos concepções equivocadas, que dificultam o entendimento dos aspectos microscópicos, os quais permitem a relação com as observações macroscópicas dos fenômenos.

Considerações sobre a Avaliação Bimestral (PAB)

A prova bimestral (APB) (ver Apêndice 10) avaliou o conteúdo químico desenvolvido nesta unidade didática e também, o conteúdo abordado na Unidade 1. Como já comentado durante a descrição do percurso metodológico, esta é a avaliação considerada interdisciplinar, por ser elaborada de forma cooperativa pelos professores da área de Ciências da Natureza e Matemática da escola. A prova de Química, de cada uma das três séries do Ensino Médio, foi elaborada pela professora regente da escola. No entanto, colaboramos com a professora regente na revisão das questões de Química para as turmas da 2^a. série, principalmente com relação à adequação dos conceitos contemplados em cada questão com a abordagem realizada em sala de aula, como, também, do nível de dificuldade de cada questão proposta conforme o exigido durante as atividades realizadas em sala de aula.

A avaliação foi realizada durante a aula de Química. Dos alunos que participaram da proposta aplicada, todos responderam a prova, pelo menos parcialmente. Esta avaliação contemplou cinco questões objetivas que avaliaram especificamente o conteúdo de substâncias iônica e molecular, ligação iônica e ligação covalente. O conteúdo de ligação metálica não foi contemplado na PAB por ter sido abordado apenas nas duas turmas em que foi aplicada esta proposta didática.

A maioria das questões propostas solicitava explicações de fenômenos vivenciais sob o enfoque da Química, enquanto outras possuíam caráter mais tradicional e seguiam o mesmo modelo dos exercícios de revisão propostos na maioria dos livros didáticos, sendo que exigiam a solução de problemas químicos em sua essência.

Os resultados dos alunos nesta avaliação foram satisfatórios. Com relação às ligações químicas, a Questão 1 foi a que teve maior acerto e a Questão 14 foi a que teve menor número de acerto dos alunos de ambas as turmas.

Ao longo do desenvolvimento desta unidade diferentes estratégias e avaliações contínuas do processo ensino-aprendizagem foram realizadas, buscando acompanhar o que o aluno produziu e sua trajetória pessoal no desenvolvimento das atividades propostas em sala de aula. Para isso, podemos considerar que a aprendizagem de procedimentos e atitudes foi valorizada ao longo do desenvolvimento desta unidade didática, tanto quanto a aprendizagem de conceitos e/ou conteúdos (BRASIL, 2002a; BRASIL, 2002b; CARVALHO, 2004). Contudo, os resultados obtidos pelos alunos corroboram as considerações apresentadas na literatura de que a ligação química, especialmente a ligação metálica, é um conteúdo de difícil

compreensão pelos estudantes (DE POSADA, 1999; CARVALHO; JUSTI, 2005; SILVA *et alii*, 2009; FERNANDES *et alii*, 2010).

Os dados obtidos a partir do diário de aula apontam que a frequência dos alunos da Turma 2A (ver Apêndice 8) e dos alunos da Turma 2C (ver Apêndice 9) nas três aulas – identificadas como aula 4, 5 e 6 – desta unidade didática compreendeu uma média de 76,56% na turma 2C e 56,25% na turma 2A, sendo essa última a menor frequência registrada durante toda a aplicação da proposta didática.

A frequência dos alunos foi determinante para o sucesso do processo ensino-aprendizagem desta unidade didática. Consequentemente, a oscilação da frequência dos alunos participantes nesta unidade didática teve reflexo no processo ensino-aprendizagem, observado a partir dos resultados obtidos nas avaliações. Esses reflexos também serão observados no processo ensino-aprendizagem da unidade posterior, em que temos como objetivo a abordagem da ligação metálica, e futuramente, no processo ensino-aprendizagem do conteúdo de química orgânica no terceiro ano do Ensino Médio.

Unidade 4 – Metais e suas propriedades

Esta unidade didática foi estruturada, partindo do pressuposto que o modelo metálico é pouco compreendido pelos alunos, dado que o nível de exigência para sua aprendizagem requer elevada capacidade de abstração. Isso ocorre devido às ideias básicas estarem intimamente ligadas a um entendimento maior sobre a estrutura, constituição e interação estabelecida entre os átomos.

A compreensão da ligação metálica distancia-se do mundo real vivenciado pelo aluno. Assim, para promover um melhor entendimento sobre substância metálica e ligação metálica foi necessário o uso de modelos, que, segundo Chassot (2003), são ferramentas essenciais para a compreensão do mundo microscópico, que em princípio, por via real é muito difícil.

O modelo de ligação química é uma construção social e histórica e, por isso, vem sofrendo formulações teóricas auxiliadas por suportes instrumentais da evolução científica e tecnológica. O estudo da ligação metálica, especificamente, é de certa maneira recente, pois data do século XIX e século XX. A partir da descoberta do elétron por J. J. Thomson, em 1897, foi possível propor um modelo de estrutura cristalina para os metais e tentar explicar suas propriedades metálicas (SILVA *et alii*, 2009).

De forma contraditória, livros didáticos e professores, estes talvez influenciados pelos livros e pelos cursos de licenciatura dos quais são egressos, apresentam aos alunos conceitos e modelos de forma pronta e acabada, como verdades incontestáveis. O modelo de ligação metálica é um bom exemplo disso, sendo apresentado de forma simplista e sem considerar as transformações históricas, a evolução tecnológica, os aspectos ambientais, sociais e econômicos relacionados a esse conteúdo.

Diversos modelos de ligação metálica capazes de explicar as propriedades físicas e químicas das substâncias metálicas são utilizados para estudar essas estruturas complexas. O modelo do “mar de elétrons”, com enfoque na interação entre os cátions metálicos e na deslocalização dos elétrons livres, é capaz de explicar propriedades como a maleabilidade, a ductibilidade e a condutividade elétrica (SILVA, 2009; BROWN; HOLME, 2009).

Este modelo é comumente encontrado nos livros didáticos, mas é de difícil compreensão, visto que a presença de cátions na estrutura cristalina metálica provocaria repulsão e, conseqüentemente, o metal seria quebradiço, contrariando o observado quanto à propriedade da maleabilidade dos sólidos metálicos, conforme verificamos durante a realização do experimento intitulado “O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?” (ver Apêndice 11, p. 32).

Visto isso, resolvemos explorar outro modelo, que explica de maneira mais aprofundada a formação da ligação metálica e as propriedades dos materiais metálicos, que é o modelo da Teoria dos Orbitais Moleculares (TOM) ou modelo das bandas de valência ou bandas de energia. Hoje, esse modelo é o mais aceito cientificamente, por ser capaz de explicar de forma clara e abrangente o comportamento dos materiais metálicos.

Assim, contrariando a opinião de diversos autores (SILVA *et alii*, 2009), que apontam a utilização desse modelo como adequada apenas a estudantes de nível superior, empregamos o modelo de bandas de energia para a discussão sobre a ligação metálica e as propriedades físico-químicas dos metais. Contudo, foi necessária uma adequação desse modelo, que é complexo, ao nível de abstração apresentado pelos alunos do Ensino Médio.

Obviamente que não tivemos condições de abordar a formação de orbitais moleculares fazendo uso dos conhecimentos da mecânica ondulatória, mas de forma simplificada falamos da existência de níveis de energia, lançando mão do átomo de Rutherford e de Bohr. Para isso, relacionamos as camadas do átomo de Rutherford com os níveis de energia do átomo de Bohr. Informamos que a principal característica deste último modelo atômico era a indicação de níveis de energia permitidos, em que os elétrons se encontravam.

O modelo atômico de Rutherford-Bohr permitiu-nos discutir os níveis de energia para os sólidos metálicos e introduzir o modelo de ligação metálica com base na teoria de bandas de energia, que explica satisfatoriamente a ligação metálica e as propriedades dos metais, conforme definido na Unidade 3 e que retomamos nesta Unidade 4.

Assim, o planejamento desse módulo didático contemplou a realização de oito atividades experimentais demonstrativo-investigativas, que foram alicerce para a ampla discussão sobre as propriedades dos metais, mediante articulação do conhecimento científico e do conhecimento escolar ao contexto social, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Descrição das atividades experimentais elaboradas e as propriedades físicas e químicas investigadas.

1.	“Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?”	Condutividade elétrica
2.	“O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?”	Maleabilidade
3.	“Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?”	Dilatação
		Condutividade térmica
4.	“Combustão de uma fita de magnésio”	Reação de oxidação-redução
5.	“Corrosão uma oxidação indesejada”	
6.	“Metal de sacrifício”	
7.	É possível fazer um relógio funcionar com água?	Reação de oxidação-redução
		Condutividade elétrica
8.	Como funciona um motor elétrico?	Imantação
		Magnetismo

Dando continuidade a discussão sobre os metais e suas propriedades, para o desenvolvimento da presente unidade didática dividimos o tema de Metais em duas seções com enfoques distintos. A primeira seção, intitulada “Metais - De onde vêm? Para onde vão?” encaminha a discussão sobre a origem dos metais, obtenção, utilização e propriedades. Em seguida, a seção “Metais: produzindo energia” aborda a propriedade dos metais de produzir energia a partir de reações de oxidação-redução.

Para isso lançamos mãos de diferentes estratégias didáticas, especialmente atividades experimentais, conforme as descritas na Tabela 2. A leitura e discussão de um livro paradidático sobre o tema de metais e a exibição de um vídeo educativo sobre o fenômeno da ferrugem colaboraram para a abordagem dos conceitos químicos e a retomada de algumas propriedades dos metais, bem como, o estabelecimento de um modelo de ligação metálica, inicialmente discutido na Unidade 3. Estas diferentes estratégias tinham por objetivo articular o conhecimento científico e o conhecimento escolar ao contexto social, de modo a dar dinamicidade ao conteúdo.

Esta unidade didática foi implementada ao longo de oito aulas de 45 minutos cada. Contudo, estas aulas foram conjugadas, totalizando um mês de aplicação dessa unidade.

Metais - De onde vêm? Para onde vão?

Iniciamos esta unidade didática com a exposição de amostras de diferentes minérios como a hematita, minério de ferro, a bauxita, minério de alumínio e a garnierita, minério de níquel, e amostras dos metais correspondentes. Outros metais, como, por exemplo, cobre, estanho, magnésio e zinco, também foram apresentados. As amostras foram passando de aluno por aluno para que todos pudessem observar cuidadosamente suas características macroscópicas, como cor, textura e brilho, para identificar as diferenças entre cada minério e seu respectivo metal. Neste momento, os alunos foram convidados a descrever aquilo que visualizavam, ou seja, suas observações macroscópicas para os diferentes minérios e metais.

Em seguida, introduzimos problematizações mediante a realização oral dos seguintes questionamentos: 1) Podemos classificar um minério e um metal como sendo um material ou uma substância? 2) Como se obtém um minério e um metal? 3) Quais são as aplicações desses minérios e metais no nosso dia a dia?

A grande maioria dos alunos parecia insegura para responder ao primeiro questionamento. Já na segunda questão, os alunos apontaram a “extração de minérios de minas subterrâneas” em alguns países, principalmente no Brasil. Como exemplo de aplicação de metais, os alunos indicaram o uso na confecção de “janelas”, “painéis”, “bijuterias”, “jóias”, “latas de refrigerante”, além de outros objetos a serem usados na construção civil, como utensílios domésticos e aqueles de uso nas indústrias, entre outros.

A partir das concepções apresentadas pelos alunos sobre minerais, minérios e metais, iniciamos a discussão dos conceitos científicos mediante uma perspectiva histórica da origem dos metais, sua obtenção e sua utilização. O material de referência para essa abordagem foi o livro paradidático intitulado “Minerais, minérios, metais: De onde vêm? Para onde vão?” (CANTO, 2004). Este recurso foi apresentado aos alunos duas semanas antes da aplicação desta unidade didática, e foi estabelecida como tarefa sua leitura para a realização de seminários sobre cada capítulo do paradidático. Contudo, o uso integral do paradidático e a realização dos seminários não foram possíveis, em virtude do número limitado de exemplares do livro disponíveis na biblioteca da escola, o que iria dificultar o acesso dos alunos de ambas as turmas a esse material dentro do prazo estabelecido para a realização da leitura e, conseqüentemente, dos seminários.

A solução encontrada, considerando-se o tempo disponível para a execução dessa atividade, foi dar preferência a leitura de apenas dois capítulos do paradidático e solicitar aos alunos a resolução de um estudo dirigido para posterior discussão em sala de aula. Assim, os alunos receberam orientações para realizarem a leitura e a interpretação, especificamente, do capítulo 1 (Minerais, minérios e metais) e do capítulo 4 (O que é metalurgia), por considerarmos mais relevantes para os objetivos a que se propõe essa unidade didática. Logo depois, foram orientados quanto à resolução do Estudo Dirigido 3 (ED3) (ver Apêndice 11, p. 43), elaborado a partir de três questões, que tinham por objetivo nortear a leitura do texto, permitindo ao aluno discutir em sala de aula os conhecimentos apreendidos a partir dessa leitura e abordar sobre a metalurgia no âmbito nacional e local. Para o desenvolvimento dessa atividade, fornecemos aos alunos as cópias dos dois capítulos escolhidos para serem trabalhados.

A partir da realização da leitura dos capítulos do paradidático e da resolução do estudo dirigido, iniciamos uma discussão para avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos teóricos presentes no paradidático. A retomada das questões problematizadoras ocorreu mediante a discussão sobre a origem dos metais, sua obtenção e utilização, tendo como foco a perspectiva histórico-social-tecnológica. Essa discussão permitiu aos alunos reconhecerem que a maior parte dos metais ocorre na natureza combinado com outros átomos de elementos, formando os minerais. A formação dos minerais e minérios foi discutida de maneira interdisciplinar, e, para isso, recorreremos à utilização de alguns conteúdos abordados, principalmente, na disciplina de Geografia e História. Dentre esses podemos destacar: a Terra e o conceito de crosta terrestre; os continentes e as placas tectônicas; o solo e o subsolo; os vulcões, as rochas e outras informações geológicas básicas articuladas a fatos históricos da

descoberta e utilização dos metais em alguns países, especialmente na América do Sul, e outros fatos mais atuais coletados de fontes como jornais e revistas.

Também podemos destacar algumas reflexões de ordem científica, econômica, social e ambiental, como: o desenvolvimento de métodos e processos para extrair os metais e promover seu aproveitamento; a questão econômica dos países possuidores de recursos minerais; os problemas ambientais agregados e até as condições de segurança dos trabalhadores envolvidos nesse tipo de atividade. A partir dessa discussão foi possível ao aluno distinguir minério de mineral, que, apesar de relacionados, possuem distintas conceituações, principalmente em termos da maior abundância de metal no primeiro, viabilizando sua exploração econômica.

A leitura e discussão dos textos presentes no paradidático permitiram aos alunos identificar as principais características de metais como o alumínio, o ferro, o magnésio, o zinco, o cobre, entre outros. Essa discussão permitiu aos alunos compreenderem a diversidade de uso dos diferentes metais.

Com a realização de diversas atividades experimentais demonstrativas-investigativas foi possível discutir algumas das propriedades físico-químicas dos metais e sua reatividade química, como, por exemplo, a condutividade elétrica, a maleabilidade e a ductibilidade, o processo de dilatação e a condutividade térmica, a reatividade com oxigênio e com outros metais, o magnetismo e a possibilidade de imantação, já descritas na Tabela 2.

A partir das diferentes amostras de minério metálico e dos metais, ampliamos a discussão sobre o processo de obtenção dos metais. As diferentes etapas desse processo, desde a extração do minério da jazida, etapa denominada lavra, até a confecção e acabamento final do produto e o modo como esse chega ao consumidor, foram exploradas a partir do vídeo educativo “Materiais e suas propriedades – Ferrugem” (BRASIL, s/d).

O vídeo educativo foi utilizado segundo a modalidade de vídeo-aula (ARROIO; GIORDAN, 2006). Essa modalidade foi didaticamente eficaz na medida em que pode ser utilizada como retomada da explicação desenvolvida durante a aplicação das demais estratégias didáticas, em que as informações foram novamente ouvidas e, principalmente, visualizadas.

Com antecedência de uma semana da exibição do vídeo, os alunos foram informados sobre o trabalho que seria desenvolvido em sala de aula. Para isso, receberam orientações sobre o vídeo e sobre a dinâmica organizada para sua aplicação. As principais orientações foram sobre a temática do vídeo, o tempo de duração, o objetivo e o conteúdo abordado, a dinâmica da exibição, o acompanhamento pelo aluno e suas anotações, a participação nas

discussões e a avaliação da atividade. No entanto, essas orientações não foram apresentadas na forma de um roteiro descritivo e impresso.

Devemos enfatizar que o uso desse recurso didático somente foi possível devido à existência de condições técnicas e operacionais na escola, como, por exemplo, de televisão em todas as salas de aula. A essa televisão foi conectado um computador para a exibição do vídeo, que está disponível *online* e para *download* (<http://tvescola.mec.gov.br>). Os alunos ficaram dispostos em uma grande roda e as janelas permitiram que a sala de aula pudesse ficar um pouco escurecida.

Tanto o vídeo quanto os textos do paradidático funcionaram como organizadores para discutir os conceitos químicos relacionados ao processo histórico-tecnológico de produção de metais e suas ligas, bem como o processo de corrosão e as formas de prevenção. A partir dessa temática também foi possível chamar atenção dos alunos para a importância da profissão do Químico na obtenção de substâncias a partir dos materiais.

A partir da discussão sobre a obtenção de metais pelo processo da metalurgia e buscando aproximar o cotidiano dos alunos ao conhecimento químico sobre os metais e suas propriedades, propomos a realização da atividade experimental intitulada “Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?” (ver Apêndice 11, p. 45-50) na perspectiva de discutir a propriedade da dilatação e da condutividade térmica dos sólidos metálicos, em especial, do alumínio metálico.

O desenvolvimento dessa atividade contemplou a abordagem dos três níveis do conhecimento químico, a saber: discussão sobre as observações macroscópicas, breve discussão sobre a interpretação microscópica e a expressão representacional.

Inicialmente, apresentamos a pergunta problematizadora “Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?”. Em seguida, fazendo uso de um aparato conhecido como Anel de Gravesande, realizamos a demonstração da dilatação dos sólidos metálicos, neste caso o alumínio, e sua capacidade para conduzir energia térmica.

A discussão para a interpretação microscópica do fenômeno ocorreu mediante abordagem sobre a estrutura dos sólidos metálicos e, principalmente, a existência de espaços vazios entre os átomos neutros, que constituem a rede cristalina metálica. Para isso, foi necessário retomarmos junto aos alunos o conceito de ligação metálica, já discutido na Unidade 3 e definido no texto de apoio “Ligação metálica” (ver Apêndice 11, p.79), como o resultado da interação eletrostática entre os átomos metálicos da rede cristalina tridimensional.

Por fim, promovemos o fechamento da aula com a retomada da pergunta problematizadora apresentada inicialmente. Para isso, os alunos apropriaram-se dos conceitos teóricos para explicar a condutibilidade térmica e a dilatação dos sólidos metálicos em diversas situações cotidianas, empregando a linguagem química.

Na perspectiva de reforçarmos a compreensão sobre a estrutura cristalina dos metais, a existência de espaços vazios na matéria, a dilatação e a condutividade térmica dos metais, aproveitamos para evidenciar alguns aspectos do cotidiano relacionados à utilização dos sólidos metálicos. Assim, apresentamos o protótipo de um alarme de incêndio e discutimos seu funcionamento. Com esta atividade os alunos perceberam que os conhecimentos sobre as propriedades dos metais têm possibilitado aos homens diversas aplicações cotidianas, com significativas implicações sociais, tecnológicas e econômicas.

Prosseguindo com as atividades experimentais, foi realizada em sala de aula a combustão de uma fita de magnésio (ver Apêndice 11, p. 50-51), possibilitando discutir a reação de oxidação-redução como um processo em que ocorre a formação de uma substância, o óxido de magnésio. Os alunos acompanharam a experimentação com atenção e, posteriormente, fizeram anotações de suas observações.

Durante a discussão desta atividade, os alunos apontaram com facilidade a fita de magnésio, sem óxido, como sendo uma substância e não um material. De maneira semelhante aos resultados obtidos por Queiroz (2009), nossos alunos também apontaram como possível causa para a combustão da fita de magnésio a instabilidade energética do magnésio metálico e do oxigênio do ar, diferentemente da estabilidade apresentada pelo óxido de magnésio produzido pela reação de combustão.

Nesse momento, levantamos algumas reflexões sobre as transformações químicas observadas no dia-a-dia, que envolvem reação de oxidação-redução, e que transformam os materiais metálicos e comprometem sua durabilidade e desempenho.

Para conduzir de forma mais concreta essa discussão sobre os processos corrosivos, foi realizada uma atividade experimental intitulada “Corrosão de metais: uma oxidação indesejada”¹⁶ (ver Apêndice 11, p. 51 e p. 57-58). O experimento explorou a corrosão de um prego. Aproveitando esta atividade, inserimos um experimento intitulado “Como proteger os cascos de navios contra a corrosão?”¹⁷ (ver Apêndice 11, p. 53 e p. 57-58), a partir da qual foi

¹⁶ Corrosão. Roteiro experimental elaborado para abordar o tema “Metais” nas atividades do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química/UnB.

¹⁷ Metal de sacrifício. Roteiro experimental elaborado para abordar o tema “Metais” nas atividades do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química/UnB.

possível desenvolver outros conceitos básicos sobre corrosão. Estes experimentos, que não constavam do planejamento inicial, ilustraram dois métodos de proteção dos metais contra a corrosão, um por meio da barreira física (tinta anti-corrosiva) e outro por meio de barreira química (inibidores).

Ao final da realização desses experimentos, discutimos junto aos grupos de alunos os resultados observados e iniciamos o processo de interpretação microscópica do fenômeno. A abordagem realizada a partir desses experimentos envolveu o conceito de reação de óxido-redução, com enfoque no óxido de ferro. Também ressaltamos as diferentes reatividades dos metais, como o zinco utilizado como metal de sacrifício para proteger o ferro da corrosão. Incluímos ainda na discussão a influência do oxigênio do ar, da temperatura e da umidade como agentes que aceleram a velocidade de oxidação (corrosão). O livro didático¹⁸ adotado pela escola foi utilizado como material de referência para a apresentação e discussão dos conceitos químicos envolvidos nestes experimentos.

Com estes experimentos, os alunos puderam relacionar conhecimentos científicos às suas vivências cotidianas. Este tipo de atividade possibilita perceber a relevância do saberes científicos para a resolução de problemas reais. Neste caso, conhecer a reatividade de diferentes metais pode ajudar a retardar o processo corrosivo espontâneo por meio de ações preventivas.

A avaliação da compreensão dos alunos sobre o processo de corrosão dos metais ocorreu mediante a resolução de um Estudo Dirigido (ED3) (ver Apêndice 11, p. 58), composto por duas questões do tipo aberta para avaliar os experimentos sobre corrosão e o vídeo educativo sobre o processo de ferrugem. A elaboração desse instrumento avaliativo teve como objetivo estimular a reflexão dos alunos sobre os conceitos químicos definidos, de modo a relacioná-los às suas vivências cotidianas, principalmente para a resolução de problemas reais.

Foi acordado inicialmente que a atividade deveria ser respondida individualmente pelos alunos. No entanto, durante sua correção percebemos que alguns alunos apresentavam respostas semelhantes às questões propostas, ficando evidente que eles discutiram as questões do ED3 e elaboraram suas argumentações em grupo.

¹⁸ SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química e Sociedade**. São Paulo: Nova Geração. Volume único. 2005. p. 636-647.

Do total de 32 alunos que constavam na lista de presença de cada uma das turmas e que se fizeram frequentes nas aulas, apenas 14 alunos da turma 2A (43,75%) e 19 alunos da turma 2C (59,37%) responderam ao estudo dirigido.

O ED3 está dividido em duas atividades. A primeira atividade centrou-se na capacidade do aluno em compreender o texto paradidático, apontar suas ideias principais de forma clara, discriminar os conceitos fundamentais abordados e usar adequadamente os conceitos químicos (ver Apêndice 11, p. 43). A segunda atividade do ED3 compreendeu a avaliação do vídeo educativo intitulado “Materiais e suas propriedades – Ferrugem” (ver Apêndice 11, p. 58).

A análise das respostas para a primeira atividade do ED3 mostra que a maioria dos alunos utilizou os conceitos químicos abordados no texto de forma correta e alguns aprofundaram suas respostas, citando exemplos para diferenciar o processo de corrosão e o processo da metalurgia, para definir oxidação e redução e para diferenciar mineral, minério e metal, entre outros.

Algumas respostas foram selecionadas e os trechos que melhor caracterizam os resultados discutidos foram transcritos e são apresentados abaixo:

“O tema abordado no texto refere-se de como encontramos os metais, material encontrado no solo, nas rochas. Mostra o destino que cada mineral ou minério segue e sua utilidade. A distinção do metal em ser uma substância simples ou composta. A redução e oxidação, o que ocorre nesses dois processos, se em substância simples possuem carga positiva ou nula. A diferença entre a corrosão e a metalurgia, mostrando quais metais sofrem fenômeno ou algum processo.” (ED3-TA-A33)

Na resposta de A33 pode-se observar o uso da expressão “substância simples” e “substância composta” para tratar dos metais. Esta terminologia foi utilizada nos textos do livro paradidático para referir-se aos metais e aos óxidos desses, respectivamente. A fala desse aluno denota a necessidade de serem discutidas essas expressões em sala de aula.

“(…) As pessoas confundem muito o sentido de minerais, minérios e metais. O mineral é toda substância natural que está presente na crosta terrestre. O minério é um nome que se dá a um mineral quando se extrai vantagem econômica. Metalurgia é uma seqüência de processos que visa obtenção de um elemento metálico – metal – a partir de seu minério.” (…) *“(…) a corrosão é um processo natural (…)* *o processo de corrosão de metais é um processo onde acontece a oxidação do metal, a carga dos átomos do ferro aumenta (…).” (ED3-TC-A26)*

“O metal tem uma tendência a corrosão e por isso temos maior dificuldade para obtê-lo a partir do minério. O ser humano utiliza processos químicos para conseguir forçar sua redução, obtendo ferro metálico, por exemplo. De todas as etapas, a mais delicada corresponde aquela que envolve a reação química de redução.” (ED3-TA-A02)

A fala de A26 reproduz conceitos, não necessariamente apontando argumentações, como se observa na fala de A02, quando usa a palavra “forçar” para expressar seu entendimento sobre o processo de metalurgia.

Um número pouco significativo de alunos não respondeu essa atividade a partir da leitura dos textos do paradidático, mas utilizaram textos da internet, desviando-se do que foi acordado. Contudo, os sítios da internet consultados não foram referenciados. O que aponta para a necessidade de ser solicitado de forma enfática aos alunos que referenciem toda e qualquer fonte bibliográfica que façam uso. Nestas ocasiões seria pertinente a discussão sobre a autoria de textos e as formas corretas de citação, inserindo, dessa forma, questões éticas sobre o plágio, visando contribuir para a construção da cidadania a partir do ensino de Química para formar o cidadão (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

A segunda atividade do ED3 contemplou a avaliação do vídeo educativo sobre a corrosão nos metais. O uso do vídeo apresentou considerável importância para o fechamento dessa seção da unidade didática, realizada por meio de duas questões do tipo aberta.

Na turma 2A, dos 29 alunos presentes em sala de aula durante a exibição do vídeo apenas seis desses alunos responderam as questões avaliativas. Já na turma 2C, dos 23 alunos presentes 18 alunos responderam as questões propostas.

A diferença quanto ao número de alunos que responderam a atividade avaliativa nas duas turmas pode ter sido resultado da redução da carga horária da aula de Química no dia da aplicação do vídeo educativo, devido à realização de atividades culturais na escola. Esse fato acabou prejudicando o fechamento e a avaliação da atividade didática na turma 2A. Já na turma 2C, a aula de Química ocorreu normalmente, sem redução da carga horária, o que permitiu a fechamento da atividade didática e a resolução e entrega da atividade avaliativa ao final da aula.

A análise das respostas dos alunos da turma 2A às questões “a” e “b” do ED3 mostrou-nos que a maioria dos alunos limitou sua resposta à confirmação da importância da metalurgia para a produção de objetos metálicos e sobre os metais, sua composição, para que servem e sua utilização. Além disso, a argumentação apresentada por um aluno apresentava total incoerência com as questões investigadas. Abaixo apresentamos uma das respostas a essa primeira questão:

“A metalurgia trabalha com os metais, os moldando para fazer novos objetos. Então é importante saber o que são, qual é a composição, para que serve e a sua utilização.” (ED3-TA-A38)

Com relação à segunda questão, todos os alunos respondentes da turma 2A demonstraram entendimento sobre os fatores que provocam a corrosão e os métodos utilizados para evitar esse processo natural, mas suas respostas foram bastante pontuais, sem nenhum tipo de discussão ou justificativa, como se pode observar abaixo:

“O vídeo mostra que podemos pintar o metal, utilizar um outro metal para a proteção.” (ED3-TA-A33)

“Uma das soluções é pintando o metal para não ter corrosão, evitando para não molhar (...). Por exemplo, os barcos têm que pintar para não enferrujar.” (ED3-TA-A39)

Os alunos da turma 2C, de modo geral, apresentaram entendimento satisfatório sobre o conceito de corrosão. Do total de respondentes, mais de 75% apresentaram resposta correta às duas questões propostas. Em sua maioria, as respostas foram discutidas com clareza e estavam acompanhadas de justificativa. Para responder a primeira questão, grande parte dos alunos relacionou a metalurgia como sendo o inverso da corrosão, como se pode ver a seguir:

“A metalurgia realiza o processo inverso da corrosão. A corrosão trabalha a oxidação e a metalurgia a redução.” (ED3-TC-A39)

“A metalurgia faz o processo contrário ao da corrosão. Metalurgia transforma o minério de ferro em metal e a corrosão transforma o metal em minério.” (ED3-TC-A19)

“(...) o ferro quando foi colocado em água, sofreu uma corrosão, ficou enferrujado, pois essa é a forma natural dele, como ele é encontrado na natureza.” (ED3-TC-A26)

“A metalurgia faz com que o aço e o ferro fiquem em estado instável. As condições do ambiente fazem com que eles voltem ao seu estado natural.” (ED3-TC-A03)

Os alunos, tentando objetivar o processo metalúrgico, o tratam como uma reação de redução, como se a reação de redução ocorresse sem uma oxidação simultânea. Uma explicação para o fato provavelmente esteja na página 43 e 44 do texto do paradidático (CANTO, 2004), que ressalta a seguinte frase: “A corrosão é, portanto, um processo natural que tende a oxidar os metais; exatamente o oposto da metalurgia, que visa reduzi-los.” (p. 44). Assim, torna-se necessário enfatizar durante essa discussão, que na corrosão também há redução simultânea.

A seguir, transcrevemos algumas das respostas apresentadas pela turma 2C para a segunda questão proposta para a segunda atividade do ED3:

“O causador da corrosão é o fato do aço está exposto ao oxigênio e a água. Para prevenir a corrosão o mais usado é a tinta, mas tem outros meios, como a placa de zinco.” (ED3-TC-A28)

“A corrosão é causada pela reação entre um metal, água e oxigênio. Pode-se prevenir criando uma barreira física entre os reagentes ou suprimindo um dos reagentes.” (ED3-TC-A43)

“O contato com o oxigênio do ar e a umidade faz com que ocorra a oxidação do metal. Deve-se criar uma barreira, para que o metal não seja oxidado.” (ED3-TC-A09)

Na fala desses alunos, as principais causas e soluções para o problema da corrosão nos metais foram citadas, mas de maneira pontual, sem apresentar argumentações ou justificativas fazendo uso dos conceitos químicos abordados em sala de aula. Também foi possível perceber que alguns alunos ainda apresentam dificuldade com o uso da linguagem química e a correta relação entre os conceitos.

No fechamento dessa seção, buscamos um posicionamento do aluno sobre a obtenção dos metais, sobre o processo de metalurgia e sobre a reciclagem de metais no Brasil. Nestas discussões foram abordados os aspectos econômicos da reciclagem, tendo em vista a problemática dos metais como matéria-prima não renovável.

Uma avaliação sobre o contexto em que se desenvolveu o processo ensino-aprendizagem apontou mais uma vez que, a despeito das escolhas didático-metodológicas e da dedicação de alguns alunos, refletiu nos resultados obtidos. Desse modo, a presente atividade didática estruturada de maneira a contemplar diferentes estratégias de ensino produziu resultados positivos, dado que as argumentações apresentadas pelos alunos indicam que a interpretação microscópica dos fenômenos estudados foi, em parte, compreendida e as habilidades pretendidas foram adquiridas.

Metais: produzindo energia

A partir da compreensão dos alunos sobre o modelo de ligação metálica proposto, foi possível introduzir duas atividades experimentais demonstrativas-investigativas para abordar o conteúdo de pilhas e eletromagnetismo, respectivamente. No âmbito das diretrizes de ensino, como PCN (BRASIL, 1999); OCN (BRASIL, 2006); PCN+ (BRASIL, 2002b), a discussão desses conteúdos em sala de aula é considerada relevante e atual, pois apresentam forte vinculação a produção e desenvolvimento de novos materiais com ampla aplicabilidade social, tecnológica e ambiental.

No primeiro momento dessa atividade ocorreu breve contextualização do assunto, em que destacamos o fato de vivermos na era da eletrônica, em que a maioria dos aparelhos, dispositivos eletrônicos e motores usados no dia-a-dia funcionam à custa de energia elétrica, gerada a partir de dispositivos como pilhas ou baterias (BELTRAN *et alii*, 2007). Diante

dessa constatação, lançamos a seguinte pergunta: “É possível fazer um relógio funcionar com água?”.

O questionamento foi recebido pelos alunos com surpresa. A falta de energia elétrica não é fato constante na vida deles; no entanto, o uso de pilhas comerciais e baterias é frequente e imprescindível para esses estudantes, que vivem cercados de aparelhos eletrônicos como: relógios, calculadoras, câmeras digitais, celulares, mp4, entre outros. Por isso, a resposta da maioria desses alunos para essa questão foi negativa, ou seja, que não seria possível um relógio funcionar apenas com água. Contudo, a partir dos conceitos sobre a propriedade da condutividade elétrica, definidos na Unidade 2, os alunos argumentar que a água destilada não iria fazer o relógio funcionar, mas a água da torneira ou água salgada, por exemplo, poderiam fazer com que o relógio funcionasse.

Na perspectiva de elucidar as hipóteses e considerações apresentadas, convidamos os alunos para a realização da experimentação intitulada “Como é possível fazer um relógio funcionar com água da torneira?” (ver Apêndice 11, p. 59-65).

Para isso, realizamos a montagem de um circuito eletroquímico simples com o objetivo de fazer funcionar um relógio-despertador. Os alunos observaram a realização do experimento e discutiram a geração de corrente elétrica com base na reação de oxidação-redução e no movimento dos elétrons da camada de valência pelo circuito construído, tendo inicialmente a água da torneira e depois, a água saturada com cloreto de sódio o meio eletrolítico para ocorrer o transporte pelos íons, garantindo o fechamento do circuito. Isso nos possibilitou discutir sobre as reações de oxidação-redução e a propriedade da condutividade elétrica dos metais, entre outros. Utilizamos o livro didático adotado pela escola (SANTOS; MÓL, 2005, p. 648-677) para apoiar a compreensão dos aspectos mais abstratos desse conteúdo, como as equações químicas que representam as reações de oxidação e redução ocorridas em cada eletrodo.

Ao fim da abordagem conceitual, retomamos a questão apresentada no início da atividade: “Como é possível fazer um relógio funcionar com água da torneira?”. Os alunos concluíram que era “possível um relógio, ou qualquer outro aparelho eletrônico de baixo consumo, funcionar quando conectado a um sistema constituído por dois metais diferentes mergulhados em uma solução eletrolítica de água saturada com cloreto de sódio”.

A partir das argumentações apresentadas pelos estudantes foi possível diagnosticar algumas problemas com relação a esse conteúdo, a saber: 1) foi difícil para alguns alunos avaliar a reatividade de um metal frente à de outro metal; 2) os alunos tiveram dificuldade

para entender as semi-reações e a reação global, que representam o experimento desenvolvido na sala de aula; 3) simultaneidade dos processos de oxidação e redução.

Para avaliação dessa atividade, solicitamos aos alunos que explicassem o funcionamento das pilhas comerciais, empregando os conceitos básicos utilizados para explicar o fenômeno observado durante o desenvolvimento da atividade experimental. Outro aspecto avaliado foi relativo à abordagem CTS e a inclusão de aspectos da Educação Ambiental (EA), explorada no livro didático de referência, que permitiram a discussão quanto às implicações socioambientais do descarte inadequado de pilhas comerciais.

No fechamento dessa atividade experimental, aproveitamos para discutir as implicações sociais, tecnológicas e econômicas relacionadas às pilhas. Os alunos da turma 2C apontaram o experimento como uma proposta inovadora e passaram a chamá-la de “pilha ecológica”. Durante a discussão, alguns exemplos vivenciados no dia a dia foram citados, dentre eles, o mais frequente é o descaso com o descarte de pilhas e baterias elétricas ocorrido de maneira inadequada (BOCCHI *et alii*, 2000). Outros aspectos considerados importantes para essa discussão e indicados nos documentos oficiais (BRASIL, 2002b) dizem respeito ao metal como matéria prima não renovável e, por isso, o incentivo à reciclagem, ao uso de fontes alternativas para a obtenção de energia ou à substituição por outros materiais, como os polímeros condutores (FERREIRA *et alii*, 1996; ROCHA-FILHO, 2000).

O planejamento didático diversificado e a abordagem contextualizada, utilizando princípios muito próximos daquele usado pela indústria na produção de pilhas, possibilitaram ao aluno a ampliação dos saberes, de modo a permitir a ele exercer maior autonomia e tomada de decisão diante de situações relacionadas ao funcionamento, aplicação e problemática das pilhas e baterias, que hoje representa um conhecimento científico de grande interesse na esfera social, tecnológica e ambiental.

Para encerrar o processo ensino-aprendizagem sobre os metais e suas propriedades, a última atividade desta unidade didática foi elaborada com o objetivo de discutir os conceitos sobre magnetismo e eletromagnetismo a partir da observação do funcionamento de um motor elétrico e investigar de que modo os metais contribuem para converter energia elétrica em movimento.

O desenvolvimento dessa atividade didática buscou suprir uma carência identificada na maioria dos materiais didáticos de Química para o Ensino Médio, que não contemplam durante a abordagem do conteúdo de ligações metálicas uma discussão sobre o magnetismo das substâncias metálicas e sua relação com a eletricidade na produção de energia mecânica.

Para a execução do experimento foi utilizado um protótipo de motor elétrico, por ser o motor elétrico muito utilizado em nosso cotidiano e conhecido por todos os estudantes. Os alunos ao verem o protótipo do motor elétrico ficaram muito curiosos em saber “qual seria a experiência do dia”. Assim, aproveitamos o momento para despertar ainda mais a curiosidade dos alunos e lançamos a seguinte pergunta: “Como funciona um motor elétrico?”. O número de alunos que estavam presentes neste dia foi considerável (75% de alunos presentes na Turma 2A e 62,5% na Turma 2C) (ver Apêndice 8 e 9); no entanto, poucos apresentaram resposta ao questionamento inicial. Os outros que também se manifestaram, apenas comentaram que “o motor elétrico funciona porque é ligado na eletricidade”.

O passo seguinte foi a realização do experimento intitulado “Como funciona um motor elétrico?” (ver Apêndice 11, p. 66-73), com foco no funcionamento dos motores elétricos e, principalmente, na propriedade do magnetismo nos metais e sua relação com a eletricidade. O experimento, de fácil montagem e de baixo custo, foi realizado em sala de aula de maneira demonstrativa e contou com a colaboração dos alunos, que se mostraram entusiasmados com o fenômeno observado, ou seja, a bobina girando intensa e ininterruptamente a partir de um impulso inicial dado por um aluno ou pela professora.

A partir da observação macroscópica do experimento e da colocação apresentada pelos alunos, que citaram a eletricidade como responsável pelo funcionamento do motor elétrico, solicitamos aos estudantes que descrevessem macroscopicamente o experimento realizado em sala de aula. Durante essa discussão, solicitamos aos estudantes que formulassem possíveis explicações para o fenômeno observado. Dessa maneira, estávamos considerando que não seria suficiente apenas demonstrar o experimento, mas promover a partir deste a abstração pelos alunos e situações de reflexão na tentativa de explicar microscopicamente o fenômeno.

Os alunos demonstraram grande dificuldade para abstração e para apresentar uma interpretação microscópica para o funcionamento do motor elétrico. A partir dessa constatação, iniciamos a discussão sobre as propriedades magnéticas dos sólidos metálicos com base no modelo de ligação metálica (Apêndice 11, p. 79).

Inicialmente, fizemos a demonstração da imantação e da desimantação, ou seja, do processo pelo qual os corpos adquirem a magnetização e se tornam ímãs artificiais ou perdem a magnetização, respectivamente.

A maioria dos alunos tinha conhecimento sobre a existência de ímãs, mas não sobre a possibilidade da imantação de um material metálico a partir do contato/atrito com um ímã natural, como a magnetita. Assim, para definir o conceito de ímã e as propriedades magnéticas dos metais, levamos em consideração a existência de elétrons emparelhados e

desemparelhados nos sólidos metálicos. Os sólidos metálicos comportam-se como ímãs quando os elétrons desemparelhados são colocados em um campo magnético e os elétrons tendem a se alinhar em um mesmo sentido.

A partir da demonstração e da breve explicação sobre a imantação, voltamos a analisar o fenômeno do motor elétrico. Alguns dos conhecimentos abordados foram os conceitos de campo magnético e campo elétrico, assim como a retomada da discussão sobre corrente elétrica, abordada na Unidade 2.

A interpretação microscópica ocorreu com base na situação observada durante o funcionamento do motor elétrico, em que a bobina e o ímã quando próximos exercem um sobre o outro uma força de natureza magnética. A bobina ao receber a corrente elétrica gera um campo elétrico, assim como está sob influência do campo magnético criado pelo ímã. A interação entre eles, ou seja, a ação em relação à distância entre o ímã e a bobina permite o movimento do motor elétrico. A interação entre a corrente elétrica que percorre o sistema construído e o campo magnético envolve a atração eletrostática entre as cargas elétricas presentes na corrente elétrica e no ímã provocando a rotação da bobina o movimento dos motores elétricos. A explicação sobre o funcionamento dos motores elétricos está vinculada à necessidade de uma teoria mais elaborada e mais abrangente relacionada à Química do século XX. Dessa maneira, utilizamos o modelo das bandas de energia para explicar as propriedades elétricas e magnéticas dos materiais metálicos (ver Apêndice 11, p. 79).

Ao fim da abordagem conceitual ocorreu a retomada da pergunta posta no início da atividade: “Como funciona um motor elétrico?”. Buscando responder esta pergunta, os alunos apresentaram argumentos compatíveis com o que foi discutido em sala de aula, ou seja, utilizaram-se dos conceitos científicos em torno da propriedade das substâncias metálicas de conduzir a corrente elétrica, da propriedade magnética de alguns metais e da formação de campo magnético para promover o movimento do motor.

Essa atividade permitiu a abordagem dos conteúdos científicos no âmbito do contexto social. Para isso, realizamos a avaliação da compreensão dos estudantes sobre os conceitos químicos definidos durante a abordagem da atividade experimental, dentre eles, o conceito de imantação e eletromagnetismo. As questões avaliativas foram elaboradas com enfoque na aplicabilidade destes conceitos em diversos processos do cotidiano.

Neste momento, ratificamos que os conceitos que explicam o modelo de motor elétrico construído são os mesmos que possibilitam o desenvolvimento e o funcionamento dos motores que constituem a maioria dos aparelhos elétricos de uso cotidiano. Por fim, foi

ressaltada a importância dos metais e de suas propriedades, como a condutividade elétrica e o magnetismo, para o desenvolvimento das máquinas e aparelhos elétricos.

Para o fechamento dessa atividade foram apresentadas algumas questões de retomada dos conceitos científicos abordados com objetivo de avaliar a aprendizagem dos alunos sobre o conteúdo de eletromagnetismo e a percepção dos alunos quanto à utilização desse conceito em diversos processos do cotidiano.

Por motivo do pouco tempo disponível para a adequada implementação da presente atividade experimental e da discussão sobre os conceitos de imantação e eletromagnetismo, que são complexos e exigem elevado nível de abstração pelos estudantes, não foi possível a análise das argumentações de cada aluno ou dos grupos de alunos sobre essa atividade didática.

5.2 Ensino de ligações metálicas – Investigando o processo ensino-aprendizagem

Ao final da implementação do módulo didático, elaboramos e aplicamos uma avaliação (TAA) (ver Apêndice 5) para investigar o processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligação metálica, metais e suas propriedades.

Esta avaliação contemplou sete questões do tipo aberta, sendo cinco questões predominantemente centradas na inter-relação do conhecimento químico e o contexto social e duas questões para o aluno expressar livremente sua opinião sobre a importância de ter estudado conteúdos de química de forma contextualizada mediante o uso de diferentes recursos didáticos em sala de aula.

Todos os alunos, que participaram efetivamente da proposta aplicada, responderam ao teste avaliativo. Na Turma 2A, 28 alunos responderam a essa avaliação. Já na Turma 2C, o número de alunos respondentes correspondeu a 32. Contudo, a análise das respostas apresentadas pelos estudantes às diferentes questões mostrou que um grande número deles, especialmente da Turma 2A, não conseguiu responder as questões propostas. Já os alunos que responderam ao teste avaliativo, tanto da Turma 2A quanto da Turma 2C, apresentaram várias concepções em desacordo com as ideias aceitas cientificamente.

Questões predominantemente referentes aos conceitos químicos

As cinco questões referentes ao conhecimento químico foram elaboradas a partir das diferentes atividades experimentais demonstrativas-investigativas contempladas no módulo didático e implementadas em sala de aula.

A primeira questão, Questão 1, retomou os resultados obtidos durante o desenvolvimento do experimento da condutividade elétrica em diferentes materiais sólidos e em algumas soluções. Esta questão tinha por objetivo que o aluno fosse capaz de diferenciar substância molecular, metálica e iônica, de acordo com a propriedade de conduzir ou não a corrente elétrica, indicada pela figura da lâmpada acesa e apagada, quando em contato com uma barra de alumínio (Al) e com uma solução de cloreto de sódio (NaCl) ou quando em contato com cloreto de sódio (NaCl) sólido e com açúcar ($C_{12}H_{22}O_{11}$) sólido e em solução, respectivamente. Nessa mesma questão, foi solicitado ao estudante que representasse as moléculas, átomos e íons constituintes das substâncias citadas, quando no estado sólido e em solução. Por fim, o aluno deveria propor um modelo representacional para explicar a propriedade da condutividade elétrica apresentada pelos sólidos metálicos.

Do total de alunos respondentes, 50% dos alunos da Turma 2C e apenas 14,28% dos alunos da Turma 2A responderam corretamente essa questão. A partir das respostas apresentadas, podemos considerar satisfatória a compreensão desses alunos sobre os diferentes tipos de substâncias, principalmente com relação à capacidade destas de conduzir ou não a corrente elétrica. Dessa maneira, os alunos classificaram a barra de alumínio (Al) como substância metálica, o cloreto de sódio (Na^+Cl^-) como substância iônica e o açúcar ($C_{12}H_{22}O_{11}$) como substância molecular. As representações propostas para moléculas, átomos e íons constituintes do açúcar, da barra de alumínio e do sal de cozinha no estado sólido foram adequadas. No entanto, os alunos não representaram essas substâncias e seus constituintes quando em solução. Outro aspecto importante a considerar está relacionado à compreensão dos alunos com relação à propriedade das substâncias metálicas de conduzir a corrente elétrica no estado sólido. Contudo, a maioria dos alunos respondentes explicou a condutividade elétrica das substâncias metálicas a partir do modelo do “mar de elétrons”, fazendo referência ao “elétron livre” como a partícula responsável pela condução de eletricidade nos sólidos metálicos. Assim, percebemos a dificuldade dos alunos de apropriarem-se do modelo de bandas de energia para explicar a propriedade da condutividade elétrica nos metais.

Na segunda questão, Questão 2, buscamos investigar a compreensão dos alunos quanto às diferenças entre as ligações iônicas, covalentes e metálicas. Assim, retomamos o experimento em que foi utilizado um martelo para verificar a maleabilidade dos diferentes sólidos (cristal de sulfato de cobre, pedaço de parafina e barra de cobre metálico) e relacionar essa propriedade com o tipo de interação entre os íons, moléculas e átomos envolvidos. Contudo, extrapolamos essa investigação para outros sólidos, como, por exemplo, um cubo de gelo, um cristal de sal de cozinha e uma moeda de R\$ 1,00. Por fim, também foi solicitado aos alunos que propusessem um modelo representacional para a organização estrutural dos íons, moléculas e átomos constituintes das substâncias investigadas.

Do total de alunos respondentes, 56,25% dos alunos da Turma 2C e 25% dos alunos da Turma 2A responderam corretamente essa segunda questão. Os alunos foram capazes de diferenciar a natureza da ligação química existente em cada substância apresentada. Assim, classificaram a interação existente entre as moléculas de água no cubo de gelo como sendo do tipo covalente, a interação existente entre os íons Cl^- e Na^+ , constituintes do sal de cozinha, como ligação iônica, e por fim, a interação entre os átomos metálicos da moeda como sendo uma ligação metálica. Conforme solicitado, os alunos representaram a organização estrutural dos íons, moléculas e átomos nas substâncias iônicas, moleculares e metálicas, respectivamente. A compreensão microscópica dos constituintes da matéria foi evidenciada a partir da explicação proposta para o modelo representacional, que fazia referência à propriedade da maleabilidade dos sólidos investigados. A partir dessas respostas, acreditamos que a compreensão de ligação química como interações atrativas entre os átomos contribuiu para que os estudantes soubessem indicar a natureza da ligação química de maneira correta. Contudo, ao final da análise dessa questão, identificamos a necessidade de questionar os alunos de maneira mais específica sobre o que determina a ocorrência da ligação química, ou seja, a base teórica que explica a interação entre os átomos e a formação das substâncias. Também, identificamos a necessidade de extrapolar a explicação sobre ligações químicas para outras situações reais, além daquelas exemplificadas em sala de aula.

Na Questão 3, os alunos deveriam julgar corretamente as afirmativas propostas sobre a origem dos metais e os conceitos químicos relacionados às reações de oxidação-redução, que haviam sido discutidas em sala de aula mediante o uso do livro paradidático “Minerais, minérios e metais: De onde vêm? Para onde vão?” (CANTO, 2004) e do vídeo educativo “Ferrugem” (BRASIL, s/d).

A análise dos dados aponta que apenas 37,5% dos alunos da turma 2C e 21,42% dos alunos da Turma 2A acertaram essa terceira questão. A dificuldade apresentada para a

resolução dessa questão pode estar vinculada a não compreensão pelos alunos sobre a origem e a obtenção dos metais como um conhecimento inter-relacionado a reação de oxidação-redução. Conseqüentemente, os alunos apresentaram dificuldade para recontextualizar essas aprendizagens a situações do contexto real exploradas na questão proposta.

A Questão 4 cita diferentes metais e contextualiza historicamente a importância destes nas diversas aplicações cotidianas e aponta que alguns deles, como o manganês, titânio e tungstênio, passaram a ter considerável importância social e tecnológica, a partir do século XX. Assim, diante da incontestável importância dos metais e materiais metálicos no nosso dia a dia, coube aos estudantes definir quando um material se comporta ou não como um metal.

Do total de alunos respondentes, 78,12% dos alunos da Turma 2C e 53,56% dos alunos da Turma 2A apresentaram respostas corretas para essa quarta questão. A partir da análise dessas respostas, podemos considerar que variaram consideravelmente, mas todas fizeram referência aos metais como substâncias sólidas, em sua maioria, constituídos por átomos de apenas um elemento metálico e com propriedades típicas como, o brilho, a maleabilidade, a reatividade com o oxigênio, a condutividade térmica e, principalmente, a condutividade elétrica.

A Questão 5 retoma os conceitos químicos relacionados à propriedade da dilatação e da condutividade térmica dos sólidos metálicos, abordados durante o desenvolvimento da atividade experimental “Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?”. Para essa questão, os alunos deveriam considerar em suas argumentações os espaços vazios da matéria. Contudo, apenas 21,42% dos alunos da Turma 2C e 7,14% dos alunos da Turma 2A responderam corretamente essa questão, ou seja, consideraram que a propriedade da condutividade térmica e da dilatação dos sólidos metálicos decorre do arranjo dos seus átomos e dos espaços vazios presentes na estrutura cristalina metálica, que permitem facilmente a transmissão da agitação térmica entre os átomos e a ocupação dos espaços vazios por estes átomos. Contudo, um número considerável de alunos da Turma 2C, 42,85%, e da Turma 2A, 28,57%, não se apropriou desses conceitos químicos para explicar a propriedade da condutividade térmica dos metais e a conseqüente dilatação desses sólidos quando submetidos a temperaturas elevadas. Alguns estudantes apontaram a temperatura e o vácuo como justificativa para a dilatação e a condutividade térmica dos metais.

Os conceitos químicos abordados ao final da Unidade 4 do módulo didático, na seção intitulada “Metais: produzindo energia”, não foram contemplados nesta atividade avaliativa por motivo do pouco tempo disponibilizado em sala de aula para a adequada implementação e

discussão deste conteúdo, que é complexo e exige elevado nível de abstração pelos estudantes.

O estudo dos metais e de suas propriedades exige um entendimento maior sobre a interação entre os átomos metálicos e sobre sua complexa organização estrutural. A abordagem do modelo de ligação metálica mediante a inserção simplificada e adaptada da Teoria do Orbital Molecular (TOM) ou Teoria de bandas de energia foi realizada de maneira positiva. Contudo, as preocupações voltam-se para a necessidade de maior tempo disponível para a apresentação adequada e contínua desses conceitos em sala de aula, de maneira a proporcionar melhor entendimento pelos alunos e maior eficiência no processo ensino-aprendizagem desse conteúdo.

Outra justificativa para os resultados obtidos nesta avaliação refere-se à frequência dos alunos. A presença não constante de alguns alunos em sala de aula durante a aplicação do módulo didático compromete o processo ensino-aprendizagem, uma vez que o aluno perde a continuidade das atividades realizadas e das discussões para interpretação microscópica dos fenômenos observados durante as atividades de experimentação.

Outro fato que pode ter contribuído para o maior desinteresse dos alunos pelas aulas, pelas diferentes atividades propostas no módulo didático e pelo baixo desempenho na atividade avaliativa está vinculado à organização das médias bimestrais, em que ambas as turmas chegaram ao 4º. bimestre com grande número de alunos já aprovados ou precisando de pouca nota para atingir a média para a aprovação.

Como alternativa à problemática identificada, foi organizada uma atividade extraclasse com a presença dos alunos que não acompanharam a realização das atividades experimentais em sala de aula e de outros alunos interessados em participar novamente da realização dos experimentos e, principalmente, de auxiliar na construção dos equipamentos utilizados em cada atividade experimental. Os alunos interessados dividiram-se em quatro grupos, compostos por quatro a cinco alunos. A atividade extraclasse aconteceu no Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ) da Universidade de Brasília (UnB), com carga horária de três horas.

Os grupos de alunos envolveram-se na discussão dos conceitos químicos e na confecção de diversos materiais utilizados no desenvolvimento das atividades experimentais para o ensino de ligações químicas, como:

- aparato utilizado no experimento da condutividade elétrica;

- protótipo de alarme de incêndio utilizado no experimento da condutividade térmica e da dilatação;
- protótipo de motor elétrico utilizado no experimento do eletromagnetismo;
- modelos representacionais da estrutura da matéria utilizando palitos de dente e de churrasco e bolas de isopor de diferentes circunferências, tintas coloridas e massa de modelar coloridas.

Após o desenvolvimento dessa atividade extraclasse, foi possível observar que os alunos participantes mostraram-se mais motivados e interessados nas atividades realizadas em sala de aula. Acreditamos que proporcionar ao aluno momentos de aprendizagem fora da rotina escolar e aproximá-lo do ambiente de ensino e pesquisa característico da universidade permite a esse aluno refletir sobre as limitações e as potencialidades de suas escolhas quanto ao processo de construção do próprio conhecimento, na situação de aluno do Ensino Médio.

Questões que envolviam predominantemente as articulações CTS e EA e o desenvolvimento de estratégias didáticas diversificadas

Apesar de considerar a importância do conteúdo químico para a formação do estudante de Ensino Médio, apresentamos forte preocupação em aproximar o ensino de química da vivência cotidiana dos alunos, com vistas à formação da cidadania.

Na presente proposta didática, elaborada e implementada mediante um enfoque educativo e investigativo, buscamos estabelecer relações entre três perspectivas apontadas como necessárias ao ensino de Ciências atual, a Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), abordagens de problemas ambientais (Educação Ambiental - EA) e a experimentação investigativa.

Na avaliação da aprendizagem (ver Apêndice 5), duas questões (Questão 6 e Questão 7) foram elaboradas para o aluno expressar livremente sua opinião sobre a importância de ter estudado conteúdos de Química mediante o desenvolvimento de atividades experimentais demonstrativas-investigativas, com enfoque na abordagem CTS e EA.

Algumas das argumentações apresentadas pelos alunos para a Questão 6 foram transcritas e estão apresentadas abaixo:

“O experimento com o martelo e os três objetos ajudou a entender como ocorrem as ligações metálicas, etc. o vídeo explicou o que é um metal, o que ocorre nas metalúrgicas, explicou através de experiências que a ferrugem ocorre através do contato do metal com o ar e o sal.” (TAA-TC-A22)

“Durante todo o bimestre vimos todos os conteúdos acompanhados com experiências, vídeos, materiais que facilitaram todo o entendimento. Fomos ao Instituto de Química na UnB, fizemos modelos, alarmes, enfim, toda essa experiência foi muito positiva e importante para fixar o conteúdo. (...)” (TAA-TC-A09)

“Para mim, as aulas foram super importante não só para mim, para todos nós, onde conhecemos vários tipos de metais e suas propriedades que contem e suas importâncias e características para o seu uso no nosso cotidiano. O filme “Ferrugem” foi super interessante ao saber que a ferrugem prejudica tanto assim, as grandes obras em nossas cidades, se não cuidar, a ferrugem toma conta.” (TAA-TC-A11)

“Atividades experimentais demonstrativas, os famosos experimentos, são ótimos para o melhor entendimento da matéria, assim como o vídeo passado em sala, pois nos mostra exemplos, além de sair da rotina de quadro branco e caderno.” (TAA-TA-A20)

A partir da análise dessas respostas, constatamos que os alunos apresentaram argumentações favoráveis ao desenvolvimento de atividades experimentais demonstrativas, assim como ao uso de estratégias didáticas diversificadas, representadas pelo livro paradidático e o vídeo educativo, para a abordagem do conteúdo de ligações químicas, principalmente a ligação metálica.

Também, as argumentações apresentadas para a Questão 7 foram transcritas e estão apresentadas abaixo:

“Ao estudar os aspectos históricos de um determinado assunto o interesse aumenta e a pessoa tem mais curiosidade e procura saber mais sobre o assunto. Ao estudar os aspectos sociais, tecnológicos e cotidianos se adquire mais conhecimento e saberemos criar um dialogo, expressar opinião e isso nos ajudará em provas futuras de PAS e concursos.” (TAA-TC-A12)

“O avanço da tecnologia nos faz descobrir cada vez mais usos para as substancias (sic) encontradas na natureza, e esses novos usos fazem a tecnologia avançar cada vez mais. Esses avanços facilitam nossas vidas nas áreas de infra-estrutura, saúde, comunicação e tecnologia em geral.” (TAA-TC-A03)

“É muito importante você não saber apenas porque certa coisa existe, tem que ir mais além, saber: de onde veio, porque é assim, para que serve, ou seja, valores históricos, sociais, tecnológicos e cotidianos.” (TAA-TC-A18)

“É de muita importância o estudo destes conteúdos, pois eles estão relacionados a nosso cotidiano e que nos auxilia na formação acadêmica pois um dia usando os conteúdos estudados podemos encontrar soluções aos problemas do mundo.” (TAA-TC-A22)

“Decorar a matéria é fácil. Mas tudo o que é decorado é esquecido. Deve-se aprender a matéria. E para aprender é necessário entender. Todos os aspectos históricos, sociais, tecnológicos e cotidianos facilitam para o entendimento. Estudar não só a matéria, mas o contexto da matéria é importante.” (TAA-TC-A22)

“Se você estudar o que você não conhece, não sabe de onde vem, para que serve, qual a sua finalidade, no que ele te ajuda, fica difícil você aprender e esse estudar vira uma coisa sem sentido de ser abordado.” (TAA-TA-A13)

“É importante esses estudos para um conhecimento geral, saber um pouco de tudo é bom, e saber de química é ainda melhor pois a química tem participação direta em nosso dia a dia e saber química pode nos ajudar em coisas simples.” (TAA-TA-A26)

“Hoje em dia com todas essas transformações, históricas, sociais, tecnológicas e certamente no cotidiano, vimos que cada vez mais é importante estudarmos Química, pois em tudo ela se envolve. Podemos pegar pequenas coisas que depois de uma certa junção a outras transformamos e descobrimos algo muito interessante e que irá nos ajudar através do estudo desse experimento.” (TAA-TA-A31)

A análise das falas dos alunos aponta que a abordagem contextualizada, viabilizando a discussão com enfoque no contexto social, histórico, tecnológico e ambiental é valorizada pelo aluno e promove de forma significativa sua motivação e envolvimento durante o processo ensino-aprendizagem.

De modo geral, o ensino com enfoque CTS e a EA é uma tarefa ainda incipiente. No entanto, ao considerar os diferentes pontos de vista dos estudantes ao falar da experiência vivenciada, percebemos a relevância de uma abordagem contextualizada para explorar o conhecimento científico no âmbito da EA e das interações CTS.

5.3 Avaliação discente da proposta didática vivenciada

Ao final da aplicação da proposta didática, os alunos foram convidados a responder dois questionários avaliativos, que tinham por objetivo investigar a percepção dos alunos sobre o próprio aprendizado (ver Apêndice 6) e para avaliar as atividades que foram desenvolvidas mediante o uso dos diferentes recursos didáticos e as diferentes estratégias avaliativas utilizadas de acordo com os critérios estabelecidos (ver Apêndice 7).

A análise do questionário para apresentação discente (ver Apêndice 1) permitiu a caracterização do aluno com relação a seus hábitos de estudo, seu interesse em estudar Química e, principalmente, sua avaliação da proposta aplicada.

Diferentemente do que se esperava, os estudantes não tinham o hábito de levar o livro didático para a escola e se utilizavam mais das anotações em caderno para estudarem os conceitos de Química do que do livro didático, mesmo que todos tenham recebido o livro por meio do Programa Nacional do Livro Didático para o ensino médio (PNLEN). Além disso, confirmaram não ser constante dedicar um período para estudar Química em casa.

Ao serem questionados sobre a atividade e as estratégias didáticas realizadas que mais os agradaram, os estudantes apontaram, preferencialmente, as atividades experimentais, que

também foram pontuadas como a mais significativa para o aprendizado do conteúdo de ligações químicas. A atividade extraclasse realizada no LPEQ/UnB também foi citada por um número considerável de alunos.

Já quando solicitado aos estudantes uma avaliação da atividade didática que menos o agradou, os estudantes da turma 2C consideraram o teste avaliativo (TAA). Contudo, alguns estudantes da turma 2A pontuaram o uso diário de aula.

Com relação a esse dado, consideramos que a colocação do conteúdo no diário de aula precisa ser repensada, pois não foi bem dimensionada para o tempo da aplicação do módulo didático. No entanto, com as anotações do diário de aula percebemos a grande dificuldade dos alunos em saírem do nível macroscópico para o nível microscópico. Além disso, percebemos que no diário de aula os alunos reproduziram com frequência as falas da professora, mas não acrescentaram considerações que apontem para a compreensão e na forma como organizam o pensamento em relação ao conteúdo.

A aplicação dos questionários possibilitou ao aluno refletir sobre o processo de ensino-aprendizagem vivenciado e apontar suas percepções sobre o trabalho desenvolvido. De acordo com o posicionamento apresentado pelos alunos quanto à prática educativa elaborada, foi possível perceber que o trabalho realizado junto às duas turmas da 2ª. série colaborou positivamente para a motivação dos alunos durante o processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O contexto em que se desenvolve o processo ensino-aprendizagem contempla inúmeros fatores estruturantes. A ampla reflexão sobre aprender e ensinar não deve limitar-se apenas aos resultados obtidos pelos estudantes nas avaliações formais, mas deve considerar todas as relações estabelecidas entre escola, professores, alunos, conteúdo, metodologias de ensino, recursos didáticos e estratégias avaliativas. Não se pode desprezar também as condições externas ao ambiente escolar, às quais estão submetidas os envolvidos em tal processo.

Para tornar a compreensão desse conteúdo científico mais acessível ao aluno e promover uma aprendizagem significativa e o desenvolvimento de competências pelos estudantes, o professor precisa fazer algumas adaptações necessárias à sua abordagem em sala de aula. Tais adaptações devem buscar uma melhor eficiência no processo ensino-aprendizagem, de modo que a apresentação do conhecimento científico ocorra mediante sua articulação com outros saberes necessários à construção do conhecimento escolar.

A elaboração deste módulo didático buscou apontar uma nova abordagem para o conteúdo de ligações químicas, em especial, ligação metálica. O estudo foi centrado na articulação do conhecimento científico e do cotidiano e, como isso influencia no desenvolvimento do pensar químico do educando, sem exigir a memorização e outros artifícios para a resolução das questões problematizadoras e das atividades avaliativas.

A abordagem do conteúdo de ligações químicas, com maior ênfase na ligação metálica, ocorreu mediante a utilização de diferentes estratégias didáticas, sobretudo atividades experimentais com enfoque nas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e os aspectos ambientais – Educação Ambiental (EA).

Tivemos sempre presente, durante a implementação do módulo didático, que dada a complexidade do conteúdo de ligação química, tínhamos um desafio pela frente. No entanto, consideramos que esse conteúdo se compreendido, respeitando as especificidades do nível médio de ensino, será de grande importância para vida de nossos alunos, pois está relacionado ao uso de metais, suas ligas e outros materiais em diversos segmentos e atividades da vida do homem moderno. Os conteúdos de ligações, principalmente da ligação metálica, ocupa um espaço restrito nos livros didáticos e, conseqüentemente, na abordagem realizada pelos professores em sala de aula.

As atividades de ensino aplicadas durante as aulas permitiram a discussão do conhecimento químico vinculado à atual diversidade e complexidade dos materiais que nos cercam, contribuindo significativamente com o processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas.

A utilização de diferentes recursos didáticos (livro didático, vídeo educativo e paradidático) foi avaliada pelos alunos e apontada pela maioria como fator de motivação, pois os levaram a pensar criticamente, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos a novas situações vinculadas, sobretudo às questões sociais, econômicas, tecnológicas e ambientais. Verificamos que o conjunto de atividades desenvolvidas foi instrumento valioso na elaboração de um diagnóstico sobre as concepções (adequadas ou não) dos alunos. As atividades experimentais de cunho demonstrativo-investigativo proporcionaram uma atuação mais dinâmica dos envolvidos, possibilitando a participação de todos nas discussões conduzidas pela professora e, por isso, consideramos que foram o ponto alto da proposta. Segundo alguns alunos, essas atividades permitiram a exposição de suas próprias ideias, ao invés de simplesmente declarar algo que o professor espera que seja declarado.

O uso da experimentação investigativa completamente vinculada à teoria envolveu o aluno cognitivamente por meio da observação, análise e discussões das propriedades das substâncias químicas a partir dos fenômenos explorados e dos resultados obtidos nas atividades realizadas. Ao longo do processo, observamos que os estudantes apresentaram melhora na compreensão das propriedades das substâncias químicas, em especial, dos metais.

Comumente, observa-se que o tempo disponível para o desenvolvimento do conteúdo de ligações químicas no Ensino Médio costuma ser extremamente reduzido, e a ênfase dada às ligações iônicas e covalentes é consideravelmente superior, quando comparada ao ensino da ligação metálica.

Na perspectiva de romper com essa restrição de tempo, a aplicação de todas as atividades planejadas para o módulo didático aconteceu em sua totalidade ao longo de onze semanas. Considerando que o mesmo foi desenvolvido durante o quarto e último bimestre letivo e que só houve limitação no tempo, em função de aspectos do contexto escolar (atividade cultural e manifestação política), julgamos que o número de atividades poderia ser menor e, por isso, para a confecção do módulo didático, priorizamos aquelas atividades que ponderamos ser de maior relevância.

Fazendo uma análise dos dados coletados junto aos alunos, destacamos a necessidade de dedicar um maior número de aulas para a exploração de determinados conteúdos de

ligações químicas para reforçarmos o nível de aprofundamento nas argumentações e análises dos fenômenos por parte dos alunos e superar as dificuldades apresentadas na apreensão dos conhecimentos. Ressaltamos que a maioria dos estudantes, envolvidos no processo vivenciado, mostrou maior desenvoltura para explicar macroscopicamente os fenômenos, entretanto apresentou dificuldade no domínio dos conceitos químicos e, conseqüentemente, nas interpretações microscópicas. Além disso, alguns alunos mostraram também certa dificuldade com o uso da linguagem química.

Os resultados obtidos a partir das avaliações formais realizadas no início e ao final do módulo apontaram uma melhora no que diz respeito à aprendizagem dos conteúdos. Considerando as dificuldades e as concepções alternativas mais comumente apresentadas pelos alunos durante o processo ensino-aprendizagem de ligações químicas, julgamos que a escolha das estratégias didáticas foi positiva, mas identificamos algumas falhas e a necessidade de adequação das mesmas para uma nova aplicação dessa proposta.

A elaboração deste módulo didático e sua aplicação em situação real de sala de aula permitiram constante reflexão sobre minha prática docente. Da minha experiência e vivência acadêmica percebi que os melhores professores talvez não sejam aqueles que tenham completo domínio do conteúdo a ser ministrado, nem das estratégias de ensino mais refinadas, tampouco os que utilizam dos recursos didáticos mais sofisticados da atualidade, mas os que entram na sala de aula cheios de entusiasmo, boa vontade, propostas de ensino diversificadas, sabedoria para promover discussões e humildade para aprender. Foi uma experiência gratificante, mas destaco que houve momentos de insegurança, dificuldade quanto ao conteúdo, medo de estabelecer relação de menor ou maior autoridade, comprometendo a relação com os alunos. O fato de não ser do quadro permanente da escola dificultou uma interação mais efetiva com a comunidade escolar, o que tem impacto nas atividades diárias.

Ao terminar este estudo, compreendemos melhor o papel do professor na promoção do ensino de ligações químicas no Ensino Médio com qualidade. Dessa maneira, os resultados obtidos nesse trabalho buscam fornecer significativa contribuição para outros professores e futuros professores. Espera-se que os dados apresentados possam contribuir para o planejamento e a execução de ações pedagógicas e metodológicas do professor na busca para superar as dificuldades apresentadas pelos alunos e, conseqüentemente, colaborar para tornar o processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas mais significativo, até por estar vinculado às vivências cotidianas do estudante.

Neste trabalho, vemos como perspectiva de continuidade a elaboração de atividades avaliativas diferenciadas, que trabalhem de forma mais coesa questões relacionadas com o

cotidiano do aluno, em que os conceitos químicos trabalhados possam ser exigidos na resolução de problemas. Para promover uma atualização das abordagens CTS e de EA, penso que é pertinente inserir textos sobre aplicação dos metais e suas ligas em catalisadores e em aparelhos eletrônicos mais modernos (celulares, computadores, MP3, i-pods, i-phones etc.), possibilitando a discussão de problemas ambientais causados pela disposição inadequada do lixo eletrônico. Com isso, abre-se também a possibilidade de se discutir os caminhos e descaminhos das práticas de consumo e da propaganda, como ferramenta de controle político e sócio-econômico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JR., J. B. A evolução do ensino de Física no Brasil. **Revista de Ensino de Física**, v. 2, n. 1, p. 55-73, fev. 1980.
- ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 8-11, nov. 2006.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.
- BANDEIRA, N. A. G. **Sobre a natureza da ligação química**: Perspectiva histórica sobre o desenvolvimento das teorias da ligação química. [s/d]. Disponível em: <<http://dequim.ist.utl.pt/lq/alquim/Ensino/Cadeiras/Ano3/Sem2/HFC/BandeiraValencia.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2010.
- BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996.
- BASSALO, J. M. F. A crônica da Física do Estado Sólido: I. Do tubo de Geissler às válvulas a vácuo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 1-4, p. 127-138. 1993a.
- _____. A crônica da Física do Estado Sólido: II. Teoria dos Metais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 1-4, p. 139-152. 1993b.
- _____. A crônica da Física do Estado Sólido: III. Teoria de Bandas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 16, n. 1-4, p. 63-75. 1994.
- BELTRAN, N. O.; LIEGEL, R. M. **Química: Ensino Médio**. v. 2. Brasília: CIB – Cisbrasil. 2008.
- BELTRAN, N. O.; LIEGEL, R. M.; NERY, A. L. P. **Química: Ensino Médio**. v. 3. Brasília: CIB – Cisbrasil. 2007.
- BERGOLD, A. W. B.; VIZCARRA, V. E. Anistia da física experimental no ensino médio: iniciando um laboratório didático de física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2005. **Anais...** Disponível em: www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0489-1.pdf
- BEZERRA, A. S.; SILVA, R. R. Ligações químicas: As primeiras teorias. **Educación Química**, v. 12, n. 3, p. 179-183, julio 2001.
- BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 03-09, maio 2000.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 194-223, ago. 2007.

BRASIL. Distrito Federal. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo da Educação Básica das Escolas Públicas do Distrito Federal**: ensino médio. 2.ed. Brasília: Subsecretaria de Educação Pública, 2002a. 294p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**: Bases Legais. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999a.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999b.

_____. Ministério da Educação. **PCN+ do Ensino Médio**: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002b. p. 87-111. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br>> Acesso em: 10 agosto 2009.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Educação. **Programa Nacional de Educação Ambiental - ProNEA**. 3. ed. Brasília: MMA/MEC, 2005.

_____. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. v. 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação a Distância. Programa TV Escola. **Materiais e suas propriedades**: Ferrugem (19 min, 5 s). Vídeo 75 min, 45 s, son., color, BBE. 1997. Tradução da edição da Channjel 4 Learning, Grã-Bretanha. s/d. Disponível em: <<http://tvescola.mec.gov.br/>>. Acesso em 20 jun. 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. Rede Interativa Virtual de Educação – RIVED. Universidade de Uberlândia (UFU). Química. **Condutividade - Guia do professor**. s/d. Disponível em: <http://www.rived.ufu.br/objetos/quimica/condutividade/GuiaCondutividade.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2010.

BRAVO, M. Y. R.; VERGARA, E. G. Gilbert Newton Lewis. **Educación Química**, v. 15, n. 1, p. 82-83, enero 2004.

BROWN, T. L.; LEMAY, E. H.; BURSTEN, B. E. **Química, a Ciência Central**. Tradutor Robson Matos, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BROWN, L. S.; HOLME, T. A. **Química Geral aplicada à Engenharia**. Tradutor: Maria Lúcia Godinho de Oliveira. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

BUENO, L.; MOREIA, K. C.; SOARES, M.; DANTAS, D. J.; WIEZZEL, A. C. S.; TEIXEIRA, M. F. S. **O ensino de química por meio de atividades experimentais: a**

- realidade do ensino nas escolas.** 2007. Disponível em: <<http://www.unesp.br/prograd/...%20Encontro%20de%20Ensino/T4.pdf>>. Acesso em: 30 ago 2009.
- CANTO, E. L. **Minerais, Minérios, Metais: De Onde Vêm? Para Onde Vão?**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004 (Coleção Polêmica).
- CARLOS, J. G. **Interdisciplinaridade no Ensino Médio: desafios e potencialidades.** Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Brasília, 2007.
- CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Thomson Learning, 2004.
- CARVALHO, N. B.; JUSTI, R. S. Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. **Enseñanza de las ciencias**, número extra. VII CONGRESO. 2005.
- CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHAMIZO, J. A.; GUTIÉRREZ, M. Y. Conceptos fundamentales em Química: Valencia. **Educación Química**, v. 15, n. E, p. 359-365, sept 2004.
- CHASSOT, A. I. **Catalisando Transformações na Educação.** Ijuí: Unijuí, 1993.
- CHASSOT, A. I. **Educação ConSciência.** Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2003.
- CHASSOT, A. I. Uma história da educação química brasileira: sobre seu início discutível apenas a partir dos conquistadores. **Episteme**, v.1, n. 2, p. 129-145, 1996. Disponível em: <<http://www.ilea.ufrgs.br/episteme/portal/index.php>> . Acesso em: 10 set 2009.
- COSTA-BEBER, L. B.; MALDANER, O. A. Níveis de significação de conceitos e conteúdos escolares químicos no ensino médio: compreensões sobre ligações químicas. **Vidya**, v. 29, n. 2, p. 97-114, jul./dez. 2009.
- DE POSADA, J. M. Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. **Enseñanza de las Ciencias**, n. 17, v. 2, p. 227-245, 1999.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do Ensino de Ciências.** São Paulo: Cortez, 1990.
- DIAS, J. J. C. T. O ensino experimental em Química. In: PORTUGAL, Ministério da Educação, Departamento de Ensino Secundário. **Comunicar Ciência.** Ano 1, n. 1, 1998. Disponível em: <http://dgide.min-edu.pt/public/ciencias/publicacoes_boletim_01.pdf> . Acesso em: 01 ago 2009.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31-40, maio 1999.

EVANGELISTA, J. S. **Materiais e suas propriedades como contexto no ensino de Ligações Metálicas**. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: < http://www.cecimig.fae.ufmg.br/wp-content/uploads/2007/10/Monografia_jaqueline.pdf>. Acesso em: 28 mar 2010.

FANTINI, L. **Testador de condutividade**. 2009. Disponível em: <<http://pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=213&TESTADOR+DE+CONDUTIVIDADE>>. Acesso em: 23 fev. 2010.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO Jr., C. A. C. O ensino e aprendizagem de ligação química em periódicos nacionais e internacionais. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 5., 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE (org.), 2010. Disponível em: < <http://www.sigeventos.com.br/jepex/inscricao/resumos/0001/R0115-2.PDF>>. Acessado em: 02 dez 2010.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 20-24, nov. 2006.

FERREIRA, G. A. L.; MÓL, G. S.; SILVA, R. R. Criogenia e Supercondutividade. **Química Nova na Escola**, n. 03, p. 08-10, maio 1996.

FREITAS, D. S. Ruptura entre o conhecimento popular e o conhecimento científico na história das classificações botânicas. **Ciência e Ensino**, n. 8, p. 7-9, jun. 2000.

GALIAZZI, M. C. Seria tempo de repensar as atividades experimentais no ensino de Ciências?. **Educação**, ano XXIII, n.40, PUCRS, p.87-111, 2000.

GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivo das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p. 249-263, 2001.

GARRITZ, A.; RINCÓN, C. Valencia y números de oxidación. Corolário para docentes. **Educación Química**, v. 8, n. 3, p. 130-140, julio 1997.

GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofia de las ciências al desarrollo de um modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 02, p.197-212, 1993.

GONÇALVES, F. P. **O Texto de Experimentação na Educação em Química: Discursos Pedagógicos e Epistemológicos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Florianópolis, 2005.

GREENBERG, A. **Uma breve história da Química da alquimia às ciências moleculares modernas**. Tradução da 1ª ed.: Henrique Eisi Toma; Paola Corio; Viktoria Klana Lakatos Osório. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Leituras de Física: Eletromagnetismo**. v. 3. São Paulo: EDUSP. 1998. p. 53-76. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro3.pdf>>. Acesso em: 28 maio de 2010.

HERNANDES, L. C. **Atividades Experimentais no Ensino da Física Moderna e a Prática Pedagógica de Professores**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Educação. Santa Maria, 2002.

HERNANDES, L. C.; CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. **Uma atividade experimental de roteiro aberto partindo de situações do cotidiano**. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epenf/viii/PDFs/PA1_13.pdf>. Acesso em: 15 jan 2010.

HODSON, D. Hacia um trabalho más crítico del trabalho de laboratório. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 248-273, dez. 1996.

LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar em química - processo de mediação didática da ciência. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 563-568. 1997.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

MACHADO, R. **Ciência e saber**. Rio de Janeiro: Graal, 1981.

MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. **Química, um curso universitário**. Tradução da 4. ed. americana. 4. reimp. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1982.

MELO, A. C. S. **Contribuições da epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução dos conceitos da óptica**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Florianópolis, 2005.

MORAES, R.; RAMOS, M. G.; GALIAZZI, M. C. **Pesquisar e aprender em Educação Química: Alguns pressupostos teóricos**. 2004. mimeo. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~adelauxen/textos/pesquisareaprender.pdf>>. Acesso em: 04 abril 2010.

MORAES, S. C. Conhecimento escolar, conhecimento cotidiano e práticas pedagógicas. **Revista Educação a Distância e Práticas Educativas Comunicacionais e Interculturais**, n. 1, p. 1-8, ago. 2009.

MOREIRA, A. F. B.; CANDAU, V. M. **Indagações sobre currículo: currículo, conhecimento e cultura**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2007.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. Publicada nas Atas desse Encontro, p. 33-45. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>>. Acesso em: 01 jun 2009.

MOREIRA, M. A. **Subsídios metodológicos para o professor pesquisador em ensino de ciências**: aspectos metodológicos. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios10.pdf>>. Acesso em: 02 fev 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000. 383p. (Aprender).

MORTIMER, E. F.; MÓL, G. S.; DUARTE, L. P. Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciência. **Química Nova**, v. 17, n. 3, p. 243-252, maio 1994.

NARDI, R. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física. **Investigação em ensino de ciências**, v. 10, n. 1, mar 2005. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10_n1_a4.htm>. Acesso em: 25 agosto 2009.

NASCIMENTO, M. A. C. The Nature of the Chemical Bond. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 19, n. 2, p. 245-256, 2008.

OSÓRIO, M. M. J. P. **Ligações inter e intramoleculares: perspectivas de ensino/aprendizagem nos diferentes graus de ensino**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Aveiro, Portugal, 2005.

PÁDUA, E. M. M. **Metodologia da pesquisa**: abordagem teórico-prática. 10ª ed. rev. e atual. Campinas: Papirus, 2004. Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico.

PEREIRA JR., C. A.; AZEVEDO, N. R.; SOARES, M. H. F. B. Proposta de ensino de ligações químicas como alternativa a regra do octeto no ensino médio: diminuindo os obstáculos para aprendizagem do conceito. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15., 2010, Brasília. **Anais...** Brasília: SBQ, 2010.

PEREIRA, C. L. N. **A história da ciência e a experimentação no ensino de Química Orgânica**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Instituto de Física/Química. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Brasília, 2006. 194 p.

PETITAT, A. **Produção da escola/produção da sociedade: análise sócio-histórica de alguns momentos decisivos da evolução escolar no ocidente**. Porto Alegre: Artmed, 1994.

PIERSON, A. H. C.; KASSEBOEHMER, A. C.; DINIZ, A. A.; FREITAS, D. Abordagem CTS na perspectiva de licenciados de Química. **Ciência & Ensino**, v. 1, número especial, nov. 2007.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: _____ (org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005. p. 9-32.

PONTONE JR., R. As atividades prático-experimentais em Ciências. **Presença Pedagógica**, v. 4, n. 24, p. 71-75, nov./dez. 1998.

QUEIROZ, A. S. **Contribuições do ensino de ligação iônica baseado em modelagem ao desenvolvimento da capacidade de visualização**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação. Belo Horizonte, 2009.

RIBOLDI, L.; PLIEGO, O.; ODETTI, H. El enlace químico: una conceptualización poco comprendida. **Enseñanza de las Ciencias**, n. 22, v. 2, p. 195-212, 2004.

RINCÓN, L. **Enlace químico**. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Laboratorio de Organometálicos. Venezuela: VII Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química, 2005.

ROCHA-FILHO R. C. Polímeros condutores: descobertas e aplicações. **Química Nova na Escola**, n. 12, p. 11-14, nov. 2000.

SANTOS, W. L. P.; GALIAZZI, M. C.; PINHEIRO Jr. E. M.; SOUZA, M. L.; PORTUGAL, S. O enfoque CTS e a Educação Ambiental: Possibilidade de “ambientalização” da sala de aula de Ciências. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 131-157.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SANTOS; W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, dez. 2002.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química e Sociedade**. São Paulo: Nova Geração. Volume único. 2005.

SCRIPTORI, C. C. Conhecimento escolar, modelos organizadores de pensamento e docência. In: _____. **Universidade e Conhecimento: desafios e perspectivas no âmbito da docência, pesquisa e gestão**. Campinas: Editora Mercado de Letras, 2004. cap. 5, p. 65-84.

SILVA, R. R. **Ligações Químicas: uma proposta de ensino**. Material didático da disciplina de Experimentação no Ensino de Química (Graduação) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, s/d.

SILVA, D. C.; QUADROS, A. L.; AMARAL, L. O. F. Os metais e a ligação metálica na dinâmica dos livros didáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/246.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2010.

- SILVA, J. I.; MOREIRA, E. M. S. Saber cotidiano e saber escolar: uma análise epistemológica e didática. **Revista Educação Pública**, Cuiabá, v. 19, n. 39, p. 13-28, jan./abr. 2010.
- SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. (org.). In: **Ensino de ciência: fundamentos e abordagens**. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora, p. 120-153, 2000.
- SILVA, R. R.; BAPTISTA, J. A.; FERREIRA, G. A. L. **O que é a Química e o que um químico faz**. Notas de aula - Material didático da disciplina de Experimentação no Ensino de Química (Graduação) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 231-261.
- SILVA, R. R.; ROCHA-FILHO, R. C.; TUNES, E.; TOLENTINO, M. Ensino de conceitos em química: II – Matéria: um sistema conceitual quanto à sua forma de apresentação. **Ciência e Cultura**, v. 38, n. 12, p. 2028-2030, dez. 1986.
- SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R.; LAMAS, M. F. P. A estratégia “Laboratório Aberto” para a construção do conceito de temperatura de ebulição e a manifestação de habilidades cognitivas. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 3, p. 200-207, 2010.
- TABER, R. Mediating mental models of metals: acknowledging the priority of the learner’s prior learning. **Science Education**, v. 87, n. 5, p. 732-758, 2003.
- TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO R. C. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 35-39, maio 2000.
- TOMA, H. E. Ligação Química: abordagem clássica ou quântica?. **Química Nova na Escola**, n. 6, p. 8-12, nov. 1997.
- TUNES, E. SILVA, R. R., CARNEIRO, M. H. S., BAPTISTA, J. A. O Professor de ciências e a atividade experimental. **Linhas Críticas**, v. 5, n. 9, p. 59-66, jul-dez. 1999.
- WANG, A. e MARSH, D. D. Science instruction with humanistic twist: teachers’ perception and practice in using the history of science in their classrooms. **Science & Education**, n. 11, p. 169-189, 2002.
- WEISSMANN, H. O laboratório escolar. In: Weissmann, H. (org.). **Didática das Ciências Naturais: contribuições e reflexões**. Porto Alegre: ArtMed, 1998. p. 231- 238.
- ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICE

Apêndice 1 - Questionário para apresentação discente**QUESTIONÁRIO PARA APRESENTAÇÃO DISCENTE**

Caro aluno

Gostaríamos de conhecer sua relação com o conhecimento químico e, para tanto, gostaríamos que respondesse às seguintes questões:

- a) Qual turma você está? 2º série Turma ____
- b) Era aluno do CEAN em 2009? ____sim ____não
- c) Possui livro didático de Química? ____sim ____não
- d) Você traz o livro para a escola regularmente? ____sim ____não
- e) Você tem como hábito estudar Química no período em que não está na escola? __ S __N
- f) Você tem como hábito estudar Química pelo livro didático? __S __N. Pelo caderno? _ S _ N
- g) Qual do(s) assunto(s) relacionado(s) à disciplina de Química, qual mais lhe interessa(m)?

Apêndice 2 - Termo de Consentimento da Diretoria da Escola

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, diretor do (a) _____, localizado na (o) _____, na cidade de Brasília/DF, declaro que **concordo** com a implementação das atividades de pesquisa desenvolvidas no âmbito do projeto de mestrado intitulado “Ligação Metálica: uma proposta de material didático de apoio ao professor em sala de aula”, de autoria de Elisangela Pariz, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, e orientado pela professora Dr^a. Patrícia Fernandes Lootens Machado, docente do Instituto de Química da Universidade de Brasília. Declaro que fui satisfatoriamente esclarecido(a) sobre o fato de que: a) serão aplicados instrumentos de coleta de dados e de avaliação, objetivando estudar a contribuição das Atividades Didáticas elaboradas para a melhoria do processo ensino-aprendizagem sobre o conteúdo proposto; b) as informações fornecidas pelos alunos do estabelecimento de ensino do qual sou responsável administrativamente serão utilizadas para a elaboração da dissertação de mestrado apresentada, cujos resultados serão divulgados em periódicos da área de Educação, preservado o anonimato; c) serei informado(a) de todos os resultados obtidos; d) posso consultar a autora do projeto ou sua orientadora, em qualquer época, pessoalmente ou por telefone, para solucionar qualquer dúvida sobre o desenvolvimento das atividades do projeto; e) não terei quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes desta pesquisa.

E, por estar de acordo, firmo o presente.

_____, ____ de _____ de 2010.

Diretor

Orientador do Projeto

OBS:

Este termo apresenta duas vias, uma destinada ao Diretor do Centro Educacional e a outra ao orientador do projeto de mestrado.

Apêndice 3 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido por parte dos alunos

AUTORIZAÇÃO E TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____, domiciliado à _____, legalmente responsável pelo(a) aluno(a) _____, matriculado(a) na _____ (série), do _____ (nível de ensino), no turno da _____, da _____ (nome da escola), declaro que autorizo e concordo com a participação de _____ (nome do aluno) como colaborador(a) voluntário(a) das atividades de pesquisa desenvolvidas no âmbito do projeto de mestrado intitulado “**Ligação Metálica: uma proposta de material didático de apoio ao professor em sala de aula**”, coordenado pela professora Dr^a. Patrícia Fernandes Lootens Machado e de autoria de Elisangela Pariz, aluna no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) do Instituto de Química da Universidade de Brasília. Declaro que fui satisfatoriamente esclarecido(a) sobre o fato de que: a) a atividade extraclasse será avaliativa – Valor: 1,0 (adicional na nota do 4º. Bimestre); b) a participação na atividade extraclasse será voluntária; c) o aluno será responsável pelo seu deslocamento até o Instituto de Química na UnB; d) o aluno será responsável pelas despesas de transporte e alimentação; e) serão realizadas imagens das atividades didáticas realizadas; f) as informações por mim fornecidas serão utilizadas na elaboração da pesquisa de mestrado acima citada, cujos resultados serão divulgados em periódicos da área de Educação; g) não terei quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes desta pesquisa.

E, por estar de acordo, firmo o presente.

_____, _____ de _____ de 200_____.

Voluntário(a) ou responsável legal

Elisangela Pariz e/ou Patrícia F. L. Machado
(PPGEC/IQ/UnB)

Apêndice 4 – Planejamento do módulo didático com base na dinâmica básica dos Três Momentos Pedagógicos (TMP) (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990)

Atividades experimentais para aulas de ligações covalentes, iônicas e metálicas

Unidade didática	MP	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
Unidade 1	PI	<p>A ciência Química e os materiais</p> <p>QP1: Você já deve ter observado a grande quantidade de objetos e materiais ao nosso redor. Agora, observe os seguintes objetos e/ou materiais: água destilada, água da torneira, álcool, água sanitária, sal de cozinha/sal grosso, açúcar, gesso, bicarbonato de sódio, vela, borracha, colher de plástico, colher de metal, colher de madeira. Apresente uma sugestão de como podemos classificar esses objetos e/ou materiais de acordo com suas similaridades, diferenças ou utilidade. Justifique sua resposta.</p> <p>QP2: De acordo com a classificação proposta para a QP1, estabeleça relações entre o uso desses objetos e/ou materiais, suas propriedades e o tipo de matéria que cada um é constituído? Justifique sua resposta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir o papel da Química e sua importância para o desenvolvimento científico, tecnológico e social, articulado a aspectos ambientais. • Caracterizar os objetos ou porções de matéria de acordo com suas diferenças e similaridades. • Mostrar que as substâncias são caracterizadas por propriedades específicas e se comportam de maneira diferente nos materiais em que fazem parte. 	<p>Professor (P): Dividir a turma em grupos de 3 ou 4 alunos por afinidade, que se manterão durante todo este trabalho.</p> <p>P: Dispor diversos materiais em sala de aula, como por exemplo: água destilada, água da torneira, álcool, água sanitária, sal de cozinha/sal grosso, açúcar, gesso, bicarbonato de sódio, vela, borracha, colher de plástico, colher de metal, colher de madeira. P: Apresentar para os grupos as questões problematizadoras QP1 e QP2.</p> <p>Aluno(A): Discutir e responder as questões apresentadas (QP1 e QP2).</p> <p>A: Apresentar as respostas de cada pequeno grupo (PGr) para o grande grupo (GGr).</p> <p>P: Orientar as discussões e a elaboração de uma síntese para as questões abordadas.</p>	2 aulas (45min cada)

Unidade didática	MP	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
Unidade 2	OC	<p>Caracterizando materiais e substâncias</p> <p>Conteúdo: Matéria, material e substância</p> <p><u>Atividade experimental</u></p> <p>“Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?”</p>	<ul style="list-style-type: none"> Identificar materiais/substâncias condutores e isolantes mediante o desenvolvimento de atividade experimental sobre condutividade elétrica. Diferenciar e definir o conceito de matéria, material, substância. 	<p>P: Realizar o experimento sobre condutividade elétrica.</p> <p>A: Observar a realização do experimento, anotar os resultados obtidos e as observações feitas.</p> <p>P: Conduzir as discussões, entre o GGr, sobre o fenômeno observado.</p> <p>P/A: Leitura do texto de apoio “Caracterizando materiais e substâncias” em GGr.</p>	4 aulas (45min cada)
		<p>Investigando os diferentes tipos de substância</p> <p>Conteúdo: Substâncias iônicas, covalentes, moleculares e metálicas</p> <p>Representação estrutural das substâncias iônicas, moleculares e metálicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> Relacionar a capacidade de conduzir corrente elétrica das substâncias com um modelo microscópico da matéria. Definir substâncias iônicas, covalentes, moleculares e metálicas. Compreender os conceitos de íon, cátion e ânion. Entender os conceitos de ionização e dissociação iônica. Diferenciar condutores, semicondutores e isolantes. 	<p>P: Leitura e discussão do texto de apoio “Investigando a estrutura das substâncias”.</p> <p>A: Resolução de questões abertas e fechadas (agregar informações sobre cada um dos grupos de substâncias e relacionar com a condutividade elétrica)</p> <p>A: Discussão em GGr das questões propostas.</p> <p>P/A: Discussão em GGr de questões ambientais – Reuso e reciclagem dos materiais.</p>	
Unidade 3		<p>Como se ligam os átomos e as moléculas?</p> <p>Conteúdo: Ligações iônica, covalente e metálica</p> <p>Representação do modelo de ligação iônica, covalente e metálica</p> <p><u>Atividade experimental</u></p> <p>“O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?”</p>	<ul style="list-style-type: none"> Definir os diferentes tipos de interação química de acordo com a maleabilidade dos diferentes sólidos. Relacionar os tipos de ligação química apresentados com as propriedades periódicas dos elementos, como potencial de ionização e afinidade eletrônica. 	<p>P: Realizar o experimento para investigar o tipo de ligação química ocorre no cristal de sulfato de cobre, na vela e na lâmina de cobre.</p> <p>A: Observar a realização da atividade e anotar os resultados obtidos e as observações feitas.</p> <p>P: Conduzir as discussões, entre o GGr,</p>	6 aulas (45min cada)

Unidade didática	MP	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
			<ul style="list-style-type: none"> • Compreender os fundamentos dos modelos de ligações metálica, iônica e covalente. 	<p>sobre o fenômeno observado.</p> <p>P: Abordar os conceitos de ligações iônicas e covalentes fazendo uso do livro didático (SANTOS; MÓL, 2005). Abordar o conceito de ligação metálica a partir da definição proposta no texto de apoio intitulado “Ligação metálica”.</p> <p>A: Resolução de questões abertas e fechadas elaboradas pela professora.</p> <p>A: Discussão em GGr das questões abertas e fechadas.</p>	
Unidade 4		<p>Metais e suas propriedades</p> <p>Metais: De onde vêm? Para onde vão?</p> <p>Conteúdo: Minerais e minérios Metais e ligas metálicas Metalurgia e corrosão Reação de óxido-redução</p> <p><u>Atividades experimentais</u> “Combustão de uma fita de magnésio” “Corrosão uma oxidação indesejada” “Metal de sacrifício”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer que a maior parte dos metais ocorre na natureza combinado com outros elementos, formando os minerais; • Distinguir minério de um mineral em termos da abundância suficiente de metal que, no primeiro, permite a sua exploração econômica; • Conhecer a evolução de alguns processos de extração mineira e das condições de segurança, bem como dos impactos ambientais associados (durante e após a extração); • Relacionar metalurgia com a ciência e a tecnologia de produção de metais a partir dos seus minérios e ainda a produção de ligas metálicas; 	<p>P: Apresentar diferentes tipos minérios e metais e questionar sua composição, obtenção, utilização e importância.</p> <p>P/A: Leitura e discussão dos textos “Minerais, minérios e metais” e “O que é metalurgia?” do livro paradidático “Minerais, minérios e metais: De onde vêm? Para onde vão?” (CANTO, 2004).</p> <p>P: Realizar três experimentos para demonstrar o fenômeno da oxidação de metais.</p> <p>A: Observa a realização dos experimentos e faz suas anotações.</p> <p>P: Abordar os conceitos de reações de oxidação-redução com base no livro didático usado na escola (SANTOS; MÓL, 2005).</p>	8 aulas (45min cada)

Unidade didática	MP	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
			<ul style="list-style-type: none"> • Associar a transformação de minérios em metais a um processo de oxidação-redução; • Entender o conceito de reação de óxido-redução e perceber sua ocorrência em diversos fenômenos naturais e a partir da ação humana; • Identificar agente oxidante e redutor e o número de oxidação; • Identificar os processos de corrosão como processos redox espontâneos; • Reconhecer e compreender os principais métodos de proteção de metais contra a corrosão. 	<p>P: Apresentar o vídeo educativo sobre “Ferrugem” produzido pela TV Escola. Articular a discussão entre os grupos e realizar uma síntese sobre os conceitos abordados no vídeo.</p>	
Unidade 4		<p>Metais e suas propriedades</p> <p>Conteúdo: Ligação metálica Condutividade térmica dos metais Dilatação dos sólidos metálicos Estrutura de sólidos metálicos Espaços vazios em sólidos metálicos</p> <p><u>Atividade experimental</u> “Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer a ligação metálica como resultado da interação entre os átomos metálicos da rede cristalina tridimensional; • Associar a ocorrência de ligação metálica entre átomos que apresentam, simultaneamente, baixa energia de ionização, vários orbitais de valência vazias e um número de elétrons de valência menor que o número de orbitais de valência; • Interpretar as propriedades características dos metais, como brilho, maleabilidade, ductilidade, condutibilidade térmica e elétrica, dilatação e reações de oxidação, com base na interação entre os 	<p>P: Retomar a discussão sobre a obtenção dos metais, com enfoque no alumínio.</p> <p>P: Iniciar o experimento da dilatação dos sólidos metálicos utilizando a pergunta problematizadora.</p> <p>P: Apresentar o “Anel de Gravesande” aos alunos e realizar a demonstração do experimento.</p> <p>P: Discutir sobre a ligação metálica e as propriedades dos diferentes metais, dentre elas a da dilatação dos sólidos metálicos, fazendo uso do texto de apoio sobre Ligação Metálica produzido para esta proposta didática.</p> <p>A: Em PGr os alunos irão propor um modelo explicativo para justificar a relação</p>	

Unidade didática	MP	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
			<p>átomos metálicos e na estrutura cristalina formada;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudar a estrutura dos sólidos metálicos e os espaços vazios da matéria; • Relacionar a condutividade térmica e a dilatação dos sólidos metálicos a aplicações cotidianas; • Reconhecer a importância dos metais em situações diversificadas da vida diária. 	<p>entre a dilatação de metais e o modelo de ligação metálica e a estrutura cristalina dos metais.</p> <p>P: Contextualizar os conceitos abordados e demonstrar sua aplicação na construção de alarmes contra incêndio.</p> <p>A: Discutir as aplicações dos conceitos químicos em diversas aplicações do cotidiano como, por exemplo, na construção civil, no processo de reciclagem, etc.</p>	
Unidade 4		<p>Metais: produzindo energia</p> <p>Conteúdo: Pilhas e Baterias Reações de transferência de elétrons Eletromagnetismo</p> <p><u>Atividade experimental</u> “Como é possível fazer um relógio funcionar apenas com água da torneira?”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o princípio de funcionamento das pilhas, um aparato que gera trabalho elétrico a partir de uma reação redox espontânea; • Interpretar a reação redox global em termos das duas semi-reações e do de potencial padrão de redução; • Avaliar a espontaneidade de uma reação redox a partir de uma tabela de potenciais padrões de redução; • Identificar diferentes tipos de pilhas, sua importância e diversidade de usos no cotidiano: pilhas alcalinas, pilhas recarregáveis e baterias; • Discutir sobre a disposição final 	<p>P: Iniciar a discussão com uma pergunta problematizadora sobre o uso de pilhas e sobre a corrente elétrica.</p> <p>P: Realizar o experimento.</p> <p>A: Em PGr registra as observações e apresenta uma explicação para o que observou no experimento.</p> <p>P: Discutir os conceitos sobre reações de transferência de elétrons, pilhas e baterias fazendo uso do livro didático do aluno (SANTOS; MÓL, 2005).</p> <p>A: Discute em GGr o funcionamento das pilhas comerciais, as diversas aplicações no cotidiano e a problemática ambiental relacionada ao uso e descarte desses produtos.</p>	

Unidade didática	MP	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
			de pilhas e baterias, com enfoque nos problemas ambientais associados.		
Unidade 4	OC	<u>Atividade experimental</u> “Como funciona um motor elétrico?”	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar o magnetismo como uma propriedade dos metais; • Compreender a processo de imantação e desimantação materiais metálicos; • Definir potencial elétrico e campo magnético, fundamentais para compreender o eletromagnetismo; • Entender o princípio de funcionamento de um motor elétrico; • Avaliar a importância do eletromagnetismo e sua utilização em diversos processos do cotidiano. 	<p>P: Iniciar a problematização a partir da demonstração do fenômeno da imantação e desimantação de uma barra de metal.</p> <p>A: Em PGr registra suas observações e apresenta uma explicação para o fenômeno.</p> <p>P: Realizar o experimento para demonstrar o funcionamento de um motor elétrico.</p> <p>A: Em PGr registra suas observações e apresenta uma explicação para o fenômeno observado e discuti sua aplicação no cotidiano.</p> <p>P: Discutir os conceitos relacionados à propriedade magnética dos sólidos metálicos, fazendo uso do texto de apoio “Ligações metálicas” elaborado para essa proposta didática.</p> <p>A: Discute em GGr as aplicações da propriedade magnética dos sólidos metálicos em diversas atividades do cotidiano.</p>	

Unidade didática	MP	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
	AC	<p><u>Jogo educativo</u> “Quiz das ligações químicas”</p> <p>Avaliação da aprendizagem e da proposta didática - Teste - Prova</p> <p><u>Atividade extra-classe</u> Visitação ao Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química - LPEQ/Universidade de Brasília: Vamos aprender sobre as ligações químicas mediante experimentação?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Retomar as questões propostas na problematização inicial, para verificar a evolução das respostas dos alunos. • Avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos de ligações químicas. • Avaliar a compreensão dos alunos sobre o modelo de ligação metálica, metais e suas propriedades. • Promover nos alunos capacidade para relacionar os conhecimentos químicos abordados em sala de aula a diversas situações do cotidiano. 	<p>P: Apresentar o jogo educativo “Quiz das ligações químicas”, que por meio de perguntas e respostas irá retomar o conteúdo abordado no módulo didático.</p> <p>A: Formar PGr para participar do jogo.</p> <p>P: Elaborar e aplicar teste avaliativo sobre ligação metálica, metais e suas propriedades.</p> <p>P: Aplicar prova bimestral sobre materiais e substâncias, ligações iônicas e covalentes.</p> <p>A: Realizar as avaliações do processo ensino-aprendizagem (teste e prova).</p> <p>P: Promover uma atividade extraclasse – visita dos alunos ao LPEQ/UnB para construir os aparatos e realizar as atividades experimentais.</p>	2 aulas (45 min cada)

Legenda

MP	Momento Pedagógico
PI	Problematização Inicial
OC	Organização do Conhecimento
AC	Aplicação do Conhecimento
QP	Questão Problematizadora
PGr	Pequeno Grupo
GGr	Grande Grupo
P	Professor
A	Aluno

Apêndice 5 – Teste de avaliação da aprendizagem (TAA)

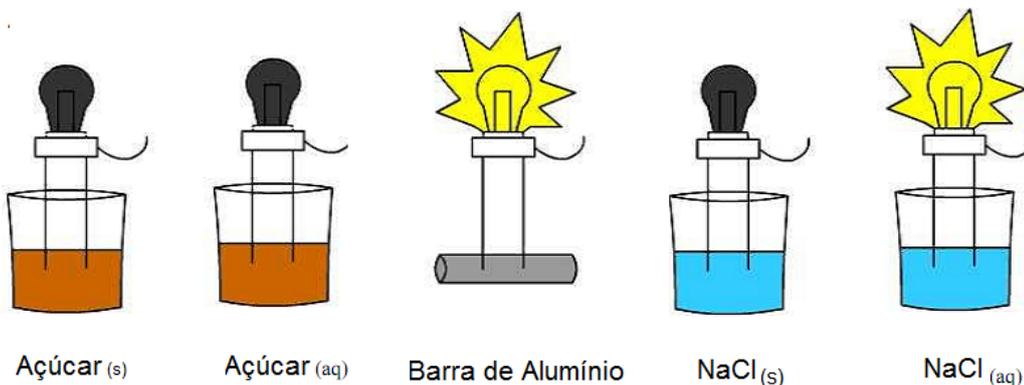
Avaliação da Aprendizagem – Química – 4º Bimestre

Ligação Química – Ligação metálica

Nome: _____ Nº.: _____ Turma: _____ Valor: 2,0

Questão 01

Em sala de aula, realizamos o experimento da condutividade elétrica em diferentes materiais sólidos e líquidos, sob diferentes condições. Durante a realização do experimento, constatamos que alguns materiais têm a propriedade de conduzir corrente elétrica e outros não. A condutividade elétrica está associada à mobilidade de partículas carregadas presentes nas substâncias ou nas soluções. Essas partículas podem ser íons ou elétrons, que em movimento fazem, por exemplo, um LED ou uma lâmpada acender. A partir do que se observou, buscamos criar modelos que explicassem como se movimentam as partículas carregadas nas substâncias condutoras de eletricidade. Ao final desse módulo, espera-se que todos sejam capazes de diferenciar substância molecular, metálica e iônica quanto à propriedade de conduzir e ou não a eletricidade. Assim, considerando o que foi mencionado acima e os resultados observados na figura abaixo, classifique o açúcar ($C_{12}H_{22}O_{11}$), a barra de alumínio (Al) e o sal de cozinha (Na^+Cl^-) como substância molecular, metálica e iônica.



Fonte: Adaptado de <http://www.rived.ufu.br/objetos/quimica/condutividade/GuiaCondutividade.pdf>

- Represente as moléculas, átomos e íons que constituem o açúcar ($C_{12}H_{22}O_{11}$), a barra de alumínio (Al) e o sal de cozinha (Na^+Cl^-), no estado sólido e no estado líquido.
- Sabe-se que existem certas substâncias que são capazes de conduzir corrente elétrica no estado sólido. A partir dessas informações **INDIQUE** qual é a partícula presente nesses sólidos responsável pela condução de corrente elétrica e **DESENHE** um modelo que permite explicar essa propriedade.

Questão 02

Durante um experimento realizado em nossas aulas, martelamos três objetos (cristal de sulfato de cobre, pedaço de parafina e barra de cobre metálico). A partir do que se observou, buscamos criar modelos que explicassem como átomos ou moléculas se ligavam nesses objetos. Ao final desse módulo, espera-se que todos tenham compreendido as diferenças entre ligações iônicas, moleculares e metálicas e como isso está relacionado com as propriedades dos materiais.

- a) Considerando o que foi mencionado acima e os resultados observados durante o experimento, identifique as ligações (molecular, iônica e metálica) existentes em um cubo de gelo; em um cristal de sal de cozinha (Na^+Cl^-) e em uma moeda de R\$ 1,00.
- b) Proponha um modelo representacional de como estão organizados os átomos ou moléculas no cubo de gelo; no cristal de sal de cozinha (Na^+Cl^-) e na moeda de R\$ 1,00. Caso julgue necessário, explique por escrito algum detalhe do seu desenho.

Questão 03

Para o estudo dos metais utilizamos em sala de aula diferentes recursos didáticos, dentre eles, o livro paradidático intitulado “Minerais, minérios e metais: De onde vêm? Para onde vão?” e o vídeo intitulado “Ferrugem”. Considerando o que foi abordado no livro e no vídeo com relação ao processo de obtenção dos metais e às reações espontâneas que ocorrem nos metais, julgue os itens abaixo e dê como resposta a soma dos itens corretos.

- (01) Na natureza, os minerais são as fontes de metais.
- (02) Os minerais constituem-se como substâncias, pois neles são encontrados metais junto a outras substâncias.
- (08) Para isolar o metal alumínio da bauxita (Al_2O_3), o minério é submetido a um processo metalúrgico.
- (10) No óxido de ferro (Fe_2O_3), o metal ferro possui carga nula.
- (16) A corrosão é um processo natural, que tende a oxidar os metais.
- (24) O ferro oxidado encontra-se na natureza em um estado de menor energia.
- (32) O ferro metálico quando protegido por uma tinta ou por outro metal mais reativo volta a se oxidar.

Soma = _____

Questão 04

Muitos dos metais que hoje usamos foram descobertos nos séculos XVIII e XIX. Entre eles estão o níquel, o alumínio e o cromo. No início do século XIX, Sir Humphry Davy obteve o sódio, potássio, cálcio, estrôncio, bário e magnésio fazendo uma corrente elétrica atravessar compostos, em fusão, desses elementos. Certos metais só começaram a ter importância prática no século XX, entre eles o manganês, o titânio, o vanádio e o tungstênio. Diante da importância dos metais, tanto no passado como no presente, cabe perguntar: quando um material se comporta ou não como um metal? Defina e cite suas principais características.

Questão 05

Na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro, os profissionais da construção civil utilizam “folgas”, chamadas de juntas de dilatação, com o objetivo de prevenir o aparecimento de trincas e rupturas na estrutura dessas construções. Problemas como trincas e rupturas ocorrem devido à alta condutividade térmica dos sólidos metálicos, que provoca a dilatação desses sólidos. Explique essa propriedade dos metais considerando os espaços vazios da matéria.

Questão 06

Esta questão é livre para que você exponha em que sentido o desenvolvimento de atividades experimentais demonstrativas, a leitura do texto do livro paradidático e o contato com o vídeo “Ferrugem” contribuíram para a sua compreensão dos conceitos de ligação química e, principalmente, ligação metálica. (P.S.: Caso não responda, essa questão será considerada errada).

Questão 07

Neste bimestre, estudamos ligações químicas, com maior enfoque nas ligações metálicas e nas propriedades dos metais. Procuramos abordar este conteúdo em um contexto que valorizasse seus aspectos históricos, sociais, tecnológicos e cotidianos. Escreva um parágrafo explicando qual a importância de estudar os conteúdos científicos valorizando seus aspectos históricos, sociais, tecnológicos e cotidianos, como fizemos no estudo de ligações químicas.

"Se você quer ter boas idéias, você precisa ter muitas idéias".
Linus Pauling

"Não se pode ensinar tudo a alguém, apenas ajudá-lo a encontrar por si mesmo".
Galileu Galilei

Apêndice 6 – Questionário para avaliação discente da proposta didática vivenciada**QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DISCENTE DA PROPOSTA VIVENCIADA**

- a) No 4º bimestre, qual atividade da disciplina de Química você vivenciou que mais o agradou?
- b) No 4º bimestre, qual atividade da disciplina de Química você vivenciou que menos o agradou?
- c) No 4º bimestre, qual atividade da disciplina de Química você vivenciou e mais contribuiu para o seu aprendizado?
- d) No 4º bimestre, qual atividade da disciplina de Química você vivenciou e menos contribuiu para o seu aprendizado?
- e) Avalie o trabalho desenvolvido pela professora para abordar o conteúdo de Ligações Químicas.
- f) O que você considera que facilita ou facilitaria o seu aprendizado?

Apêndice 7 – Questionário para avaliação discente das diferentes atividades didáticas e recursos didáticos utilizados no módulo didático

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DISCENTE DAS ATIVIDADES DIDÁTICAS

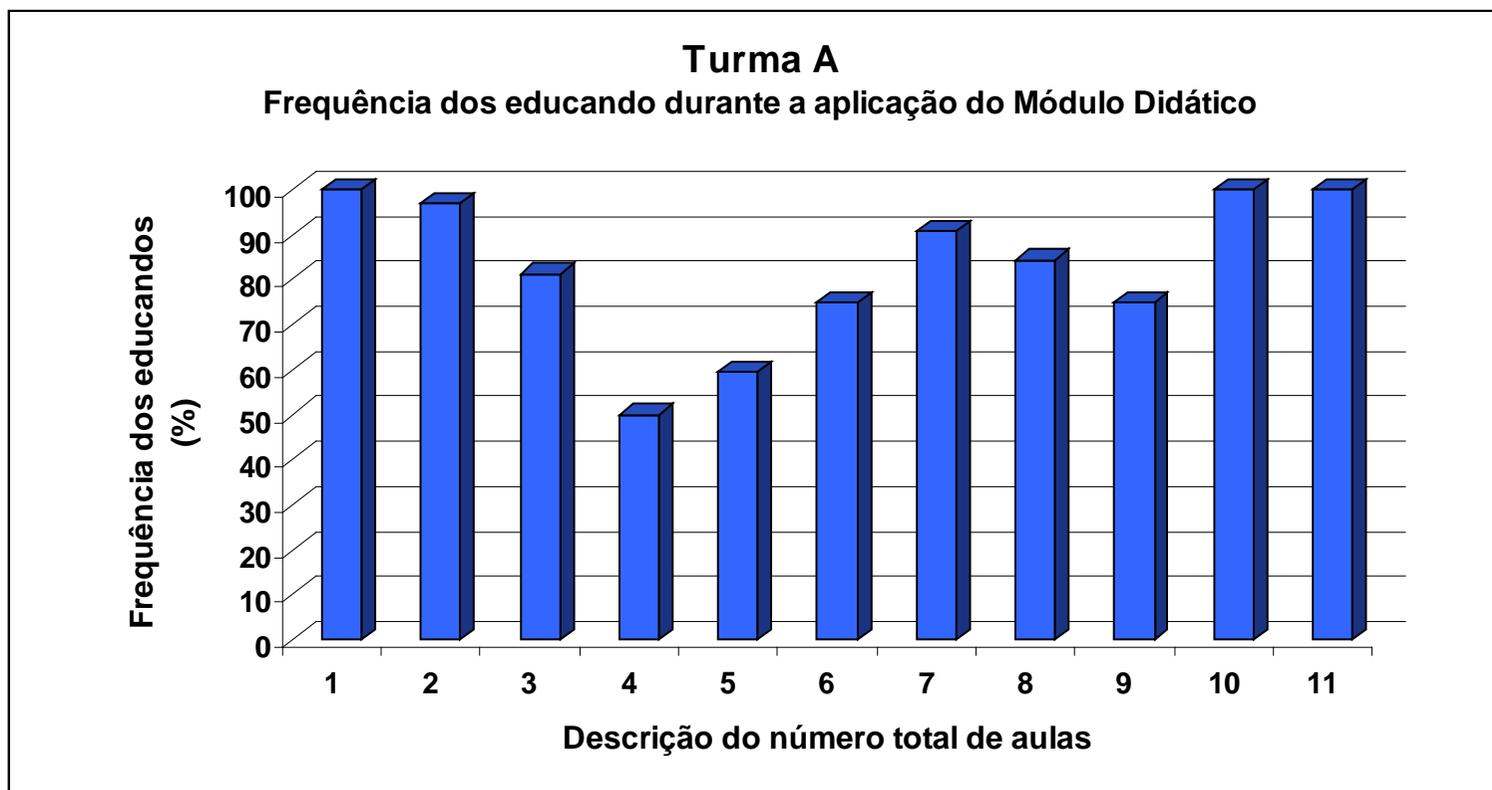
Caro aluno

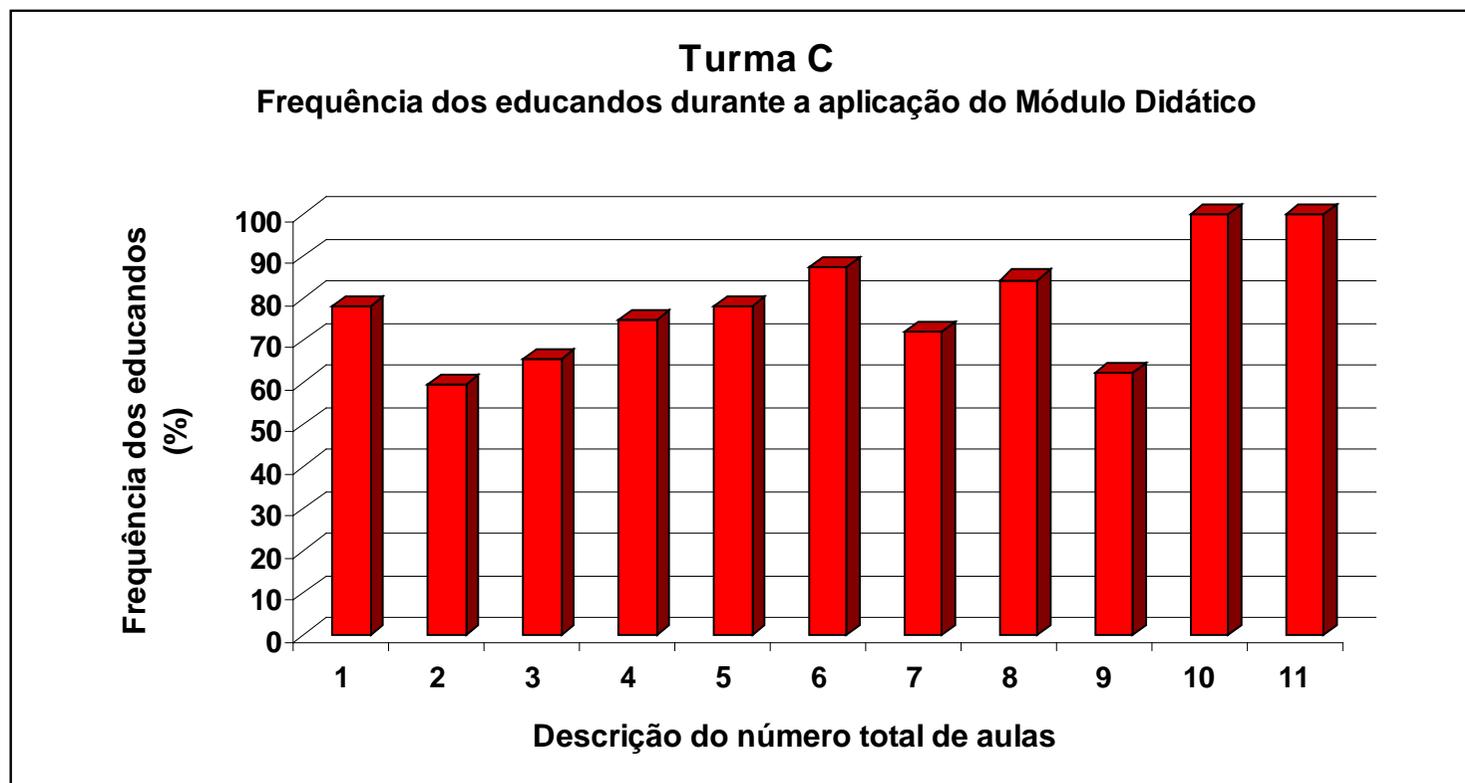
Atribua valores de 0 a 3 (0 – ruim; 1 – razoável; 2 – bom; 3 – muito bom) para avaliar as atividades didáticas que foram desenvolvidas mediante o uso das diferentes estratégias didáticas apresentadas abaixo e as diferentes estratégias avaliativas utilizadas de acordo com os critérios estabelecidos abaixo:

Atividades propostas	Turma 2A () Turma 2C ()															
	Revelância (importância)				Qualidade do material				Profundidade da discussão				Desempenho da professora			
	(0) ruim	(1) razoável	(2) bom	(3) muito bom	(0) ruim	(1) razoável	(2) bom	(3) muito bom	(0) ruim	(1) razoável	(2) bom	(3) muito bom	(0) ruim	(1) razoável	(2) bom	(3) muito bom
Vídeo educativo																
Livro paradidático																
Explicações da professora																
Atividades experimentais																
Jogo educativo																
Avaliações e diário de aula																

Este espaço é destinado para que você faça comentários, críticas e sugestões:

Muito obrigada.

Apêndice 8 – Frequência dos alunos da Turma 2A durante a aplicação do módulo didático

Apêndice 9 – Frequência dos alunos da Turma 2C durante a aplicação do módulo didático

Apêndice 10 – Prova de avaliação bimestral (PAB)

BIO/FIS/MAT/QUI	
PROFESSORES: _____	DATA: 01 / 12 / 2010 TURNO: Matutino.
ALUNO(A): _____	Nº: _____ TURMA: _____ SÉRIE: 2º.
INSTRUÇÕES	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ A prova consta de 22 questões, valendo um total de 3,0 pontos. ◆ A folha de resposta deve ser preenchida com caneta de tinta azul ou preta. ◆ Não serão aceitas rasuras nem uso de corretivos na folha de resposta. ◆ Interpretar textos e comandos faz parte da avaliação. ◆ É permitido o uso de calculadora, EXCETO a do celular. 	
<p style="text-align: center;">TEXTO 1 :</p> <p style="text-align: center;">A exploração do pré-sal e a conservação de espécies silvestres.</p> <p>A descoberta de grandes reservas de petróleo no chamado pré-sal trouxe grande expectativa de que o Brasil ingresse no seleto grupo de países exportadores. Ao mesmo tempo, a exploração desse petróleo traz apreensões para setores conservacionistas, já que a atividade industrial no mar pode ameaçar as populações animais. O petróleo é insolúvel em água e sua exploração no mar traz ameaças de vazamentos com grande potenciais poluidores, como o acidente que aconteceu no primeiro semestre de 2010 na costa dos EUA. Ao longo da costa brasileira, quatro espécies de tartarugas marinhas depositam seus ovos em praias que seriam afetadas em caso de vazamento. Essas populações que estiveram sob forte ameaça de desaparecer foram protegidas a partir dos anos 1980 com grande sucesso, tendo havido um crescimento exponencial do número de filhotes nascidos a cada ano. Esses quelônios são migratórios e orientam-se em seus deslocamentos pelo campo magnético da Terra, percorrendo milhares de quilômetros a cada ano. A tecnologia de extração do petróleo do pré-sal deve ser</p>	<p>desenvolvida levando-se em conta a necessidade de garantir a segurança dessas populações.</p> <p style="text-align: center;">TEXTO 2:</p> <p style="text-align: center;">Nova ameaça à vida marinha</p> <p style="text-align: center;">- Franciane Lovati Ciência Hoje, modificado</p> <p>Cerca de um terço do gás carbônico liberado na atmosfera é absorvido pela água do mar. Como as emissões de CO₂ não param de aumentar, especialistas alertam que isso deve tornar o oceano mais ácido: o pH dos oceanos já diminuiu 0,1 unidade desde o início da Revolução Industrial, e essa taxa pode quadruplicar até 2100. O fenômeno ameaça os organismos marinhos, principalmente os recifes de corais, cuja sobrevivência depende do equilíbrio químico da água.</p> <p>O alerta foi dado em um relatório recém-publicado pelo Centro Nacional de Pesquisas Atmosféricas dos Estados Unidos (NCAR na sigla em inglês). “Se a concentração de CO₂ na atmosfera continuar a aumentar, o pH dos oceanos diminuirá proporcionalmente”, prevê Joanie Kleypas, ecóloga marinha do NCAR e co-autora do relatório.</p> <p>Os recifes de corais constroem seus esqueletos a partir dos íons carbonato presentes na água do mar. Deles dependem outras espécies marinhas como</p>

moluscos, crustáceos e peixes, algumas deles exclusivas desses ambientes. A concentração desses íons, no entanto, está relacionada ao pH da água: se o processo de acidificação dos oceanos continuar, essa concentração pode se reduzir à metade até 2100, o que comprometerá a sobrevivência dos corais e de toda a comunidade a eles associada. Isso acontece porque o gás carbônico absorvido pela água se transforma em ácido carbônico, tornando a água menos alcalina (o oceano é naturalmente básico, com pH entre 7,5 e 8,5).

TEXTO 3

A água do mar e seus compostos.

Toda esta água originou-se muito cedo na história do nosso planeta. Os mares primitivos formaram-se sobre uma crosta terrestre em processo de resfriamento e eram constituídos de uma água escaldante e ainda sem vida. Eles resultaram das chuvas torrenciais causadas pela condensação das imensas e contínuas nuvens de vapor expelidas do interior da Terra pelos milhares de vulcões ativos existentes.

A salinidade da água do mar está em torno de três e meio por cento, ou seja, para cada cem gramas de água do mar existem três gramas e meio de sais. Os principais componentes salinos desta mistura são o Sódio e o Cloro, sob a forma de Cloreto de Sódio (NaCl). No entanto, praticamente todos os principais elementos químicos existentes são encontrados na água do mar.

Os principais são Hidrogênio, Oxigênio, Sódio, Potássio, Magnésio, Carbono, Enxofre, Cloro, Potássio, Cálcio e Bromo. Muitos outros elementos ocorrem em quantidades reduzidas na água do mar, ou mesmo em ínfimas concentrações, sendo denominados elementos-

traço. Entre eles pode-se destacar o Ferro, Cobalto, Níquel, Cobre, Zinco, Gálio, Selênio, Iodo, Bário, Lítio, Mercúrio, Chumbo, Ouro, Prata, Bismuto e Urânio.

1ª INSTRUÇÃO: AS QUESTÕES DE 01 A 08 REFEREM-SE AOS TEXTOS E/OU A CONTEÚDOS JÁ TRABALHADOS EM SALA DE AULA. LEIA COM ATENÇÃO E JULGUE-AS. (0,1 pt)

01. () A água do mar é uma solução aquosa de sais, que estão dissociados, portanto é uma solução que conduz a corrente elétrica.
02. () O gás carbônico liberado nas combustões e que contribui para a acidificação dos mares, é considerado uma substância iônica, pois em sua fórmula encontramos apenas ametais.
03. () As tartarugas têm, durante o seu desenvolvimento embrionário, a formação de notocorda, tubo neural e fendas branquiais.
04. () A salinidade é um fator abiótico importante para os seres vivos, exigindo adaptações específicas como, por exemplo, no sistema excretor e tegumentar.
05. () Podemos afirmar que nos fenômenos de reflexão e refração: o raio incidente, o raio refletido, o refratado e a reta normal estão em um mesmo plano.
06. () O ângulo de incidência e o ângulo de refração são côngruos.
07. () De acordo com o TEXTO 1, a população de tartarugas cresce exponencialmente. Suponha que esse crescimento seja representado pela função $y = (25\%)x$. Podemos afirmar que a informação do texto está correta, houve mesmo um crescimento desta espécie?
08. () Quando o TEXTO 2 se refere ao pH dos oceanos, que pode quadruplicar até 2100. Se considerarmos o dobro para o nosso exercício, observa que: $\log_1^{100} = 2$, o valor de $\log_{10}^1 = 1$?

2ª INSTRUÇÃO: NAS QUESTÕES DE 09 A 16 MARQUE APENAS A QUESTÃO CORRETA. (0,15 pt)

Questão 9 - Dos vertebrados citados a seguir, qual é o melhor exemplo de desenvolvimento embrionário sem cório ou alantóide?

- a) Bem-te-vi
- b) Jacaré-do-papo-amarelo
- c) Salamandra
- d) Peixe-boi marinho
- e) Gambá

Questão 10 - Qual das estruturas ou funções a seguir não teve importância na conquista do ambiente aéreo pelos vertebrados?

- a) Respiração pulmonar
- b) Sistema digestivo completo
- c) Formação de cinturas pélvica e escapular
- d) Tegumento queratinizado
- e) Fecundação interna

Questão 11 - Há pouco, **Carla** procurou-me para mostrar uma coisa interessante. Ela resolveu três equações exponenciais e todas apresentaram o mesmo resultado: $x = 2$.

- Prof^o o que é que você acha? Será que é coincidência ou andei errando alguma coisa?

- Deixe-me ver, Carla. Quais são as equações?

- Aqui estão: $3^{x+2} - 3^x = 72$

$$2^{x-4} = \frac{1}{4}$$

$$2^{2x} - 2^{x+3} + 16 = 0$$

Ela acertou todas as equações?

- a) () Não, errou a 2ª
- b) () Não, acertou apenas a 3ª
- c) () Não, errou a 1ª e a 3ª
- d) () Não, errou todas
- e) () Sim, acertou todas

Questão 12 - O valor de x , solução da equação abaixo é igual a:

$$\log_2 \left(\frac{1}{2}\right)^x + \log_2 \left(\frac{2}{3}\right)^x + \log_2 \left(\frac{3}{4}\right)^x = 1$$

- a) () 1
- b) () $-\frac{1}{2}$
- c) () 4
- d) () 2
- e) () 0

Questão 13 - Em relação às substâncias presentes na água do mar e as ligações químicas entre os átomos que as compõem, marque a alternativa **incorreta**:

- a) O potássio é um metal que se combina com o ânion Cloreto na proporção 1:1.
- b) Um átomo de carbono ao se ligar a 4 átomos de Hidrogênio para formar o metano (CH_4) precisa doar quatro elétrons, um para cada hidrogênio.
- c) Na molécula de oxigênio (O_2) encontramos uma ligação covalente dupla.
- d) O carbonato de cálcio, CaCO_3 é uma substância iônica.
- e) H_2O é uma substância molecular, pois é formada por ligações covalentes.

Questão 14 - As substâncias formadas pelos pares:

Mg e Cl; Ca e O; Li e O; K e Br;

Possuem fórmulas cujas proporções entre os cátions e ânions são respectivamente:

- a) 1:1 2:2 1:1 1:2
- b) 1:2 1:2 1:1 1:1
- c) 1:1 1:2 2:1 2:1
- d) 1:2 1:1 2:1 1:1
- e) 2:2 1:1 2:1 1:1

Questão 15 - Uma pessoa está 2 m diante de um espelho plano. A pessoa e o espelho estão paralelos um em relação ao outro. O espelho é quadrado e tem 50 cm de lado? Qual a distância entre a pessoa e sua imagem conjugada pelo espelho

- a) 1m
- b) 2m
- c) 3m
- d) 4m
- e) 5m

Questão 16 - Um raio de luz incide numa superfície de separação de dois meios. O ângulo de incidência vale 30° e o ângulo de refração 45° . Determine o índice de refração do meio 2 em relação ao meio 1, sabendo que o seno de 30° é $1/2$ e o seno de 45° é $\sqrt{2}/2$.

- a) $1/2$
- b) $1/\sqrt{2}$
- c) 1
- d) 2
- e) $\sqrt{2}/4$

3ª INSTRUÇÃO: NAS QUESTÕES 17 A 21 MARQUE O ALGARISMO DAS DEZENAS NA COLUNA D E O ALGARISMO DAS UNIDADES NA COLUNA U. DESPREZE A PARTE DECIMAL. (0,2 pt)

Questão 17 - Insetos, crustáceos e aracnídeos são artrópodos e diferenciam-se, entre outros motivos, pelo número de patas, asas e antenas. Assinale como resposta a soma do número de antenas desses três grupos e do número de patas de insetos e aracnídeos.

Questão 18 - Um espelho côncavo tem raio de curvatura igual a 50 cm. Um objeto real é colocado no centro de curvatura e tem uma imagem real conjugada no centro de curvatura. Qual a distância focal deste espelho?

(marque no gabarito a resposta em cm)

Questão 19 - Calcule: $y = 2^{3 + \log_2 5}$

Questão 20 - Determine o conjunto solução da equação: $\log_{0,1}^3 - \log_{0,1}^4 = \log_{0,1}^{25}$

Questão 21 - De acordo com o experimento de condução de corrente elétrica realizado em aula, julgue os itens abaixo e dê como resposta a soma dos itens corretos.

- (01) Substâncias iônicas no estado sólido não conduzem a corrente elétrica.
- (02) Substâncias metálicas sempre conduzem a corrente elétrica.
- (04) O movimento ordenado de elétrons que se desloca por um fio é denominado corrente elétrica.
- (08) Substâncias iônicas sempre conduzem a corrente elétrica.
- (16) Substâncias moleculares não conduzem a corrente elétrica.
- (32) Substâncias iônicas quando em meio aquoso conduzem a corrente elétrica.
- (64) A condução de corrente elétrica só se dá em meio aquoso.

Soma = _____

4ª INSTRUÇÃO: QUESTÃO EXTRA (0,25pt).

A escala Richter é utilizada em sismógrafos para medir a intensidade dos terremotos.

A magnitude M de um terremoto é dada por $M = \log_{10}^P$

P indica quantas vezes a amplitude de onda sísmica do terremoto é igual à amplitude da onda em situação normal. P indica a potência do terremoto.

Qual é razão entre a potência P_1 de um terremoto de grau $M = 6$ e a potência P_2 de um terremoto de grau $M = 5$?

Apêndice 11 – Módulo Didático de apoio ao professor



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade UnB Planaltina
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

MÓDULO DIDÁTICO

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA AULAS DE
LIGAÇÕES COVALENTES, IÔNICAS E METÁLICAS**

Elisangela Pariz

Proposta de Ação Profissional realizada sob orientação da Prof.^a Dr.^a Patrícia Fernandes Lootens Machado e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília, DF

2011

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	3
DESCRIÇÃO RESUMIDA DO MÓDULO DIDÁTICO	7
UNIDADE 1 - A CIÊNCIA QUÍMICA E OS MATERIAIS	13
Questões problematizadoras (QP1 e QP2)	14
UNIDADE 2 - CARACTERIZANDO MATERIAIS E SUBSTÂNCIAS	17
Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?	17
Caracterizando materiais e substâncias	22
Investigando a estrutura das substâncias	26
Estudo dirigido 1 (ED1)	27
UNIDADE 3 - COMO SE LIGAM OS ÁTOMOS E AS MOLÉCULA	31
O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?	31
Estudo dirigido 2 (ED2)	38
UNIDADE 4 - METAIS E SUAS PROPRIEDADES	40
Metais – De onde vêm? Para onde vão?	40
Livro paradidático - Minerais, minérios, metais: De onde vêm? Para onde vão?	41
Estudo dirigido 3 (ED3) – Livro paradidático	43
Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?	45
Combustão de uma fita de magnésio	50
Corrosão de metais: uma oxidação indesejada	51
Como proteger os cascos de navios contra a corrosão?	53
Vídeo educativo “Ferrugem”	54
Estudo dirigido 3 (ED3) – Vídeo educativo	58
Metais – Produzindo energia	59
Como é possível fazer um relógio funcionar com água da torneira?	59
Como funciona um motor elétrico?	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICE	78
1. Ligação metálica	79
ANEXO	88
1. Investigando a estrutura das substâncias	89

INTRODUÇÃO

A importância dos diferentes materiais na vida contemporânea revela-se tão grande quanto a lista dos seus usos e aplicações. Entender como se desenvolvem esses novos materiais pode assegurar aos estudantes a possibilidade de julgar com fundamentos informações advindas da mídia, da tradição cultural e da própria escola e a tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos. Logo, tem grande relevância o estudo dos diversos tipos de interações existentes entre os constituintes das substâncias que compõem estes materiais.

No atual contexto social, tecnológico e ambiental, pode-se dizer que o estudo das ligações químicas é altamente necessário, visto que as propriedades físico-químicas das diferentes substâncias dependem da organização dos seus átomos e, portanto, da natureza de suas ligações. Este conteúdo, considerado um dos temas mais importantes da Química, é de abordagem complexa no processo ensino-aprendizagem. As pesquisas realizadas sobre esse tema e nossa experiência com o ensino superior e com o ensino médio apontam a dificuldade de abordagem por parte dos professores e de compreensão por parte dos alunos do conteúdo de ligação química, especialmente, a ligação metálica.

Para o Ensino Médio, a compreensão das interações químicas e do relacionamento com as propriedades das substâncias perpassa o nível sensorial, pois exige do estudante que seja capaz de promover a passagem da observação para a formulação de modelos. Logo, a complexidade desse conhecimento científico encontra-se na necessidade de elaborações abstratas pelo aluno, tendo grande potencial para gerar concepções equivocadas sobre ligações químicas.

Em parte, as dificuldades identificadas podem estar associadas ao fato desse conteúdo químico ser abordado quase sempre de forma teórica no Ensino Médio. Além disso, é notória a falta de material didático de ligações químicas, que mostre a relevância desse conteúdo para a compreensão das propriedades e comportamento das substâncias e materiais, e, ao mesmo tempo, consiga de forma didática, apresentar um conteúdo que exige um certo nível de abstração por parte dos alunos.

A compreensão equivocada sobre o conteúdo em questão também pode estar relacionada a simplificações e possíveis abordagens inadequadas dos livros didáticos durante a apresentação desse conteúdo, sobretudo com relação ao modelo de ligação metálica.

O contexto apresentado sinaliza a necessidade de se consolidar a construção de um conhecimento escolar sólido junto ao aluno, buscando uma aproximação entre o conhecimento científico e o conhecimento cotidiano a partir de uma abordagem metodológica interdisciplinar, diversificada e de modo a não dissociar teoria-experimento durante o processo ensino-aprendizagem.

Para superar as críticas e as dificuldades encontradas para o ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas, em parte relacionada à necessidade de abstração pelos alunos, vimos na metodologia da experimentação investigativa a possibilidade de desenvolver um conjunto de conceitos científicos, mediante o uso de diferentes estratégias didáticas.

Para superar as limitações apresentadas no uso da experimentação e dar novo significado as atividades experimentais, buscamos ampliar a diversidade dos espaços em que essas podem ser realizadas. Para tal, acreditamos que o desenvolvimento de uma atividade experimental pode ocorrer no espaço escolar em uma “sala ambiente”. Entende-se por sala ambiente um espaço multifuncional em que as abordagens atuais previstas para o ensino de Ciências e a variedade de atividades possam ser realizadas, por exemplo: aulas expositivas, discussões em grupo, seminários, atividades lúdicas, projeções de filmes e vídeos, simulações em computadores, experimentação demonstrativa-investigativa etc. Todas essas modalidades vêm sendo citada pela literatura como alternativa possível às aulas práticas anteriormente compreendidas como experimentação.

Para esse tipo de proposta metodológica priorizam-se as atividades experimentais mais abertas e de natureza investigativa, conduzidas pelo professor na própria sala de aula, baseadas na discussão e no diálogo, de forma a não desvincular os conceitos teóricos do fenômeno a ser demonstrado.

A partir dessa perspectiva, produzimos este módulo didático como material de apoio ao professor em sala de aula com maior ênfase em ligação metálica, contemplando principalmente atividades experimentais demonstrativas-investigativas, com enfoque nas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e abordagens de problemas ambientais (Educação Ambiental - EA). Este tipo de atividade prevê maior participação e interação dos alunos entre si e com os professores em sala de aula, possibilitando o levantamento de concepções prévias dos alunos, a valorização de um ensino por investigação bem como a aprendizagem de valores e atitudes além dos conteúdos.

Para conduzir a atividade experimental em sala de aula, recomenda-se que o professor deve contemplar seis passos fundamentais, a saber:

1. formulação de uma pergunta inicial que desperte a curiosidade e o interesse dos alunos;
2. observação macroscópica do fenômeno;
3. interpretação microscópica, de acordo com as teorias científicas que expliquem o fenômeno estudado;
4. inserção de aspectos históricos sobre a teoria científica, para auxiliar a compreensão dos alunos;
5. expressão representacional, que emprega a linguagem química, física ou matemática para representar o fenômeno;
6. fechamento da aula, que consiste em responder à pergunta inicial, incluindo a interface Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente – CTSA e a avaliação da aprendizagem.

Para uma atividade caracterizar-se como demonstrativa-investigativa, não quer dizer que ela tenha que concretizar todas as etapas sugeridas acima. Essas servem de apoio e orientação ao professor na realização dos experimentos em sala de aula.

Neste tipo de abordagem, os fenômenos são observados e o aluno poderá, sob orientação docente, refutar suas ideias de senso comum e relacioná-los com uma teoria, acrescentando à sua estrutura cognitiva noções do conhecimento científico (relação teoria-experimento). Em cada etapa, deve-se procurar privilegiar mais o questionamento e a reflexão dos alunos do que propriamente a manipulação de materiais e/ou a montagem de equipamentos. Assim, mais importante que realizar o experimento é promover a discussão entre os alunos, articulando os três níveis do conhecimento químico (observação macroscópica, interpretação microscópica e a expressão representacional). A inserção da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e Educação Ambiental (EA) podem contribuir para a discussão sobre avanços e limitações do desenvolvimento tecnológico no contexto social, além de possibilitar a exploração das consequências de possíveis impactos ambientais.

As pesquisas atuais da área de ensino de Química defendem que o processo ensino-aprendizagem precisa aproximar-se do cotidiano, de forma problematizadora. Essa aproximação é para dar significação ao conhecimento científico, ou seja, estimular o sujeito a querer compreender os saberes cotidianos sob a ótica da ciência, possibilitando-o um olhar diferenciado. A utilização da abordagem contextualizada, viabilizando a presença dos temas históricos, sociais, tecnológicos e ambientais pode contribuir para que os alunos desenvolvam

a capacidade de questionar as alternativas propostas pela ciência para resolução de problemas dessas esferas.

Este Módulo Didático (MD) está dividido em quatro unidades:

- Unidade 1 – A ciência Química e os materiais;
- Unidade 2 – Caracterizando materiais e substâncias;
- Unidade 3 – Como se ligam os átomos e as moléculas;
- Unidade 4 – Metais e suas propriedades.

Para a estruturação dessas unidades, que juntas formam o módulo didático, foram ordenadas e articuladas diferentes atividades didáticas. Praticamente em todas as atividades são contemplados conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Os conteúdos químicos contemplados neste módulo tratam sobre: a matéria e os materiais; as substâncias iônica, molecular, covalente e metálica; as ligações iônica, covalente e metálica; os metais e as propriedades dos materiais metálicos.

Para abordar tais conteúdos diversas estratégias e recursos didáticos foram utilizadas de acordo com as necessidades educacionais pretendidas, como: questões problematizadoras; atividades experimentais demonstrativas-investigativas; livro didático; livro paradidático e vídeo educativo.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DO MÓDULO DIDÁTICO

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA AULAS DE LIGAÇÕES COVALENTES, IÔNICAS E METÁLICAS

Unidade didática	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
Unidade 1	<p>A ciência Química e os materiais</p> <p>QP1: Você já deve ter observado a grande quantidade de objetos e materiais ao nosso redor. Agora, observe os seguintes objetos e/ou materiais: água destilada, água da torneira, álcool, água sanitária, sal de cozinha/sal grosso, açúcar, gesso, bicarbonato de sódio, vela, borracha, colher de plástico, colher de metal, colher de madeira. Apresente uma sugestão de como podemos classificar esses objetos e/ou materiais de acordo com suas similaridades, diferenças ou utilidade. Justifique sua resposta.</p> <p>QP2: De acordo com a classificação proposta para a QP1, estabeleça relações entre o uso desses objetos e/ou materiais, suas propriedades e o tipo de matéria que cada um é constituído? Justifique sua resposta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir o papel da Química e sua importância para o desenvolvimento científico, tecnológico e social, articulado a aspectos ambientais. • Caracterizar os objetos ou porções de matéria de acordo com suas diferenças e similaridades. • Mostrar que as substâncias são caracterizadas por propriedades específicas e se comportam de maneira diferente nos materiais em que fazem parte. 	<p>Professor (P): Dividir a turma em grupos de 3 ou 4 alunos por afinidade, que se manterão durante todo este trabalho.</p> <p>P: Dispor diversos materiais em sala de aula, como por exemplo: água destilada, água da torneira, álcool, água sanitária, sal de cozinha/sal grosso, açúcar, gesso, bicarbonato de sódio, vela, borracha, colher de plástico, colher de metal, colher de madeira. P: Apresentar para os grupos as questões problematizadoras QP1 e QP2.</p> <p>Aluno(A): Discutir e responder as questões apresentadas (QP1 e QP2).</p> <p>A: Apresentar as respostas de cada pequeno grupo (PGr) para o grande grupo (GGr).</p> <p>P: Orientar as discussões e a elaboração de uma síntese para as questões abordadas.</p>	1 aula (45 min)
Unidade 2	<p>Caracterizando materiais e substâncias</p> <p>Conteúdo: Matéria, material e substância</p> <p><u>Atividade experimental</u></p> <p>“Por que alguns materiais conduzem eletricidade e</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar materiais/substâncias condutores e isolantes mediante o desenvolvimento de atividade experimental sobre condutividade elétrica. • Diferenciar e definir o conceito de 	<p>P: Realizar o experimento sobre condutividade elétrica.</p> <p>A: Observar a realização do experimento, anotar os resultados obtidos e as observações feitas.</p> <p>P: Conduzir as discussões, entre o GGr, sobre</p>	4 aulas (45min cada)

Unidade didática	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
	<p>outros não?”</p> <p>Investigando os diferentes tipos de substância</p> <p>Conteúdo: Substâncias iônicas, covalentes, moleculares e metálicas Representação estrutural das substâncias iônicas, moleculares e metálicas</p>	<p>matéria, material, substância.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar a capacidade de conduzir corrente elétrica das substâncias com um modelo microscópico da matéria. • Definir substâncias iônicas, covalentes, moleculares e metálicas. • Compreender os conceitos de íon, cátion e ânion. • Entender os conceitos de ionização e dissociação iônica. • Diferenciar condutores, semicondutores e isolantes. 	<p>o fenômeno observado. P/A: Leitura do texto de apoio “Caracterizando materiais e substâncias” em GGr.</p> <p>P: Leitura e discussão do texto de apoio “Investigando a estrutura das substâncias”.</p> <p>A: Resolução de questões abertas e fechadas (agregar informações sobre cada um dos grupos de substâncias e relacionar com a condutividade elétrica)</p> <p>A: Discussão em GGr das questões propostas.</p> <p>P/A: Discussão em GGr de questões ambientais – Reuso e reciclagem dos materiais.</p>	
Unidade 3	<p>Como se ligam os átomos e as moléculas?</p> <p>Conteúdo: Ligações iônica, covalente e metálica Representação do modelo de ligação iônica, covalente e metálica</p> <p><u>Atividade experimental</u> “O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir os diferentes tipos de interação química de acordo com a maleabilidade dos diferentes sólidos. • Relacionar os tipos de ligação química apresentados com as propriedades periódicas dos elementos, como potencial de ionização e afinidade eletrônica. • Compreender os fundamentos dos modelos de ligações metálica, iônica e covalente. 	<p>P: Realizar o experimento para investigar o tipo de ligação química ocorre no cristal de sulfato de cobre, na vela e na lâmina de cobre.</p> <p>A: Observar a realização da atividade e anotar os resultados obtidos e as observações feitas.</p> <p>P: Conduzir as discussões, entre o GGr, sobre o fenômeno observado.</p> <p>P: Abordar os conceitos de ligações iônicas e covalentes fazendo uso do livro didático (SANTOS; MÓL, 2005). Abordar o conceito</p>	6 aulas (45min cada)

Unidade didática	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
			<p>de ligação metálica a partir da definição proposta no texto de apoio intitulado “Ligação metálica”.</p> <p>A: Resolução de questões abertas e fechadas elaboradas pela professora.</p> <p>A: Discussão em GGr das questões abertas e fechadas.</p>	
<p>Unidade 4</p>	<p>Metais e suas propriedades</p> <p>Metais: De onde vêm? Para onde vão?</p> <p>Conteúdo: Minerais e minérios Metais e ligas metálicas Metalurgia e corrosão Reação de óxido-redução</p> <p><u>Atividades experimentais</u> “Combustão de uma fita de magnésio” “Corrosão uma oxidação indesejada” “Metal de sacrifício”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer que a maior parte dos metais ocorre na natureza combinado com outros elementos, formando os minerais; • Distinguir minério de um mineral em termos da abundância suficiente de metal que, no primeiro, permite a sua exploração econômica; • Conhecer a evolução de alguns processos de extração mineira e das condições de segurança, bem como dos impactos ambientais associados (durante e após a extração); • Relacionar metalurgia com a ciência e a tecnologia de produção de metais a partir dos seus minérios e ainda a produção de ligas metálicas; • Associar a transformação de minérios em metais a um processo de oxidação-redução; • Entender o conceito de reação de óxido-redução e perceber sua ocorrência em diversos fenômenos naturais e a partir da ação humana; 	<p>P: Apresentar diferentes tipos minérios e metais e questionar sua composição, obtenção, utilização e importância.</p> <p>P/A: Leitura e discussão dos textos “Minerais, minérios e metais” e “O que é metalurgia?” do livro paradidático “Minerais, minérios e metais: De onde vêm? Para onde vão?” (CANTO, 2004).</p> <p>P: Realizar três experimentos para demonstrar o fenômeno da oxidação de metais.</p> <p>A: Observa a realização dos experimentos e faz suas anotações.</p> <p>P: Abordar os conceitos de reações de oxidação-redução com base no livro didático usado na escola (SANTOS; MÓL, 2005).</p> <p>P: Apresentar o vídeo educativo sobre “Ferrugem” produzido pela TV Escola. Articular a discussão entre os grupos e realizar uma síntese sobre os conceitos abordados no vídeo.</p>	<p>8 aulas (45min cada)</p>

Unidade didática	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
		<ul style="list-style-type: none"> • Identificar agente oxidante e redutor e o número de oxidação; • Identificar os processos de corrosão como processos redox espontâneos; • Reconhecer e compreender os principais métodos de proteção de metais contra a corrosão. 		
Unidade 4	<p>Metais e suas propriedades</p> <p>Conteúdo: Ligação metálica Conductividade térmica dos metais Dilatação dos sólidos metálicos Estrutura de sólidos metálicos Espaços vazios em sólidos metálicos</p> <p><u>Atividade experimental</u> “Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer a ligação metálica como resultado da interação entre os átomos metálicos da rede cristalina tridimensional; • Associar a ocorrência de ligação metálica entre átomos que apresentam, simultaneamente, baixa energia de ionização, vários orbitais de valência vazias e um número de elétrons de valência menor que o número de orbitais de valência; • Interpretar as propriedades características dos metais, como brilho, maleabilidade, ductilidade, condutibilidade térmica e elétrica, dilatação e reações de oxidação, com base na interação entre os átomos metálicos e na estrutura cristalina formada; • Estudar a estrutura dos sólidos metálicos e os espaços vazios da matéria; • Relacionar a condutividade térmica e a dilatação dos sólidos metálicos a aplicações cotidianas; • Reconhecer a importância dos 	<p>P: Retomar a discussão sobre a obtenção dos metais, com enfoque no alumínio.</p> <p>P: Iniciar o experimento da dilatação dos sólidos metálicos utilizando a pergunta problematizadora.</p> <p>P: Apresentar o “Anel de Gravesande” aos alunos e realizar a demonstração do experimento.</p> <p>P: Discutir sobre a ligação metálica e as propriedades dos diferentes metais, dentre elas a da dilatação dos sólidos metálicos, fazendo uso do texto de apoio sobre Ligação Metálica produzido para esta proposta didática.</p> <p>A: Em PGr os alunos irão propor um modelo explicativo para justificar a relação entre a dilatação de metais e o modelo de ligação metálica e a estrutura cristalina dos metais.</p> <p>P: Contextualizar os conceitos abordados e demonstrar sua aplicação na construção de alarmes contra incêndio.</p> <p>A: Discutir as aplicações dos conceitos</p>	

Unidade didática	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
		metais em situações diversificadas da vida diária.	químicos em diversas aplicações do cotidiano como, por exemplo, na construção civil, no processo de reciclagem, etc.	
Unidade 4	<p>Metais: produzindo energia</p> <p>Conteúdo: Pilhas e Baterias Reações de transferência de elétrons Eletromagnetismo</p> <p><u>Atividade experimental</u> “Como é possível fazer um relógio funcionar apenas com água da torneira?”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o princípio de funcionamento das pilhas, um aparato que gera trabalho elétrico a partir de uma reação redox espontânea; • Interpretar a reação redox global em termos das duas semi-reações e do de potencial padrão de redução; • Avaliar a espontaneidade de uma reação redox a partir de uma tabela de potenciais padrões de redução; • Identificar diferentes tipos de pilhas, sua importância e diversidade de usos no cotidiano: pilhas alcalinas, pilhas recarregáveis e baterias; • Discutir sobre a disposição final de pilhas e baterias, com enfoque nos problemas ambientais associados. 	<p>P: Iniciar a discussão com uma pergunta problematizadora sobre o uso de pilhas e sobre a corrente elétrica.</p> <p>P: Realizar o experimento.</p> <p>A: Em PGr registra as observações e apresenta uma explicação para o que observou no experimento.</p> <p>P: Discutir os conceitos sobre reações de transferência de elétrons, pilhas e baterias fazendo uso do livro didático do aluno (SANTOS; MÓL, 2005).</p> <p>A: Discute em GGr o funcionamento das pilhas comerciais, as diversas aplicações no cotidiano e a problemática ambiental relacionada ao uso e descarte desses produtos.</p>	
Unidade 4	<p><u>Atividade experimental</u> “Como funciona um motor elétrico?”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar o magnetismo como uma propriedade dos metais; • Compreender a processo de imantação e desimantação materiais metálicos; • Definir potencial elétrico e campo magnético, fundamentais para compreender o eletromagnetismo; • Entender o princípio de 	<p>P: Iniciar a problematização a partir da demonstração do fenômeno da imantação e desimantação de uma barra de metal.</p> <p>A: Em PGr registra suas observações e apresenta uma explicação para o fenômeno.</p> <p>P: Realizar o experimento para demonstrar o funcionamento de um motor elétrico.</p> <p>A: Em PGr registra suas observações e</p>	

Unidade didática	Conteúdo	Objetivos	Metodologia	Tempo previsto
		<p>funcionamento de um motor elétrico;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliar a importância do eletromagnetismo e sua utilização em diversos processos do cotidiano. 	<p>apresenta uma explicação para o fenômeno observado e discute sua aplicação no cotidiano.</p> <p>P: Discutir os conceitos relacionados à propriedade magnética dos sólidos metálicos, fazendo uso do texto de apoio “Ligações metálicas” elaborado para essa proposta didática.</p> <p>A: Discute em GGr as aplicações da propriedade magnética dos sólidos metálicos em diversas atividades do cotidiano.</p>	
	<p><u>Jogo educativo</u> “Quiz das ligações químicas”</p> <p>Avaliação da aprendizagem e da proposta didática - Teste - Prova</p> <p><u>Atividade extra-classe</u> Visitação ao Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química - LPEQ/Universidade de Brasília: Vamos aprender sobre as ligações químicas mediante experimentação?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Retomar as questões propostas na problematização inicial, para verificar a evolução das respostas dos alunos. • Avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos de ligações químicas. • Avaliar a compreensão dos alunos sobre o modelo de ligação metálica, metais e suas propriedades. • Promover nos alunos capacidade para relacionar os conhecimentos químicos abordados em sala de aula a diversas situações do cotidiano. 	<p>P: Apresentar o jogo educativo “Quiz das ligações químicas”, que por meio de perguntas e respostas irá retomar o conteúdo abordado no módulo didático.</p> <p>A: Formar PGr para participar do jogo.</p> <p>P: Elaborar e aplicar teste avaliativo sobre ligação metálica, metais e suas propriedades.</p> <p>P: Aplicar prova bimestral sobre materiais e substâncias, ligações iônicas e covalentes.</p> <p>A: Realizar as avaliações do processo ensino-aprendizagem (teste e prova).</p> <p>P: Promover uma atividade extraclasse – visita dos alunos ao LPEQ/UnB para construir os aparatos e realizar as atividades experimentais.</p>	<p>2 aulas (45 min cada)</p>

UNIDADE 1 – A CIÊNCIA QUÍMICA E OS MATERIAIS

Esta unidade tem por objetivo discutir o papel da Química e sua importância para o desenvolvimento científico, tecnológico e social, articulado a aspectos ambientais.

A proposição desta atividade se justifica quando nos deparamos com uma lista enorme de diferentes materiais indispensáveis a vida contemporânea. Partimos da abordagem de aspectos macroscópicos para a compreensão dos aspectos microscópicos em atividades posteriores. Nessa perspectiva, o conhecimento sobre as substâncias, os constituintes das substâncias e como estes interagem pode ajudar o aluno a compreender mais facilmente o que observa no seu cotidiano.

Desenvolvimento da atividade didática

Para a realização dessa atividade sugerimos a organização dos alunos em pequenos grupos, tendo como critério o grau de afinidade entre os estudantes. Os grupos podem ser distribuídos em um semicírculo, ocupando todo o espaço da sala de aula.

Sugerimos que sejam levados para sala de aula e dispostos sobre uma mesa, localizada no centro da sala, diferentes objetos (materiais e/ou substâncias). Estes objetos ou porções de matéria devem apresentar aplicações cotidianas e propriedades distintas, que permita aos alunos agrupá-los distintamente de acordo com certas características passíveis de observação, como por exemplo:

Professor!

Organizar os alunos em grupos tem, entre outros, o objetivo de permitir o desenvolvimento de habilidades atitudinais, que ocorrem mediante interações diversificadas, que não se limitam apenas ao contato entre professor e aluno, mas que favoreçam a relação entre alunos, permitindo o diálogo e a construção de argumentos por parte deles.

Sugestão de objetos (materiais e/ou substâncias)

<i>água da torneira</i>	<i>água destilada</i>	<i>água sanitária</i>
<i>sal de cozinha</i>	<i>açúcar</i>	<i>bicarbonato de sódio</i>
<i>álcool</i>	<i>gesso</i>	<i>vela</i>
<i>pregos</i>	<i>borracha escolar</i>	<i>colher de madeira</i>
<i>colher de plástico</i>	<i>colher de metal</i>	

Para a realização dessa atividade didática, a recomendação é que o professor identifique junto com os alunos cada objeto e/ou porção de matéria a ser utilizado. Os alunos devem ser orientados a discutir sobre as diferenças observadas nas propriedades

macroscópicas desses objetos (materiais e/ou substâncias) e sobre como essas características estão relacionadas com a estrutura interna dos mesmos.

Uma estratégia interessante para motivar os alunos a discutir sobre o assunto e revelar suas concepções espontâneas é o uso de questões problematizadoras. Estas questões podem estar organizadas em uma folha, com espaço para os alunos apresentarem suas respostas, a ser distribuída para cada grupo de estudantes. A tarefa de cada grupo compreende a leitura, a reflexão, a discussão e a elaboração das respostas para cada uma das questões problematizadoras.

Abaixo, segue sugestão de material para ser distribuído entre os grupos de alunos.

Professor!

Questões problematizadoras devem ser desafiadoras e provocar inquietação nos alunos, motivando-os na busca de soluções.

MATERIAL PARA O ALUNO

A ciência Química e os materiais

QP1: Você já deve ter observado a grande quantidade de objetos e materiais ao nosso redor. Agora, observe os seguintes objetos (materiais e/ou substâncias): água destilada, água da torneira, álcool, água sanitária, sal de cozinha/sal grosso, açúcar, gesso, bicarbonato de sódio, vela, borracha escolar, colher de plástico, colher de metal, colher de madeira. Apresente uma sugestão de como podemos classificar esses objetos e/ou materiais de acordo com suas similaridades, diferenças ou utilidade. Justifique sua resposta.

QP1 - Resposta

QP2: De acordo com a classificação proposta para a QP1, estabeleça relações entre o uso desses objetos (materiais e/ou substâncias), suas propriedades e o tipo de matéria que cada um é constituído. Justifique sua resposta.

QP2 - Resposta

Fechamento da atividade didática

O fechamento da problematização inicial ocorre mediante a apresentação das respostas pelos grupos. O professor pode solicitar que cada grupo leia para o restante da turma a resposta dada a cada questão, sendo estas organizadas no quadro para permitir uma análise coletiva, ressaltando as argumentações apresentadas. Possivelmente, os alunos devem apresentar respostas vinculadas ao conhecimento cotidiano.

Neste momento, sugerimos ao professor que organize uma síntese das respostas apresentadas pelos grupos, buscando contemplar relações e diferenças entre elas. Assim, ressaltamos o papel do professor de conduzir as discussões, questionando pontos não explicados das respostas, agrupando respostas que se assemelham ou recolocando aquelas que parecem pouco plausíveis frente à argumentação da maioria da turma. Recomendamos que o professor, assim como os alunos, registre a resposta síntese.

Por fim, a partir da problematização proposta e da elaboração de uma resposta síntese, é possível encaminhar a discussão sobre o conceito de matéria, material e substância e suas propriedades. Cabe ao professor apresentar a resposta cientificamente aceita, pedindo aos alunos que busquem identificar relações e diferenças entre estas e as suas respostas, confrontando-as com os conceitos cientificamente aceitos.

Considerações sobre o desenvolvimento da atividade didática

O tempo previsto para o desenvolvimento desta atividade é de 45 minutos, sendo que foram destinados apenas 20 minutos para os alunos responderem as questões problematizadoras e 25 minutos para a síntese das respostas de cada grupo e a discussão final.

Essa estratégia didática não teve por objetivo julgar as respostas dadas pelos grupos como certas ou erradas. Mas motivá-los a refletir sobre a situação apresentada e discuti-la com os demais colegas de grupo, de forma a construir argumentos para a elaboração de suas respostas. A partir dos argumentos elaborados avaliamos a estratégia de raciocínio utilizada pelos alunos e os saberes envolvidos.

De modo geral, o desenvolvimento dessa atividade em sala de aula permite aos alunos estabelecer relações com outros conteúdos e conceitos básicos, vistos na 1ª. série do Ensino Médio, e que fazem parte do mesmo contexto para explicar as diferentes características e

aplicações dos diversos objetos (materiais e/ou substâncias) com os quais convivemos em nosso dia-a-dia.

Professor!

Na unidade didática seguinte, após a abordagem dos conceitos científicos sobre matéria, substância e propriedades específicas dessas, as questões QP1 e QP2 podem ser novamente utilizadas para retomada da discussão inicial.

UNIDADE 2 – CARACTERIZANDO MATERIAIS E SUBSTÂNCIAS

Uma maneira de estabelecermos relações entre os objetos (materiais e/ou substâncias) de uso cotidiano descritos na Unidade 1, suas propriedades e o conteúdo de ligações químicas é mediante abordagem das propriedades específicas desses objetos ou porções de matéria, dentre elas, a capacidade de conduzir a eletricidade.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?

O desenvolvimento dessa atividade experimental tem por objetivo analisar a capacidade de diferentes objetos (materiais e/ou substâncias), principalmente os utilizados na Unidade 1, de conduzir a corrente elétrica, sob diferentes condições.

A problematização do experimento inicia quando perguntamos aos alunos: **Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?**

Sugestão de objetos (materiais e/ou substâncias)

<i>água da torneira</i>	<i>água destilada</i>	<i>água sanitária</i>
<i>sal de cozinha</i>	<i>açúcar</i>	<i>bicarbonato de sódio</i>
<i>álcool</i>	<i>gesso</i>	<i>vela</i>
<i>pregos</i>	<i>borracha escolar</i>	<i>colher de madeira</i>
<i>colher de plástico</i>		<i>colher de metal</i>

De todos os objetos (materiais e/ou substâncias) apresentados, possivelmente a condutividade elétrica da água é a mais conhecida pela maioria dos alunos. Assim, questionamos os estudantes sobre o fato de a água conduzir ou não corrente elétrica e o porquê de apresentar tal característica. Em seguida, perguntamos quanto à condução da corrente elétrica pelos demais materiais e/ou substâncias.

Neste momento, sugerimos que o professor conduza o debate e fique atento às concepções alternativas e aos conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes. Para um melhor aproveitamento das argumentações elaboradas pelos alunos é interessante que estes façam anotações no caderno ou no roteiro experimental, de modo a dar maior dinâmica às discussões durante a retomada da pergunta problematizadora.

Após a motivação inicial, apresentamos a atividade experimental e explicamos a construção do condutímetro e sua utilização para verificar a condução da corrente elétrica pelos diferentes objetos (materiais e/substâncias).

Para saber mais!

*Você poderá saber o passo a passo para a construção do condutímetro assistindo ao vídeo intitulado **Testador de condutividade** (FANTINI, L.), disponível em: <http://pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=213&TESTADOR+DE+CONDUTIVIDADE>*

O experimento pode ser realizado em sala de aula, de forma demonstrativa e investigativa. Para isso, os diversos objetos ou porções de matéria que terão sua condutividade elétrica testada devem ser devidamente identificados e dispostos em cima de uma mesa, no centro da sala, de modo a facilitar a observação dos resultados pelos alunos. Lembramos que alguns estudantes podem ser convidados para auxiliar no desenvolvimento do experimento, assim como, para a análise e discussão do fenômeno observado.

Abaixo, apresentamos o roteiro experimental entregue a cada um dos grupos para acompanhar a realização do experimento e fazer as anotações sobre o fenômeno observado e sobre os resultados obtidos para cada um dos diferentes materiais e objetos testados.

MATERIAL PARA O ALUNO

Roteiro experimental

Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?

Ao consertar um chuveiro elétrico, o eletricista corre risco de levar um choque. Mas será que a água sempre conduz eletricidade? A água que utilizamos em casa é um material que possui uma diversidade de substâncias dissolvidas. Será que o tipo de material que dissolvido na água afeta sua condutividade? E o que dizer dos metais que são sólidos, será que conduzem a corrente elétrica? Afinal, quais as partículas responsáveis pela condução da corrente elétrica? O presente experimento tem como objetivo analisar a condutividade elétrica de diferentes materiais em diferentes condições.

Material

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aparato para medir a condutividade elétrica (incluindo duas pilhas AA) ✓ 10 béqueres de 50 mL (ou copos de vidro/plástico) ✓ 5 Espátulas (ou colheres) ✓ 100 mL de água destilada ✓ 50 mL de água da torneira ✓ Sal de cozinha ou sal grosso (Cloreto de sódio – Na^+Cl^-) ✓ Açúcar (Sacarose - $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) ✓ Gesso (Sulfato de cálcio - CaSO_4) | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Água sanitária (Hipoclorito de sódio – NaClO) ✓ Vinagre (Ácido acético – CH_3COOH) ✓ Álcool de farmácia (Álcool etílico - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) ✓ Leite de Magnésia (Hidróxido de Magnésio – $\text{Mg}(\text{OH})_2$) ✓ Plástico ✓ Madeira ✓ Pregos/fios de cobre/placa de zinco ✓ Parafina sólida ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$), $n > 20$ |
|--|---|

Procedimento

1. O professor apresentará o aparato para testar a condutividade dos materiais (ver figura) e descreverá o procedimento para sua montagem e funcionamento.

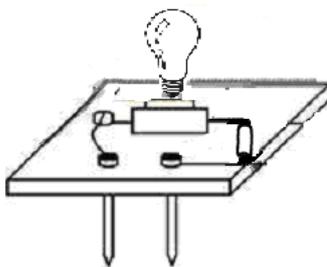


Figura. Aparato para testar a condutividade elétrica

Fonte: Adaptada de BRASIL, s/d.

2. Em seguida, o professor colocará cerca de 20 mL de água destilada em um béquer ou em um copo de vidro/plástico e mergulhará os eletrodos, deixando-os afastados cerca de 5 cm um do outro. Após isso, será medida a condutividade elétrica da água destilada.

3. Será repetido o procedimento para cada um dos objetos (materiais e/ou substâncias) apresentados na tabela abaixo, sendo necessário limpar os eletrodos a cada novo teste.

Acompanhe atentamente o desenvolvimento da atividade e anote no quadro abaixo o que foi observado com a lâmpada/LED. Além disso, anote no quadro abaixo se você considera condutor ou isolante o material ou a substância testada.

Material/Substância	O que ocorreu com o LED?	Condutor ou isolante?
Água destilada		
Água da torneira		
Água sanitária (Hipoclorito de sódio – NaClO)		
Vinagre (Ácido acético – CH ₃ COOH)		
Álcool de farmácia (Álcool etílico - CH ₃ CH ₂ OH)		
Leite de Magnésia (Hidróxido de Magnésio – Mg(OH) ₂)		
Sal de cozinha ou sal grosso (Cloreto de sódio – Na ⁺ Cl ⁻)		
Açúcar (Sacarose - C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)		
Gesso (Sulfato de cálcio - CaSO ₄)		
Plástico		
Madeira		
Borracha		
Parafina (vela)		
Prego/fio de cobre/placa de zinco		
Água destilada + sal de cozinha		
Água destilada + açúcar		
Água destilada + gesso		

Resultados obtidos

Classifique os materiais de acordo com os seguintes grupos:

a) materiais que não conduzem eletricidade no estado sólido ou líquido.	b) materiais sólidos que conduzem eletricidade.
c) materiais solúveis em água que não conduzem eletricidade quando dissolvidos.	d) materiais solúveis em água que conduzem eletricidade quando dissolvidos.

À medida que cada um dos diferentes materiais e substâncias for submetido ao teste de condutividade elétrica, com o aparato construído para esse experimento, os grupos devem preencher a tabela informando o que foi observado, ou seja, se os objetos conduzem ou não corrente elétrica. Além de classificá-los como “Condutor” ou “Isolante” de acordo com o fenômeno observado.

As tabelas podem ser usadas como consulta no decorrer da execução da atividade didática, pois resumem os resultados obtidos no experimento e discutidos em sala. Uma opção é preencher as tabelas juntamente com os alunos, de modo a confirmar as observações macroscópicas feitas durante a prática.

Dos resultados obtidos, destacamos aqueles que, motivam maior discussão pelos grupos:

- o fato do sal de cozinha em solução aquosa conduzir a corrente elétrica enquanto que uma solução com açúcar não conduz, apesar da semelhança macroscópica;
- o fato de a água da torneira, diferentemente da água destilada, ter conduzido a corrente elétrica e acendido o diodo emissor de luz (LED) no condutímetro;
- a maior intensidade da corrente elétrica gerada pelos diferentes metais em relação aos demais materiais testados, observada pela luminosidade do LED.

Professor!

Com relação à experimentação demonstrativa-investigativa, podemos considerar a mesma como facilitadora do processo ensino-aprendizagem, por seguir uma hierarquia, indo de uma abordagem macroscópica do conteúdo para uma interpretação microscópica. Isso nos possibilita dimensionar o quanto à articulação entre experimento e teoria pode diminuir as dificuldades e o tempo de compreensão dos conceitos.

A partir desses questionamentos, no segundo momento desta atividade didática, os alunos devem ser estimulados a refletir sobre o fenômeno da condutividade elétrica e buscar uma explicação para os resultados obtidos mediante relação com a classificação das substâncias. Assim, sugerimos que se inicie a discussão sobre como a Ciência explica a propriedade de conduzir a corrente elétrica apresentada por alguns materiais e substâncias. Para isso, recomendamos a leitura e discussão de dois textos (encontrados a seguir) para auxiliar a interpretação microscópica do fenômeno pelos alunos.

O primeiro texto, intitulado “*Caracterizando materiais e substâncias*” foi elaborado a partir de diferentes referências bibliográficas (BELTRAN; LIEGEL, 2008; SANTOS; MÓL, 2005; SILVA *et alii*; 2005) com o objetivo de apresentar os conceitos científicos fundamentais para o entendimento da condutividade elétrica e demais propriedades dos materiais, que compreendem o conceito de matéria, material e substância e as propriedades físicas, químicas e organolépticas que caracterizam as substâncias.

TEXTO DE APOIO PARA O ALUNO

Caracterizando materiais e substâncias

De que tudo é feito?

Olhe ao seu redor. A caneta que você usa para escrever é de metal ou de plástico. De onde vêm o papel em que escrevemos e a tinta que é transferida para o papel? A matéria prima de todos os objetos que utilizamos se origina da natureza. Para produzir esses objetos, transformamos os materiais extraídos. Para isso, usamos vários processos, alguns dos quais conhecemos desde a Antiguidade.

O solo, o ar, a água, os mares, a comida que comemos, os planetas, as estrelas, tudo na natureza é feito de quê? O que é matéria?

A matéria se apresenta na natureza sob a forma de materiais. Tudo o que podemos pegar, tocar, ver, cheirar, sentir o gosto é feito de materiais. Porém, **como saber do que é feito um material?** Primeiro é importante sabermos que os materiais são porções de matéria que contêm duas ou mais substâncias. Assim, o ar é um material, pois contém todas essas substâncias do quadro abaixo:

Composição do ar limpo e seco (Homosfera)

Componente	Teor (por metro cúbico)
Nitrogênio (N ₂)	780,8 litros
Oxigênio (O ₂)	209,5 litros
Argônio (Ar)	9,3 litros
Gás Carbônico (CO ₂)	≈ 375 mililitros
Neônio (Ne)	18 m ³ mililitros
Hélio (He)	5,2 mililitros
Metano (CH ₄)	1,8 mililitro
Criptônio (Kr)	1,1 mililitro
Hidrogênio (H ₂)	0,53 mililitro
Xenônio (Xe)	0,086 mililitro

Fonte: Tolentino, M.; Rocha-Filho, R. C.; Silva, R. R.
A Atmosfera Terrestre. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2004.

Da mesma forma as águas dos rios, lagos, mares são exemplos do **material água**. Na natureza, o material água contém a substância água, alguns sais dissolvidos (tais como cloreto de sódio, carbonato de magnésio, carbonato de cálcio etc.), e alguns gases dissolvidos (oxigênio, dióxido de carbono, nitrogênio etc.).

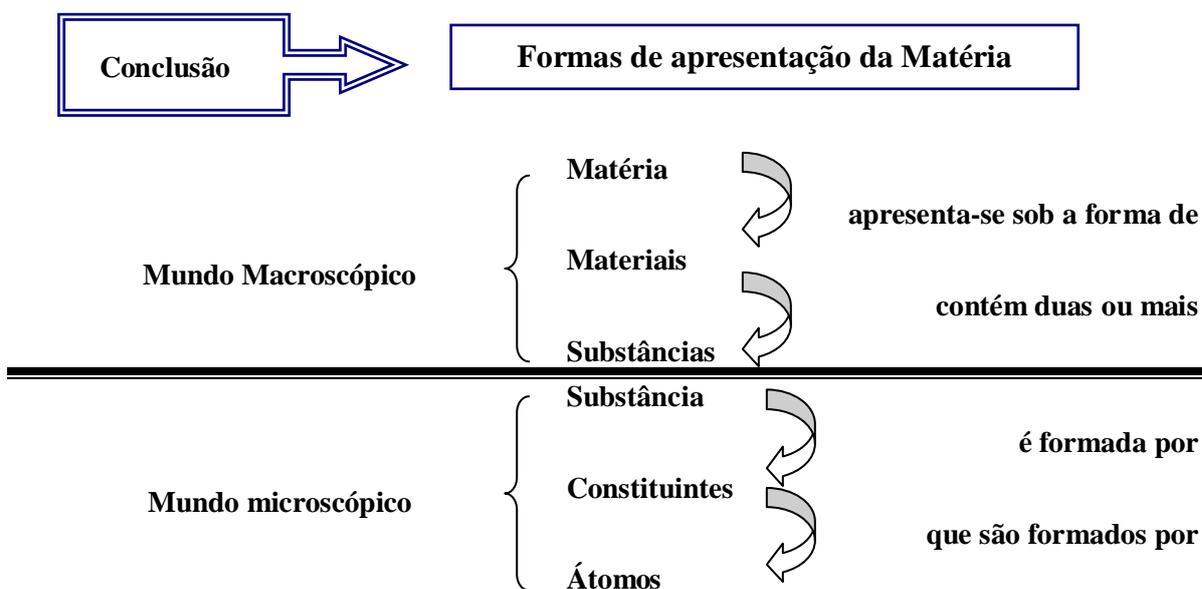
Esclarecido o conceito de material (porção de matéria que contém duas ou mais substâncias) cabe agora a seguinte pergunta: **o que são as substâncias?**

A substância é aquilo que dá individualidade à matéria, isto é, as substâncias permitem que se diferencie um tipo de matéria de outra. Cada substância tem um conjunto de propriedades específicas que a caracteriza e permite diferenciá-la de outras substâncias.

Do que as substâncias são feitas?

O gás nitrogênio é uma das substâncias do ar atmosférico e tem como constituinte a molécula de nitrogênio (N₂), já o gás carbônico tem a molécula de CO₂ como seu constituinte. Os constituintes das substâncias, por sua vez, são formados por átomos ou íons. Então, a molécula do nitrogênio é formada por átomos de nitrogênio ligados entre si. Por sua vez, a molécula de gás carbônico é formada por átomos de carbono e oxigênio ligados. O cloreto de sódio, ou sal de cozinha, tem como constituinte o par iônico Na⁺Cl⁻, que é formado pelos íons Na⁺ e Cl⁻. Algumas das propriedades das substâncias são explicadas pelas interações entre os seus constituintes.

Outro exemplo de substância é a água, que tem como constituinte a molécula de H_2O , formada por átomos de hidrogênio e oxigênio e suas propriedades como ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade refletem a forma como os constituintes da água interagem entre si sob determinadas condições. No entanto, uma única molécula de água (seu constituinte) não tem as propriedades da substância água.



Propriedades de uma substância

Imagine a seguinte situação:

Você compra um objeto de prata e paga por ele o valor da prata. Como você pode ter certeza de que não foi enganado? Como saber se o objeto que você comprou é mesmo 100% prata? Com certeza por meio de suas características, ou seja, de propriedades específicas da prata.

As propriedades de uma substância podem ser:

- **Propriedades Organolépticas**

São propriedade que percebemos utilizando nossos sentidos.

- a) **cor:** a matéria pode ser colorida ou incolor. Esta propriedade é percebida pela visão;
- b) **brilho:** a capacidade de uma substância de refletir luz é a que determina o seu brilho. Percebemos o brilho também pela visão;
- c) **gosto:** uma substância pode ser insípida (sem sabor) ou sávida (com sabor). Esta propriedade é percebida pelo paladar;
- d) **odor:** a matéria pode ser inodora (sem cheiro) ou odorífera (com cheiro). Esta propriedade é percebida pelo olfato.

Será que sempre poderemos utilizar as propriedades organolépticas para diferenciar os materiais? Por que?

Apesar de serem muito úteis, as propriedades organolépticas nem sempre podem ser utilizadas, pois muitos materiais são potencialmente tóxicos. **No dia a dia, devemos tomar muito cuidado com as substâncias desconhecidas, não devemos tocá-las, cheirá-las ou prová-las.**

Em geral, utilizam-se as **propriedades químicas ou físicas** para identificar as substâncias e não as organolépticas.

▪ **Propriedades Químicas**

As propriedades químicas são aquelas que levam à formação de outras substâncias.

- a) **combustão:** o álcool entra em combustão, a água não;
- b) **oxidação:** uma barra de ferro oxida; muitas frutas oxidam, ficando escuras. O aço inoxidável, como o próprio nome indica, nunca oxida (ou não enferruja);
- c) **explosão:** alguns gases, como o hidrogênio, explodem facilmente; outros, como o gás nitrogênio, não;
- d) **poder de corrosão:** algumas substâncias corroem outras, como os ácidos e as bases; já o óleo de cozinha não é corrosivo;

e) efervescência: certas substâncias produzem gases quando em contato com uma solução aquosa. Alguns medicamentos são efervescentes, outros não.

▪ **Propriedades Físicas**

As propriedades físicas não produzem outras substâncias.

a) densidade (ρ): corresponde à relação massa/volume de uma amostra de um material. No Sistema Internacional de Unidades, a densidade exprime-se em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$;

b) temperatura normal de fusão: corresponde à temperatura na qual essa substância passa do estado sólido ao estado líquido, à pressão normal (1 atm);

c) temperatura normal de ebulição: corresponde à temperatura na qual a substância no estado líquido entra em ebulição, à pressão normal.

d) solubilidade: quantidade máxima de uma substância que é possível dissolver-se numa determinada quantidade de solvente, a uma dada temperatura. A solubilidade em geral é expressa em gramas de soluto por 100 gramas de solvente.

Este texto pode ser distribuído aos alunos para que realizem a leitura e a discussão dos conceitos químicos apresentados, principalmente com relação às formas de apresentação da matéria. Durante o desenvolvimento dessa atividade, cabe ao professor orientar a leitura e conduzir as discussões em busca de uma síntese conclusiva, em que a partir dos conceitos definidos e diante dos resultados obtidos no experimento, os alunos possam classificar os objetos em materiais ou substâncias.

Os resultados obtidos no experimento da condutividade elétrica e os conceitos definidos no primeiro texto permitem aos alunos classificar os diferentes objetos em materiais ou substâncias, de acordo com a capacidade de conduzir ou não a corrente elétrica.

A partir da compreensão dos alunos sobre esses conceitos, estruturamos um segundo texto de apoio ao aluno, intitulado “*Investigando a estrutura das substâncias*” (ver Anexo 1), que propõe a classificação das substâncias em metálicas, moleculares e iônicas. Este texto ressalta, de forma didática, o modelo microscópico das substâncias, ou seja, o modelo representacional de cada substância explicando a capacidade destas conduzirem corrente elétrica sem, inicialmente, envolver conceitos de ligação química ou de distribuição eletrônica, mas usando o conceito de íons e elétrons de valência.

Este material foi estruturado a partir do texto retirado de um livro didático¹⁹ de química para o Ensino Médio, previamente selecionado, avaliado e aprovado por abordar de forma apropriada e cientificamente aceita os modelos representacionais, que diferenciam os três tipos de substâncias, ou seja, a substância iônica, a molecular e a metálica. Além de promover a compreensão da diferença de condutividade elétrica por materiais e substâncias condutores e isolantes.

Durante a aplicação do Módulo Didático, uma cópia do texto pode ser distribuída aos estudantes, organizados em pequenos grupos, para que realizem a leitura e posterior discussão, mediada pelo professor. A partir da leitura desse segundo texto, os alunos têm possibilidade de relacionar a capacidade de conduzir corrente elétrica das substâncias com um modelo microscópico da matéria e definir os tipos de substância em iônica, molecular e metálica. Estes conceitos químicos quando articulados aos resultados obtidos com a realização do experimento fornecem importantes subsídios para a discussão sobre materiais condutores e isolantes e sobre a movimentação dos íons e dos elétrons, que diferenciam os dois fenômenos.

Assim, os alunos serão capazes de compreender a classificação dos materiais e dos objetos utilizados em três categorias: primeiro, os que conduzem corrente no estado sólido e no líquido, como os metais; segundo, os que são isolantes no estado sólido e no líquido, como as substâncias moleculares; e, por fim, aquelas que são isolantes no estado sólido e conduzem eletricidade no estado líquido (em solução ou fundidas), como as substâncias iônicas.

Sugerimos que a avaliação para esta unidade didática ocorra mediante aplicação do Estudo Dirigido (ED1), que tem por objetivo de analisar a compreensão dos conteúdos abordados nas duas primeiras unidades do módulo didático.

O ED1 contempla três atividades (AT), sendo que na primeira delas denominada AT1 são propostas três questões abertas e fechadas para a consolidação dos conceitos abordados no texto “*Caracterizando materiais e substâncias*”, além de uma questão mais ampla, na qual buscamos extrapolar a discussão dos conceitos sobre matéria, material e substância, a uma abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e Educação Ambiental (EA), relacionando a temática Estação de Tratamento de Água aos conceitos científicos estudados, aproximando-os a situações vivenciadas pelos alunos. Para isso, deve ser solicitado aos estudantes que realizem uma pesquisa sobre o processo de tratamento de água (etapas do processo, produtos

¹⁹ BELTRAN, N. O.; LIEGEL, R. M. **Química: ensino médio**. v. 2. Brasília: CIB – Cisbrasil. 2008. p. 10-30.

utilizados, custos e benefícios). Essa questão pode ser discutida primeiramente pelos grupos e, posteriormente, pode ser apresentada na forma de seminário.

A definição dos conceitos sobre matéria, substância e a propriedade da condutividade elétrica possibilita que as questões problematizadoras (QP1 e QP2), abordadas na Unidade 1, sejam retomadas como parte integrante do Estudo Dirigido (ED1), na atividade 2 (AT2). Assim, neste segundo momento, os alunos têm a possibilidade de rediscutir essas questões e reelaborar respostas mais completas e fundamentadas nos conceitos explorados em sala de aula, além de estabelecer relações com outros conteúdos, que fazem parte do mesmo contexto, para explicar as diferentes características e aplicações dos objetos, materiais e substâncias com os quais convivemos em nosso dia-a-dia.

A Atividade 3 (AT3) do Estudo Dirigido (ED1) retomará os conceitos químicos definidos no segundo texto de apoio ao aluno, de maneira a promover a aplicação desses conceitos para a compreensão da propriedade da condutividade elétrica a partir dos resultados do experimento “Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?”.

MATERIAL PARA O ALUNO

Estudo Dirigido (ED1) – Atividade 1 (AT1)

Vamos pensar?

- a) Quando nos referimos aos materiais, muitas vezes pensamos na sua utilidade. Quando queremos um isolante procuramos um determinado material, quando precisamos de um condutor pensamos em outro, quando é necessário riscar algo pensamos em substâncias mais duras e resistentes e assim poderíamos citar vários outros exemplos. Por que um determinado material pode ter um uso e outro semelhante não serve para o mesmo fim?
- b) Em sua casa, um estudante encontrou sobre a mesa dois frascos contendo substâncias incolores, aparentemente iguais. Como ele poderia identificar as substâncias? Ele poderia utilizar as propriedades organolépticas?
- c) A figura abaixo apresenta a água em diferentes aspectos: água de um lago, a água potável e a água destilada. Complete as lacunas de acordo com os conceitos sobre matéria, material e substância, estudados nesta aula.



Figura – Água sob diferentes aspectos. **Fonte:** Google Imagens.

Atividade Avaliativa

A água da CAESB que chega a sua casa é um material ou uma substância? Justifique sua resposta investigando o processo realizado nas Estações de Tratamento de Água (ETA). Investigue as etapas do processo, os produtos utilizados para o tratamento da água, os custos desse tratamento e benefícios para a população.

Estudo Dirigido (ED1) – Atividade 2 (AT2)

1) Retome as questões problematizadoras QP1 e QP2, discutidas na Unidade 1. Leia e discuta as respostas iniciais apresentadas pelo seu grupo a essas duas questões. Avalie essas respostas utilizando os conceitos químicos já discutidos em sala de aula. Responda novamente a QP1 e QP2, ou, caso julgue necessário, reelabore nova resposta para essas duas questões.

Estudo Dirigido (ED1) – Atividade 3 (AT3)

Vamos pensar?

- 1) Explique com suas palavras o que é corrente elétrica. Desenhe um modelo que a represente.
- 2) Tente explicar o que é necessário para que a lâmpada do experimento acenda?

- 3) Você observou que o cloreto de sódio sólido e a água, quando estão separados, não conduzem eletricidade. Por que quando são misturados conduzem corrente elétrica?
- 4) Sabendo que a matéria é constituída por espécies químicas que podem ser neutras ou ter cargas elétricas, identifique quais materiais são constituídos por espécies neutras.
- 5) Certos materiais são capazes de conduzir eletricidade no estado sólido. **INDIQUE** qual é a partícula presente nesses sólidos e responsáveis pela condução de eletricidade. **DESENHE** um modelo que permite explicar essa propriedade.

Atividade Avaliativa

Preencha a tabela abaixo informando sobre a propriedade da condutividade elétrica das diferentes substâncias nos estados sólido e líquido.

	Sólido	Líquido
Substância metálica		
Substância molecular		
Substância iônica		

Considerações sobre o desenvolvimento da unidade didática

Apesar destes conceitos já terem sido abordados na primeira série do Ensino Médio, grande parte dos estudantes ainda apresenta certa dificuldade para apropriarem-se adequadamente destes conceitos e na definição de cada um, ou seja, materiais, substâncias e os constituintes das substâncias. Por isso, consideramos indispensável a retomada destes conceitos de maneira constante em todas as séries do Ensino Médio e, principalmente, para introduzir o conteúdo de ligações químicas, na perspectiva de promover uma melhor aprendizagem pelo aluno. Para isso, o tempo previsto para o desenvolvimento satisfatório desta atividade compreende, aproximadamente, quatro aulas de 45 minutos cada.

Durante o desenvolvimento desta unidade didática é possível sensibilizar os alunos quanto a certas questões ambientais. Para isso, os estudantes recebem instruções específicas sobre o descarte dos resíduos gerados durante a realização do experimento de condutividade elétrica e são informados que os resíduos gerados nesse experimento têm impacto ambiental insignificante e, por isso, podem ser jogados no lixo comum ou na pia.

UNIDADE 3 – COMO SE LIGAM OS ÁTOMOS E AS MOLÉCULAS?

Esta unidade didática tem como atividade principal o desenvolvimento do experimento intitulado “**O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?**”. Esta atividade experimental será desenvolvida e fundamentada na perspectiva do que a literatura denomina de “atividade demonstrativa-investigativa”.

Professor!

As atividades demonstrativas-investigativas têm por característica: (...) maior participação e interação dos alunos entre si e com os professores em sala de aula; melhor compreensão por parte dos alunos da relação teoria-experimento; o levantamento de concepções prévias dos alunos; a formulação de questões que gerem conflitos cognitivos em sala de aula a partir das concepções prévias; o desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio da formulação e teste de hipóteses; a valorização de um ensino por investigação; a aprendizagem de valores e atitudes além dos conteúdos, entre outros. (SILVA et alii, 2010, p. 246).

Com isso, buscamos alcançar resultados mais significativos no processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas mediante o desenvolvimento de habilidades e atitudes, enriquecido pela interação entre os grupos; o estímulo a curiosidade dos alunos, suscitado por questionamentos e levantamento de hipóteses, bem como a promoção na elaboração de argumentos e na construção de consenso durante a síntese do que foi relatado por todos em sala de aula. Logo, para o desenvolvimento da Unidade 3 são necessárias três aulas de 90 minutos cada.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?

Esta atividade experimental tem por objetivo discutir a relação entre as propriedades das substâncias e as ligações químicas de seus constituintes, por meio da observação macroscópica após uma martelada vigorosa em uma vela, um cristal de sulfato de cobre e uma lâmina metálica de cobre.

Considerando que um experimento, por si só, não é uma atividade motivacional, optamos por iniciá-lo com a seguinte pergunta problematizadora: **O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?**

Professor!

Começar o desenvolvimento da atividade experimental com uma pergunta foi propositalmente pensado como possibilidade para despertar a curiosidade e o interesse dos alunos. Isso também se insere na perspectiva de Bachelard (1999), segundo a qual “todo conhecimento é resposta a uma pergunta”.

Antes da execução do experimento, sugere-se que os estudantes discutam em grupo ou individualmente a pergunta e respondem ao estímulo. Os alunos, em sua maioria, mostram-se ávidos em dizer que sólidos, de uma maneira geral, quebram com o impacto de um martelo.

Quando apresentamos os diferentes sólidos a serem utilizados no experimento (vela, cristal de sulfato de cobre e lâmina metálica de cobre) e repetimos a pergunta, alguns de nossos alunos modificaram suas respostas, enquanto outros mantiveram as concepções apresentadas anteriormente. Essa mudança na resposta ocorreu devido à presença da lâmina de cobre, que eles acreditam ser mais difícil de quebrar por se tratar de “um material mais resistente”.

Os alunos acompanham o desenvolvimento do experimento a partir do roteiro experimental elaborado abaixo.

MATERIAL PARA O ALUNO***Roteiro experimental*****O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?**

Um ferreiro é uma pessoa que cria objetos de ferro ou de aço, utilizando o martelo como ferramenta. Os ferreiros trabalham forjando as peças de ferro ou aço até o metal ser moldado. Mas se a matéria prima do ferreiro não fosse o ferro e sim outro sólido, por exemplo, um cristal ou uma vela? O ferreiro conseguiria moldá-los? O presente experimento tem como objetivo analisar a maleabilidade de diferentes sólidos e investigar a interação entre seus átomos.

Materiais

- ✓ Cristais de sulfato de cobre (CuSO_4)
- ✓ Lâmina de cobre ou um utensílio doméstico de metal (colher)
- ✓ Vela
- ✓ Martelo

Procedimento

1. Com o auxílio de um martelo o professor baterá moderadamente no cristal de CuSO_4 e tentará moldá-lo.
2. O professor repetirá o procedimento com a vela (parafina) e, por fim, com a lâmina de cobre.

Observações macroscópicas

Observe e descreva o fenômeno que presenciou.

Interpretação microscópica

Explique o fenômeno observado fazendo uso de conceitos e teorias cientificamente aceitas.

Os alunos observam os três sólidos serem martelados pelo professor com aproximadamente a mesma intensidade de força. Todas as observações e os resultados obtidos devem ser anotados pelos alunos no roteiro experimental ou no diário de aula, para serem discutidos posteriormente.

Professor!

O uso do roteiro experimental ou do diário de aula tem por finalidade estimular os estudantes a organizar uma "memória" concreta dos fatos, das discussões e das argumentações produzidas em sala de aula durante o desenvolvimento da atividade experimental, evitando o uso exclusivo da memória visual.

Segundo a maioria dos estudantes, o cristal de sulfato de cobre partiu-se em vários pedaços menores ao receber a martelada e a lâmina de cobre foi moldada. Chamou-nos

atenção a dificuldade encontrada pelos estudantes em definir o que ocorreu com a vela, que se esfarelou. Para alguns alunos ela “deformou”, “esmagou”, “lascou”, “moldou” ou “quebrou”. Interpretamos isso como indício da falta de conhecimento de um modelo adequado para interpretar o fenômeno.

Durante a discussão sobre os resultados do experimento, o conceito de substância, abordado na Unidade 2, deve ser retomado para que os estudantes classifiquem os três sólidos utilizados no experimento de acordo com a estrutura de seus constituintes. Assim, o cristal de sulfato de cobre, a vela e a lâmina de cobre são classificados como sendo substância iônica, molecular e metálica, respectivamente.

Neste momento, buscamos colocar em confronto as concepções espontâneas dos alunos, instigando-os a refletir e buscar explicações, de modo a relacionar a estrutura microscópica de cada uma das substâncias utilizadas com as diferentes propriedades macroscópicas observadas.

Foi requisitado aos alunos que classificassem os três sólidos, relacionando ao tipo de ligação química, a partir de suas anotações e de suas observações durante o desenvolvimento da atividade experimental, bem como baseados na abordagem dos conceitos científicos.

A partir disso, avançamos com o conteúdo de ligações químicas e a discussão sobre como se ligam os átomos formadores dos constituintes das substâncias trabalhadas. Neste momento, levamos os alunos a compreender como a Ciência explica o fenômeno observado.

Para saber mais!

Para a abordagem dos conceitos científicos sobre ligação química, principalmente ligação iônica e covalente utilizamos o livro didático adotado pela escola ‘Química e Sociedade’ (Santos; Mól, 2005). A escolha desse material de referência aconteceu a partir de uma prévia avaliação, que teve como critério a abordagem cientificamente aceita dos conceitos de ligação iônica e covalente; da representação estrutural das substâncias iônicas e moleculares; da presença de aspectos históricos e da contextualização do conteúdo químico com o desenvolvimento tecnológico, social e com as vivências dos alunos. Também, foi contemplada no livro a relação entre as propriedades das substâncias e o tipo de interação que ocorre entre os constituintes das mesmas.

De maneira positiva, no livro didático o conteúdo de ligação iônica foi trabalhado com enfoque no modelo de distribuição de elétrons, que justifica a estabilidade de alguns íons e a formação dos sólidos iônicos mediante atração eletrostática não-direcionada entre os íons de cargas opostas. Já a ligação covalente foi discutida com foco na atração recíproca e unidirecional entre elétrons de um átomo e o núcleo do outro átomo, que promove o compartilhamento desses pelos dois átomos.

Para trabalharmos o conteúdo de ligação metálica, elaboramos um texto de apoio (ver Apêndice 1), por considerar que o livro didático não atendia a abordagem conceitual pretendida em nosso planejamento. A maioria dos livros trabalha com a definição de “mar de elétrons” e existência de cátions para explicar a ligação metálica e não faz referência ao conceito de bandas de energia e a não-direcionalidade das interações entre os átomos metálicos.

Na caixa de texto a seguir, inserimos a interpretação microscópica dos fenômenos que ocorrem após a martelada nos sólidos propostos no roteiro experimental. Para que os alunos avancem para além das observações macroscópicas faz-se necessária que o professor leve-os a compreender o fenômeno segundo a ciência Química, ou seja, insira as explicações microscópicas.

Depois dessas explicações, é sempre aconselhado fazer uma rodada de esclarecimentos das dúvidas dos alunos sobre o experimento e, somente depois, deve-se introduzir a expressão representacional como uma síntese do que foi observado e explicado, empregando a linguagem química.

Por fim, promovemos o fechamento da aula com a retomada da pergunta problematizadora apresentada inicialmente. Aproveitamos para evidenciar os aspectos históricos relacionados à utilização dos diferentes materiais, principalmente os sólidos metálicos, e discutir as implicações sociais, tecnológicas e econômicas relacionadas ao fenômeno observado.

TEXTO PARA O PROFESSOR

Interpretação microscópica

Os diferentes sólidos apresentam propriedades físicas específicas. Dentre essas propriedades, a maleabilidade permite a eles apresentarem comportamento diferente quando recebem a martelada. Assim, os diferentes sólidos são classificados em iônicos, moleculares e metálicos de acordo com a natureza de suas partículas e o tipo de interação existente entre elas.

Em um sólido iônico, a ligação iônica é formada devido à *atração eletrostática não-direcional* entre os íons de cargas opostas (Figura 1). A atração criada por um dos íons (ânions ou cátions) possui simetria esférica e a atração eletrostática entre os íons de carga oposta pode efetuar-se em todas as direções. Esta não direcionalidade da ligação iônica explica as propriedades típicas dos sólidos iônicos, por exemplo, seus altos pontos de fusão e sua fragilidade quando submetidos a uma martelada.

Assim, quando aplicamos uma força sobre um sólido iônico como, por exemplo, o sulfato de cobre (Cu^+SO_4^-), ocorre o deslocamento de uma camada de íons em relação à

outra. A consequência será íons de mesma carga se aproximando uns dos outros. As forças repulsivas substituem as atrativas e o resultado é a separação entre as duas camadas e a quebra do cristal iônico. Chamamos este fenômeno de clivagem e podemos representá-lo conforme a figura abaixo (Figura 1):

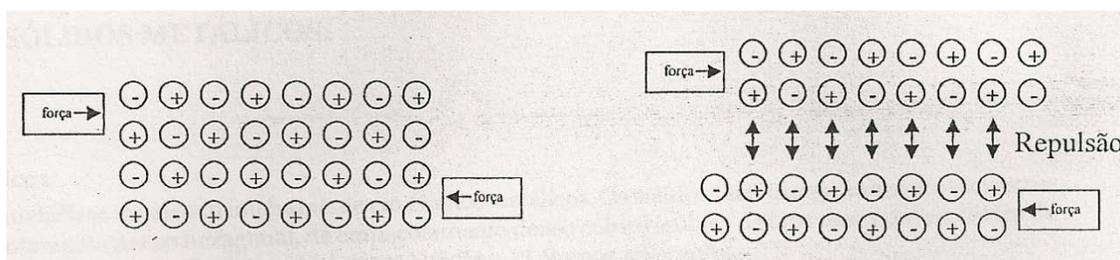


Figura 1 - Fenômeno de clivagem de um sólido iônico.

Para a abordagem do modelo de ligação metálica, explicamos que os sólidos metálicos não se rompem com a martelada, mas são moldados com facilidade porque a força exercida desloca os átomos neutros em um mesmo plano, que se ajustam rapidamente às mudanças na estrutura metálica provocadas por essa perturbação externa. Portanto, sob a influência de uma ação mecânica, os átomos neutros são capazes de deslizar uns em relação aos outros, mantendo as interações entre os planos (Figura 2).

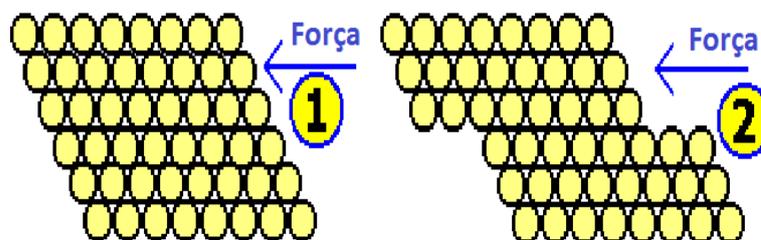


Figura 2 - Deslocamento dos átomos neutros entre planos numa substância metálica.

Fonte: http://sites.poli.usp.br/d/pqi2110/aulas/idalina/aula_4-Idalina_metalicas-secundarias.pdf

O modelo de ligação covalente pode ser discutido com foco na interação entre os átomos constituintes da molécula e na direcionalidade dessa interação. Em uma molécula, os átomos se ligam por forças direcionais, ou seja, a força de ligação não tem a mesma intensidade em qualquer direção (Figura 3). Isso difere do modelo de ligações iônicas e metálicas, visto que nos constituintes dos sólidos iônicos e metálicos, os íons e os átomos respectivamente são atraídos por forças não direcionais (mesma intensidade em qualquer direção). Os sólidos formados por moléculas são também denominados de sólidos

covalentes. As moléculas são entidades discretas (partículas), e interagem entre si por meio de interações denominadas de intermoleculares.

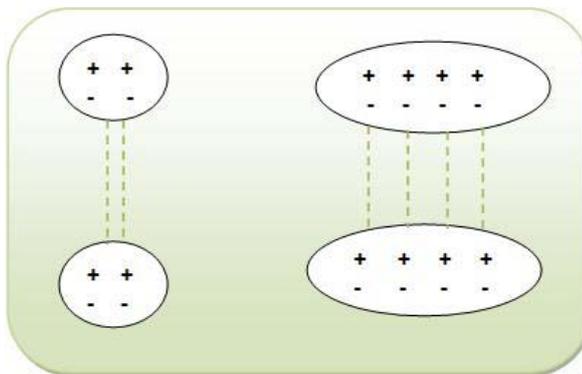


Figura 3 – Direcionalidade das ligações covalentes.

O texto acima pode ser usado para explicar a forma como reagem os sólidos usados na atividade experimental intitulada “O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?” Dos três sólidos, a vela é um material que contém diversas substâncias. Estas substâncias são hidrocarbonetos. Um exemplo é a substância Pentacosano, cujo constituinte é uma molécula de fórmula $C_{25}H_{52}$. A vela, por exemplo, é classificada como sendo um sólido covalente. Já o sulfato de cobre é uma substância iônica, organizada numa rede cristalina regular, com um arranjo ordenado de cátions e ânions. Por sua vez, a placa de cobre tem como constituinte uma substância metálica, em que os átomos estão organizados em um arranjo empacotado, ou seja, como “esferas empilhadas”.

Nos sólidos iônicos e metálicos os constituintes são indistinguíveis, isto é, são definidos por uma relação mínima entre átomos. Já nos sólidos covalentes, os constituintes são moléculas que têm existência independente. Assim, quando martelamos uma vela, ocorre um deslocamento de moléculas sobre outras, provocando o rompimento de interações entre as moléculas, isto é, interações intermoleculares.

A direcionalidade da ligação covalente (Figura 3) pode explicar as propriedades típicas dos sólidos moleculares, por exemplo, a forma como a estrutura da vela rompe quando submetida à força de uma martelada, diferente do rompimento do cristal de sulfato de cobre.

Interface Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente

Podemos inferir que o modelo de ligação metálica explica as propriedades de maleabilidade (possibilidade de se moldar em chapas) e ductilidade dos metais (capacidade de formar fios). Os metais mais maleáveis são utilizados na produção de lâminas. O alumínio, por exemplo, quando finamente laminado transforma-se em folhas, que são utilizadas em embalagens de cigarro, alimentos, entre outros. Quando transformado em chapas, é amplamente utilizado na fabricação de aviões. Já os metais mais dúcteis, como o cobre, são utilizados na fabricação de cabos elétricos e fios dos mais variados diâmetros. Estas são algumas das razões pelas quais os metais, conhecidos desde a antiguidade, são utilizados como matéria-prima em nossa civilização e têm importante papel no desenvolvimento da sociedade.

Considerando esse conteúdo abstrato, buscamos discutir sua aplicabilidade com enfoque nas vivências cotidianas dos alunos. Desse modo, o conteúdo de ligações químicas tem grande potencial para promover nos alunos maior entendimento dos aspectos microscópicos, os quais permitem a relação com as observações macroscópicas dos fenômenos.

Para avaliação dessa unidade didática, sugerimos a resolução de um Estudo Dirigido (ED2), composto por nove questões, em que requisitamos aos alunos que escrevessem sobre que tipo de interação ocorreu entre os constituintes das três substâncias testadas e em como essa interação está relacionada ao fenômeno observado durante o experimento. O ED2 encontra-se na próxima caixa de texto. As respostas apresentadas pelos estudantes permitem uma análise da apreensão e consolidação dos conceitos de ligações químicas externada pelos alunos, e posterior a discussão sobre a ampliação e explicitação de suas ideias quanto à teoria e situações vivenciadas.

MATERIAL PARA O ALUNO

Estudo Dirigido 2 (ED2) - Questões sobre a atividade experimental

“O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?”

1. O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?
2. Explique, macroscopicamente, o fenômeno observado durante o desenvolvimento da atividade experimental.
3. Diferentes sólidos possuem diferentes propriedades. Você concorda com essa afirmativa? Justifique sua resposta.
4. Quais os três sólidos utilizados na atividade experimental, que foram submetidos a marteladas?
5. De acordo com o que foi discutido em sala de aula, um material contém duas ou mais substâncias. Classifique, quanto ao tipo de ligação, os três sólidos utilizados na atividade experimental de acordo com o tipo de substância.
6. De acordo com a classificação proposta no item anterior, as substâncias utilizadas são formadas por quais constituintes (átomos, íons, moléculas). Classifique-os em metálicos e não-metálicos.
7. Considerando as propriedades periódicas dos átomos metálicos e não metálicos, como por exemplo, o potencial de ionização e a afinidade eletrônica, explique como se ligam os átomos.
8. Descreva, microscopicamente, o fenômeno observado na atividade experimental desenvolvida em sala de aula. Se preferir, utilize modelos representacionais.
9. Com suas palavras, explique o que é maleabilidade. Pesquise sobre a maleabilidade dos diferentes materiais sólidos.

Considerações sobre o desenvolvimento da unidade didática

Em sala de aula, outros recursos também podem ser utilizados para a exposição oral do conteúdo de ligações químicas. Com vistas a promover uma melhor compreensão pelos alunos, dado o grau de abstração desse conteúdo, a apresentação de imagens, figuras, animações e gráficos em multimídia, por exemplo, permite uma melhor descrição dos modelos que representam e diferenciam as ligações iônicas, covalentes e metálicas.

Consideramos o desenvolvimento desta unidade didática fundamental para o processo ensino-aprendizagem da unidade posterior, intitulada “Metais e suas propriedades”, em que temos como objetivo a abordagem da ligação metálica e algumas propriedades dos metais, e futuramente, no processo ensino-aprendizagem do conteúdo de química orgânica, na terceira série do Ensino Médio.

UNIDADE 4 – METAIS E SUAS PROPRIEDADES

Nesta unidade, o tema de Metais foi dividido em duas seções com enfoques distintos. A primeira seção, intitulada “**Metais - De onde vêm? Para onde vão?**”, encaminha a discussão sobre a origem dos metais, obtenção, utilização e propriedades. Em seguida, a seção intitulada “**Metais: produzindo energia**” aborda a propriedade dos metais de produzir energia a partir de reações de oxidação-redução.

O planejamento dessa unidade didática contemplou a realização de seis atividades experimentais demonstrativo-investigativas, que foram alicerce para ampla discussão sobre as propriedades dos metais. A leitura e discussão de um livro paradidático sobre o tema de metais e a exibição de um vídeo educativo sobre o fenômeno da ferrugem, colaboraram para a abordagem dos conceitos químicos e a retomada de algumas propriedades dos metais, bem como, o estabelecimento de um modelo de ligação metálica, inicialmente discutido na Unidade 3 (Apêndice 1). Para a implementação dessa unidade foram necessárias oito aulas de 45 minutos cada.

Metais - De onde vêm? Para onde vão?

Iniciamos esta unidade didática com a exposição de amostras de diferentes minérios e amostras dos metais correspondentes. Abaixo podem ser vistas sugestões de amostras. Na aplicação deste Módulo Didático usamos as duas amostras em negrito.

Listagem de alguns minérios e o metal correspondente

Hematita (minério de ferro)

Galena (minério de chumbo)

Esfarelita (minério de zinco)

Cassiterita (minério de estanho)

Garnierita (minério de níquel)

Bauxita (minério de alumínio)

Malaquita (minério de cobre)

Magnesita (minério de magnésio)

Magnetita (minério de ferro)

Antimonita (minério de antimônio)

As amostras foram passando de aluno por aluno para que todos pudessem observar cuidadosamente suas características macroscópicas como, cor, textura e brilho, para identificar as diferenças de cada minério e de seu respectivo metal. Neste momento, os alunos foram convidados a descrever aquilo que visualizavam.

Em seguida, introduzimos as seguintes perguntas problematizadoras:

Perguntas problematizadoras

- 1) *Podemos classificar um minério e um metal como sendo um material ou uma substância?*
- 2) *Como se obtém um minério e o metal?*
- 3) *Quais são as aplicações desses minérios e metais no nosso dia-a-dia?*

Tais perguntas demandam resoluções simples, em que o esforço para a elaboração das próprias concepções é fundamental para a autonomia do pensar pelo aluno. Contudo, grande parte dos alunos pode se mostrar insegura para responder a esses questionamentos, principalmente com relação às duas primeiras perguntas, por que ainda confundem os conceitos de minério e metal. Já para a terceira questão, os estudantes indicaram com maior propriedade as aplicações dos metais, como o uso na confecção de “janelas”, “painéis”, “bijuterias”, “joias”, “latas de refrigerante”, além de outros objetos a serem usados na construção civil, como utensílios domésticos e aqueles de uso nas indústrias, entre outros.

É importante destacar que durante a problematização os alunos devem ser estimulados ao debate e ao confronto de opiniões. Lembramos que o professor pode inspirar-se nessas perguntas para elaborar outras questões, buscando sempre uma proximidade destas com fenômenos presentes no cotidiano do aluno.

Após a problematização, levando em consideração as concepções prévias dos alunos sobre minerais, minérios e metais, introduzimos a interpretação microscópica da estrutura deles. Para isso, utilizamos um livro paradidático e um vídeo educativo.

Livro paradidático

Minerais, minérios, metais: De onde vêm? Para onde vão?

O livro paradidático²⁰ (CANTO, 2004) apresenta-se como um instrumento de ensino-aprendizagem amplamente diversificado, que possibilita uma prática educativa dinâmica, pois estimula a inserção da contextualização, da interdisciplinaridade e da prática da educação ambiental em sala de aula, além de ser um exercício de leitura.

²⁰ CANTO, E. L. **Minerais, minérios, metais: De onde vêm? Para onde vão?** 2ª. edição. São Paulo: Moderna, 2004. (Coleção Polêmica).

Este paradidático contempla 12 capítulos, a saber: 1. Minerais, minérios, metais; 2. Placas em movimento; 3. As rochas e o subsolo; 4. O que é metalurgia?; 5. Ouro; 6. Cobre, prata e mercúrio; 7. Ferro; 8. Estanho e chumbo; 9. Manganês e cromo; 10. Níquel e zinco; 11. Alumínio; 12. Algumas reflexões de ordem científica, legal e social.

Ao longo dos capítulos, o autor dispõe de informações sobre vários minérios e metais e articula a abordagem dos conceitos e teorias a aspectos históricos, sociais, tecnológicos, políticos e ambientais. A linguagem utilizada no livro agrada e estimula os alunos a participarem das discussões sobre a origem, a obtenção e uso dos diferentes minérios e metais.

Para o trabalho em sala de aula, sugerimos a realização de seminários sobre cada capítulo do paradidático. Dessa maneira, esta atividade deve ser solicitada aos alunos com antecedência de duas semanas, período que antecede o início da abordagem desta unidade didática em sala de aula.

MATERIAL PARA O ALUNO

Roteiro para a realização de seminário sobre o livro paradidático “Minerais, minérios, metais: De onde vêm? Para onde vão?” (CANTO, 2004)

Descrição do seminário

O seminário deverá ser realizado pelos alunos organizados em 10 grupos. Cada grupo deve ser composto por 3 ou 4 alunos e todos devem realizar uma leitura do livro ou, especificamente, do capítulo que contempla o tema a ser apresentado. O professor realizará um sorteio para a distribuição dos temas a serem apresentados por cada grupo, conforme o quadro abaixo:

Grupo	Tema/Capítulo	Página do livro
1	Minerais, minérios, metais; Placas em movimento	13 a 30
2	As rochas e o subsolo; O que é metalurgia?	32 a 45
3	Ouro	48 a 58
4	Cobre, prata e mercúrio	61 a 71
5	Ferro	74 a 88
6	Estanho e chumbo	91 a 100
7	Manganês e cromo	102 a 108
8	Níquel e zinco	110 a 116
9	Alumínio	117 a 125
10	Algumas reflexões de ordem científica, legal e social	130 a 138

Apresentação do seminário

Cada grupo deve produzir uma apresentação sobre o tema sorteado. O tempo de exposição do trabalho para cada grupo deverá ser de 10 minutos, sendo que ao final serão destinados cinco minutos para perguntas feitas pelo professor e pelos demais grupos.

Critérios de avaliação

A nota do seminário terá valor de 2,0 pontos, correspondendo a: **1.** Domínio do tema apresentado (Valor: 0,6 pontos); **2.** Adequação, qualidade e clareza da apresentação (Valor: 0,8 pontos); **3.** Pesquisa bibliográfica além do capítulo do livro (Valor: 0,3 pontos); **4.** Compreensão e análise crítica do tema abordado (Valor: 0,3 pontos).

Outra sugestão de atividade é a resolução de um Estudo Dirigido (ED3), que tem por objetivo orientar a leitura do paradidático pelos alunos. A resolução desse estudo dirigido pode estar vinculada a leitura integral do texto paradidático ou pode ser limitada apenas aos capítulos considerados mais relevantes para os objetivos a que se propõe essa unidade didática, considerando o tempo disponível para a execução da mesma.

MATERIAL PARA O ALUNO

Estudo Dirigido 3 (ED3) – Leitura e interpretação do livro paradidático “Minerais, minérios, metais: De onde vêm? Para onde vão?” (CANTO, 2004)

- 1) Leia o texto. Disserte, em no mínimo 8 linhas, sobre o tema abordado.
- 2) Liste as palavras que você apresentou maior dificuldade de entendimento.
- 3) Investigue a existência de indústria metalúrgica no Brasil e em Brasília/DF.

Professor!

Apontamos a necessidade de solicitar de forma enfática aos alunos que referenciem toda e qualquer fonte bibliográfica que façam uso. A discussão sobre a autoria de textos e as formas corretas de citação, inserindo, dessa forma, questões éticas sobre o plágio, visa contribuir para a construção da cidadania a partir do ensino de Química para formar o cidadão.

A partir da realização dos seminários e da resolução do estudo dirigido, sugerimos que o professor encaminhe a discussão sobre o texto paradidático e auxilie os alunos na compreensão dos conceitos teóricos. Neste momento, cabe ao professor promover a retomada das questões problematizadoras apresentadas no início dessa unidade.

Na aplicação do Módulo, a retomada das questões ocorreu mediante a discussão sobre a origem dos metais, sua obtenção e utilização, tendo como foco a perspectiva histórico-social-tecnológica e empregando a linguagem científica. Essa discussão permitiu aos alunos reconhecerem que a maior parte dos metais ocorre na natureza combinado com átomos de outros elementos, formando as substâncias presentes nos minerais. A formação dos minerais e minérios foi discutida de maneira interdisciplinar, na qual recorreremos à utilização de alguns conteúdos abordados, principalmente, na disciplina de Geografia e História. Dentre os conteúdos destacamos: a Terra e o conceito de crosta terrestre; os continentes e as placas tectônicas; o solo e o subsolo; os vulcões, as rochas e outras informações geológicas básicas articuladas a fatos históricos e atuais que podem ser coletados em fontes como jornais e revistas.

Também podemos destacar algumas reflexões de ordem científica, econômica, social e ambiental, como: o desenvolvimento de métodos e processos para extrair os metais e promover seu aproveitamento; a questão econômica dos países possuidores de recursos minerais; os problemas ambientais agregados e até as condições de segurança dos trabalhadores envolvidos nesse tipo de atividade. Essa pode ser uma discussão muito rica, possibilitando ao aluno distinguir minério de mineral, que apesar de relacionados, possuem distintas conceituações, principalmente em termos da maior abundância de metal no minério, viabilizando sua exploração econômica. Todas essas informações podem ser encontradas no livro paradidático. Cabe ressaltar que o professor de Química pode trabalhar em conjunto com professores de outras matérias para enriquecer ainda mais essa temática.

A leitura dos textos presentes no paradidático permitiu identificar as características mais importantes de diversos metais, como, por exemplo, do alumínio, do ferro, do magnésio, do zinco, do cobre, entre outros. Dessa maneira, foi possível discutir o estado físico dos metais, o processo de dilatação (presença de espaços vazios), a reatividade com oxigênio, a possibilidade de imantação e propriedades físicas como condutividade térmica e elétrica, brilho, maleabilidade e ductibilidade, a partir da realização de diversas atividades experimentais demonstrativas-investigativas, descritas na tabela abaixo.

Tabela: Descrição das atividades experimentais realizadas e as propriedades físicas e químicas investigadas

1.	“Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?”	Condutividade elétrica
2.	“O que acontece se utilizarmos um martelo para moldar diferentes sólidos?”	Maleabilidade
3.	“Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?”	Dilatação
		Condutividade térmica
4.	“Combustão de uma fita de magnésio”	Reação de oxidação-redução
5.	“Corrosão uma oxidação indesejada”	
6.	“Metal de sacrifício”	
7.	É possível fazer um relógio funcionar com água da torneira?	Reação de oxidação-redução Condutividade elétrica
8.	Como funciona um motor elétrico?	Imantação
		Magnetismo

A partir da discussão sobre a obtenção de metais pelo processo da metalurgia, buscamos aproximar o cotidiano dos alunos ao conhecimento químico discutido em sala de aula. Assim, na perspectiva de explorar os fenômenos de dilatação e condutividade térmica dos metais, realizamos a atividade experimental intitulada “Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?”.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?

O desenvolvimento dessa atividade compreendeu a abordagem dos três níveis do conhecimento químico, isto é: a discussão sobre as observações macroscópicas, breve discussão sobre a interpretação microscópica e a expressão representacional.

Inicialmente, apresentamos a pergunta problematizadora: **Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?**. Em seguida, fazendo uso de um aparato conhecido como Anel de Gravesande, foi realizado de forma

demonstrativa um experimento que explora o fenômeno da dilatação dos sólidos metálicos, neste caso o alumínio, bem como sua capacidade para conduzir energia térmica.

O roteiro experimental deve ser entregue a cada aluno ou aos grupos de alunos, para que possam acompanhar o desenvolvimento da atividade e fazer anotações de suas observações sobre o fenômeno apresentado.

O professor apresenta aos alunos o aparato a ser utilizado para a realização do experimento, ou seja, o Anel de Gravesande, e faz breve descrição do mesmo. Em seguida, apresenta os procedimentos básicos para o desenvolvimento da atividade, iniciando pelo aquecimento da esfera metálica. Os alunos observam a demonstração do experimento pelo professor. Para isso, elaboramos o seguinte roteiro experimental:

MATERIAL PARA O ALUNO

Roteiro experimental

Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro, por exemplo, utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?

Na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro, os profissionais da construção civil utilizam “folgas”, chamadas de juntas de dilatação, com o objetivo de prevenir o aparecimento de trincas e rupturas na estrutura dessas construções. Mas, qual é a causa desses danos? Como podemos explicar o aparecimento de trincas e rupturas na estrutura dessas construções? O presente experimento tem como objetivo analisar a dilatação e a condutividade térmica das substâncias metálicas e investigar como se organizam estruturalmente os átomos metálicos.

Materiais

- ✓ Anel de Gravesande
- ✓ Lamparina a álcool
- ✓ Caixa de fósforo
- ✓ Luva de tecido
- ✓ Protótipo do alarme de incêndio

Procedimento

1. O professor posicionará o Anel de Gravesande em uma mesa no centro da sala;
2. Em seguida, irá confirmar se a esfera metálica (esfera de alumínio), que acompanha o aparato, atravessa livremente pelo anel metálico;
3. Com o auxílio de palitos de fósforo, irá acender a lamparina e colocá-la embaixo da esfera de alumínio, por 5 a 10 minutos;
4. O professor novamente tentará passar a esfera de alumínio pelo anel metálico (**CUIDADO:** para esta etapa, faz-se necessário o uso de luva grossa pois a esfera metálica está muito quente).

Observações macroscópicas

Observe e descreva o fenômeno que presenciou.

Interpretação microscópica

Explique o fenômeno observado fazendo uso de conceitos e teorias cientificamente aceitas.

A partir da realização do experimento e das observações sobre o fenômeno, solicitamos aos alunos a descrição macroscópica e a interpretação microscópica do fenômeno.

Para esclarecer as dúvidas dos alunos sobre o experimento, iniciamos a discussão sobre os conceitos teóricos que o explicam, empregando a linguagem química. Para isso, torna-se necessário a abordagem sobre a estrutura dos sólidos metálicos e, principalmente, a existência de espaços vazios entre os átomos neutros metálicos em uma rede cristalina tridimensional. A partir da definição destes conceitos, foi possível aos alunos compreenderem algumas das propriedades características dos diferentes metais como, por exemplo: a dilatação e a condutibilidade térmica, entre outras.

Por fim, promovemos o fechamento da aula com a retomada da pergunta problematizadora apresentada inicialmente. Aproveitamos para evidenciar alguns aspectos do cotidiano relacionados à utilização dos sólidos metálicos, apontando algumas implicações sociais, tecnológicas e econômicas relacionadas ao fenômeno observado.

TEXTO PARA O PROFESSOR

Observação macroscópica

O Anel de Gravesande (Figura abaixo) é um instrumento metálico constituído por uma base metálica, uma haste em cobre munida de um anel metálico e uma esfera metálica (alumínio) suspensa numa haste metálica. A esfera de alumínio em temperatura ambiente atravessa facilmente o anel metálico. No entanto, a esfera de alumínio quando aquecida, aumenta de volume e não atravessa o anel metálico, como mostra a figura abaixo. Passado alguns minutos, a esfera metálica se resfria e volta ao volume primitivo e passa novamente através do anel metálico.

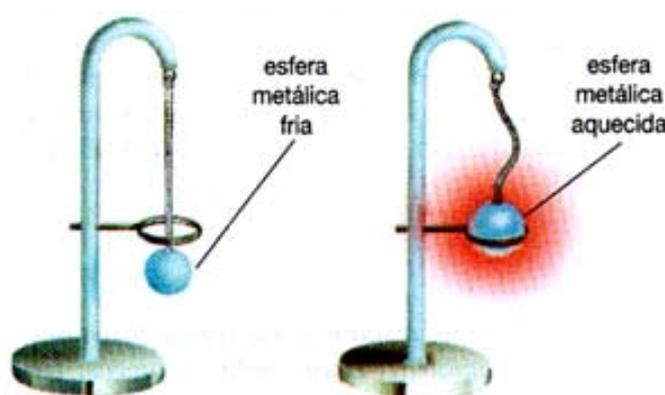


Figura. Anel de Gravesande.

Fonte: Google Imagens

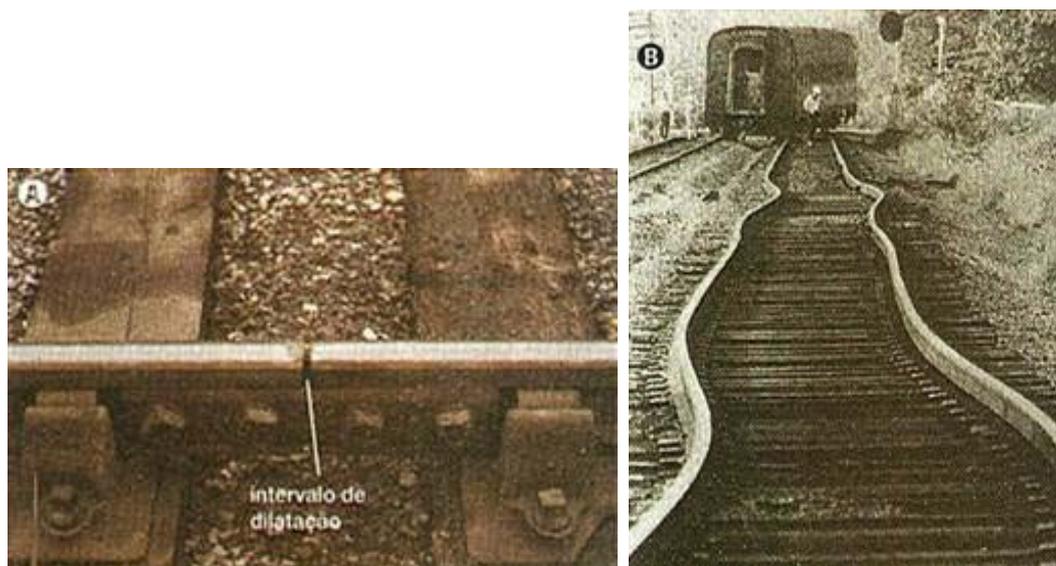
Interpretação microscópica

Quando um pedaço de metal está sendo aquecido, como a bola de alumínio do nosso experimento, os átomos vibram mais intensamente e ocorre uma transferência sucessiva de energia cinética de uma partícula para outra. Essa transferência de energia é sentida na forma de calor. Por sua vez, o calor se propaga de partícula para partícula. A condutividade térmica será tanto maior quanto maior for o número de átomos por unidade de volume. Isto explica porque os metais são bons condutores. A vibração dos átomos promove um aumento dos espaços vazios existentes na matéria e, conseqüentemente, a dilatação das substâncias metálicas.

Interface Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente

Na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro, os profissionais da construção civil utilizam “folgas”, chamadas de juntas de dilatação, com o objetivo de prevenir o aparecimento de trincas e rupturas na estrutura dessas construções. Problemas como trincas e rupturas ocorrem devido à alta condutividade térmica dos sólidos metálicos, que provoca a dilatação desses sólidos. Entre os sólidos metálicos, o alumínio e o cobre são os que melhor se dilatam. A dilatação ocorre devido às altas temperaturas que o material fica exposto. O aquecimento pode levar um sólido a dilatar-se em todas as direções.

Se você puder observar uma ferrovia antiga vai notar que, ao longo do mesmo trilho, há pequenos intervalos (espaços) (ver Figura A). Isso é necessário para evitar que a dilatação térmica deforme os trilhos (Figura B).



Figuras. A) Folga de dilatação entre os trilhos de uma ferrovia; B) Trilho de uma ferrovia deformado devido a dilatação térmica. **Fonte:** (Souza, 2007).

Na perspectiva de avaliarmos a compreensão dos alunos sobre os conceitos químicos abordados nesta atividade didática, dentre eles, o conceito de espaço vazio da matéria, estrutura cristalina metálica, dilatação e condutividade térmica dos metais, apresentamos aos estudantes um protótipo de um alarme de incêndio e solicitamos uma explicação para o seu funcionamento, com base em conceitos aceitos cientificamente e discutidos nesta atividade.

As respostas apresentadas permitem uma análise da apreensão e consolidação dos conceitos químicos externada pelos alunos e, também, da conscientização destes sobre como as propriedades dos metais têm possibilitado aos homens as mais diversas aplicações em seu cotidiano.

MATERIAL PARA O ALUNO

Avaliação da atividade experimental

Por que na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro utiliza-se “folgas”, chamadas de juntas?

A partir dos conceitos químicos discutidos durante o desenvolvimento do experimento com o Anel de Gravesande, explique o princípio de funcionamento do protótipo de alarme de incêndio apresentado em sala de aula.

Prosseguindo com as atividades experimentais, realizamos em sala de aula, de forma demonstrativa, a combustão de uma fita de magnésio, possibilitando discutir a reação de oxidação-redução como um processo em que ocorre a formação de uma substância, o óxido de magnésio.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Combustão de uma fita de magnésio

Neste experimento, utilizamos uma chama para aquecer um pedaço de fita de magnésio, que é um metal maleável e de cor acinzentada. A partir do aquecimento, podemos observar a ocorrência de uma reação química, em que a fita de magnésio se transforma em um pó branco muito fino, o óxido de magnésio.

Os alunos acompanham a experimentação com atenção para, posteriormente, fazer as devidas anotações sobre o fenômeno e suas observações macro e as interpretações microscópicas.

Durante a discussão para a interpretação microscópica desta atividade, os alunos apontam com facilidade a fita de magnésio, sem óxido, como sendo uma substância e não um material. A partir dessa definição, os alunos também apontaram como possível causa para a combustão da fita de magnésio a estabilidade relativa do sistema magnésio metálico e oxigênio do ar, comparada com a apresentada pelo óxido de magnésio produzido pela reação de combustão.

Para conduzir de forma mais concreta a discussão sobre os processos corrosivos, realizamos a atividade experimental intitulada “Corrosão de metais: uma oxidação indesejada”²¹, que explorou a corrosão de um prego. Aproveitando esta atividade, inserimos outro experimento, intitulado “Como proteger os cascos de navio contra a corrosão?”²², a partir da qual foi possível desenvolver outros conceitos básicos sobre corrosão. Estes experimentos, ilustram dois métodos de proteção dos metais contra a corrosão, um por meio da barreira física (tinta anti-corrosiva) e outro por meio de barreira química (inibidores).

A demonstração destes dois experimentos ocorre em um mesmo momento, em razão de ambos abordarem o fenômeno da corrosão em metais. Para isso, elaboramos os roteiros experimentais, que devem ser entregues a cada aluno ou aos grupos de alunos, para que possam acompanhar o desenvolvimento da atividade e fazer anotações de suas observações sobre os fenômenos apresentados.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Corrosão de metais: uma oxidação indesejada

MATERIAL PARA O ALUNO

Roteiro experimental

Corrosão de metais: uma oxidação indesejada

A corrosão ocorre de maneira espontânea nos sólidos metálicos. Mas como podemos

²¹ Corrosão. Roteiro experimental elaborado para abordar o tema “Metais” nas atividades do Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ/UnB).

²² Metal de sacrifício. Roteiro experimental elaborado para abordar o tema “Metais” nas atividades do Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ/UnB).

explicá-la? Quais são as causas e possíveis implicações em nossa vida cotidiana? O presente experimento tem como objetivo analisar, de modo simples, o processo de corrosão em metais e como prevenir essa oxidação indesejada.

Materiais

- ✓ Pregos de ferro
- ✓ Tinta zarcão
- ✓ Água salgada
- ✓ Água sanitária
- ✓ Água da torneira
- ✓ Copos plásticos transparentes
- ✓ Esponja de lã de aço

Procedimento

1. O professor colocará em um copo plástico 1 prego previamente limpo com lã de aço e 1 prego protegido com tinta de zarcão. A seguir, adicionará água salgada até cobrir parcialmente os pregos.
2. Durante a aula, observe o que acontece com os pregos. (Para obter melhores resultados, sugerimos a observação ao longo de uma semana).
3. O professor irá repetir o experimento utilizando água sanitária e água da torneira.

Observações macroscópicas

Observe e descreva o fenômeno que presenciou.

Interpretação microscópica

Explique o fenômeno observado fazendo uso de conceitos e teorias cientificamente aceitas.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Como proteger os cascos de navios contra a corrosão?

MATERIAL PARA O ALUNO

Roteiro experimental

Como proteger os cascos de navio contra a corrosão?

A corrosão ocorre de maneira espontânea nos sólidos metálicos. Mas como podemos explicá-la? Quais são as causas e possíveis implicações em nossa vida cotidiana? O presente experimento tem como objetivo analisar, de modo simples, o processo de corrosão em metais e como prevenir essa oxidação indesejada.

Materiais

- ✓ Pregos de ferro
- ✓ Água salgada (solução saturada de cloreto de sódio)
- ✓ 2 lâminas de zinco
- ✓ 2 fios com conectores (jacarés)
- ✓ 2 Copos plásticos transparentes
- ✓ Pregadores de roupa

Procedimento

1. Inicialmente, o professor colocará a água salgada no copo plástico (aproximadamente até a metade do copo).
2. Em seguida, colocará os 2 pregos dentro do copo plástico, fixando-os na vertical com o auxílio dos prendedores de roupa.
3. Também irá fixar a lâmina de zinco do mesmo modo que os pregos, ou seja, na vertical e utilizando os prendedores de roupa.
4. O próximo passo será conectar a lâmina a um dos pregos, utilizando os fios conectores já fixados aos jacarés.
5. Observe ao longo de uma semana possíveis alterações nos pregos.
6. Por fim, o professor irá repetir o experimento utilizando água sanitária.

Observações macroscópicas

Observe e descreva o fenômeno que presenciou.

Interpretação microscópica

Explique o fenômeno observado fazendo uso de conceitos e teorias cientificamente aceitas.

Estes experimentos possibilitaram falar novamente, em sala de aula, sobre a grande importância dos metais em nossas vidas. Relembramos o processo de obtenção dos metais a partir da extração de importantes minérios, frisando serem eles matéria-prima não renovável, e o fato de alguns metais corroerem facilmente. Acreditamos que retomarmos esses aspectos desperta mais interesse dos alunos, visto que esses são aspectos muito importantes do ponto de vista social, econômico e ambiental. Devido à enorme variedade de produtos metálicos fabricados, é fundamental que os estudantes saibam sobre os principais agentes de corrosão e como é possível evitá-los. Nessa perspectiva, foi utilizado como recurso didático o vídeo educativo “Materiais e suas propriedades – Ferrugem”, que fala sobre as características químicas e físicas da corrosão de certos metais.

Vídeo educativo**Materiais e suas propriedades – Ferrugem**

O episódio em questão, intitulado “Ferrugem” (BRASIL, s/d), tem duração de 25 minutos e faz parte da série “Materiais e suas Propriedades”, programa que contempla diversos vídeos educativos disponibilizados pela TV Escola para acesso *on-line* no portal do MEC (<http://tvescola.mec.gov.br>). Também, alguns dos programas exibidos pela TV Escola estão disponíveis para *download* gratuito no portal Domínio Público (<http://www.dominiopublico.gov.br>).

O vídeo educativo “Ferrugem” atende as necessidades pedagógicas desta unidade didática, introduzindo conceitos científicos de forma contextualizada e interdisciplinar, além da preocupação em abordar os aspectos históricos.

O uso deste recurso didático está diretamente relacionado aos demais recursos já explorados nesta unidade, como o livro paradidático e os experimentos sobre a corrosão dos metais. Assim, o vídeo educativo auxiliou a retomada dos conceitos-chaves explorados no livro paradidático. A seguir, sugerimos a elaboração de um roteiro para orientar o uso do vídeo em sala de aula.

ORIENTAÇÕES PARA O PROFESSOR

Sugestão de roteiro para o uso do vídeo em sala de aula

- Faça um roteiro com informações sobre o vídeo e com orientações sobre a dinâmica do trabalho a ser desenvolvido em sala de aula.
- O roteiro deve contemplar orientações sobre a(o):
 - temática do vídeo;
 - tempo de duração do vídeo;
 - objetivo e o conteúdo abordado;
 - dinâmica para exibição do vídeo;
 - avaliação do vídeo pelo aluno e participação nas discussões.
- Com antecedência de uma semana, entregue este roteiro aos alunos e informe-os sobre o trabalho que será desenvolvido a partir do uso do vídeo.

Para saber mais!

O vídeo educativo foi utilizado segundo a modalidade de vídeo-aula. Essa modalidade foi didaticamente eficaz na medida em que pode ser utilizada como retomada da explicação desenvolvida durante a aplicação das demais estratégias didáticas, em que as informações foram novamente ouvidas e, principalmente, visualizadas. Assim, o uso do vídeo educativo apresentou considerável importância para o fechamento e avaliação da atividade proposta.

Para saber mais sobre vídeo-aula, sugerimos a leitura do artigo:

*ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. **Química Nova na Escola**. n. 24. p. 8-11. nov. 2006.*

Professor!

O uso do vídeo como recurso didático para as aulas de Química depende da existência de condições técnicas e operacionais na escola como, por exemplo, de televisão ou datashow. Esses aparelhos serão conectados a um computador, e assim, será possível a exibição do vídeo, na própria sala de aula ou em outro ambiente específico para essa atividade.

O fechamento dessa atividade ocorre mediante a retomada de algumas reflexões sobre as transformações químicas observadas no dia-a-dia, que envolvem reação de oxidação-redução, e que transformam os materiais metálicos e comprometem sua durabilidade e desempenho.

A discussão promovida, inicialmente, a partir do livro paradidático “Minerais, minérios, metais: De onde vêm? Para onde vão?” permite aos alunos compreenderem a diversidade de uso dos diferentes metais. Posteriormente, algumas das propriedades físicas e químicas dos metais, dentre elas a reatividade química, foram enfatizadas mediante a experimentação.

A partir de amostras de minério metálico e de metais, ampliamos a discussão sobre o processo de obtenção. As diferentes etapas desse processo, desde a extração do minério da jazida, etapa denominada lavra, até a confecção e acabamento final do produto e o modo como esse chega ao consumidor foram exploradas a partir do vídeo educativo.

Tanto o vídeo quanto os textos do paradidático funcionaram como organizadores para discutir os conceitos químicos relacionados ao processo histórico-tecnológico da produção de metais e suas ligas, bem como o processo de corrosão e as formas de prevenção.

A abordagem realizada a partir desses experimentos envolveu o conceito de reação de óxido-redução com enfoque no óxido de ferro. Também ressaltamos as diferentes reatividades dos metais, como o zinco utilizado como metal de sacrifício para proteger o ferro da corrosão. Incluímos ainda na discussão a influência do oxigênio do ar, da temperatura e da umidade como agentes que aceleram a velocidade de oxidação (corrosão).

Professor!

As atividades desenvolvidas permitem relacionar os conceitos químicos às suas vivências cotidianas. Neste momento, é possível chamar atenção dos alunos para a importância da profissão do Químico na obtenção de substâncias a partir dos materiais.

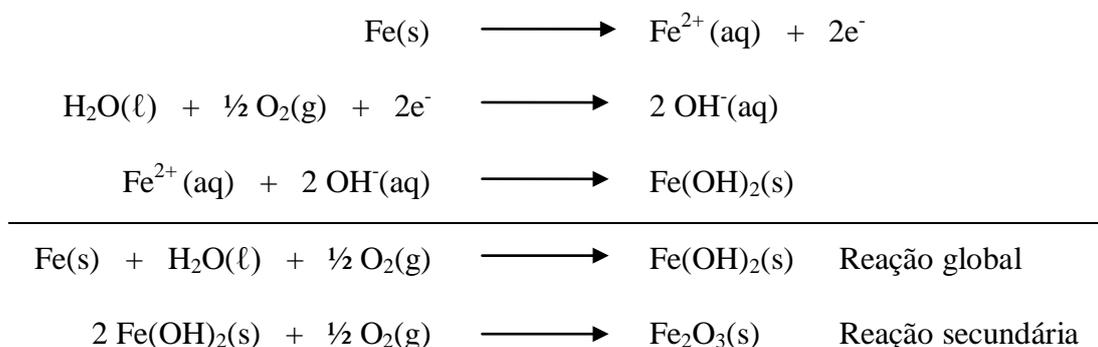
Sugerimos ainda a abordagem sobre a reciclagem de metais no Brasil, os aspectos econômicos da reciclagem e a problemática dos metais como matéria-prima não renovável.

TEXTO PARA O PROFESSOR

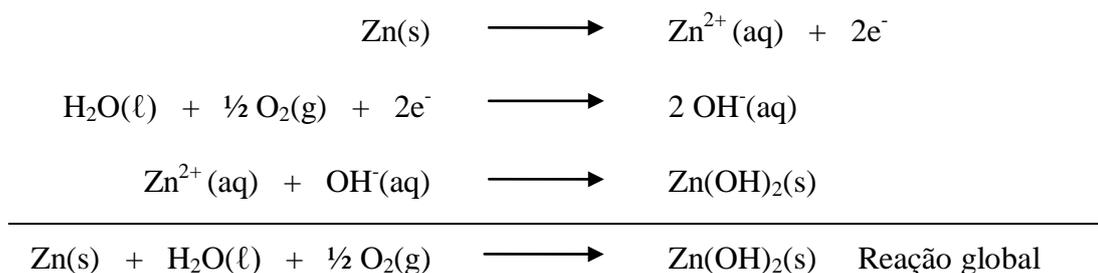
Interpretação microscópica

No processo de corrosão, a substância ferro do prego reage com as substâncias água e o oxigênio, formando a substância hidróxido de ferro. A substância hidróxido de ferro, por sua vez, reage com o oxigênio do ar, formando óxidos de ferro, de coloração preta ou avermelhada.

Este processo é conhecido como uma reação de oxidação-redução. Nesta reação, átomos de ferro, do prego, perdem dois elétrons formando íons Fe^{2+} . Os elétrons liberados são utilizados na redução do oxigênio em presença da água.



Em outra situação, quando se liga ao sistema um metal que se oxida mais facilmente que o ferro, a oxidação do ferro é drasticamente reduzida. O metal utilizado é chamado metal de sacrifício. Com grande frequência, o zinco é utilizado para atuar como metal de sacrifício. Assim, neste experimento, ao invés de observarmos a oxidação do ferro, o que se observa é a oxidação do zinco, com a formação de hidróxido de zinco. A reação de redução continua sendo a mesma. Neste caso, os elétrons liberados pelo zinco percorrem o fio metálico e vão promover apenas a redução do oxigênio na presença de água.



Interface Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente

Em escala industrial, processo semelhante é usado para proteger os cascos de navios e estacas das plataformas de petróleo feitas de aço. Para isso, são colocados blocos de magnésio metálicos, que fazem o mesmo papel que o zinco. O magnésio, quando em contato com a água do mar se oxida preferencialmente e, assim protege o aço. Dessa maneira, conhecer a reatividade de diferentes metais pode ajudar a retardar o processo corrosivo espontâneo por meio de ações preventivas.

Outras substâncias no ar e na água podem acelerar o processo de corrosão nos materiais metálicos. Assim, a presença dos íons cloreto na água salgada (água do mar) leva à formação de cloreto de ferro que é mais solúvel em água que o hidróxido de ferro, acarretando um desgaste maior da peça metálica.

A avaliação do processo ensino-aprendizagem sobre o fenômeno de corrosão dos metais pelos alunos ocorreu mediante a resolução de um Estudo Dirigido (ED3), composto por duas questões do tipo aberta. A elaboração desse instrumento avaliativo teve por objetivo estimular a reflexão dos alunos sobre os conceitos químicos definidos, de modo a relacioná-los às suas vivências cotidianas, principalmente para a resolução de problemas reais.

MATERIAL PARA O ALUNO

Estudo Dirigido 3 (ED3) – Questões sobre o vídeo educativo

“Materiais e suas propriedades - Ferrugem” (TV Escola)

- a) Em sua opinião, qual relação existe entre a metalurgia e a atividade experimental desenvolvida em sala de aula? Justifique sua resposta.
- b) De acordo com o vídeo educativo, aponte os fatores que causam a corrosão dos metais e apresente possíveis soluções para o problema da corrosão. Justifique sua resposta.

A partir dessa seção, intitulada “Metais - De onde vêm? Para onde vão?”, algumas das principais propriedades das substâncias metálicas foram discutidas mediante a implementação de diferentes atividades experimentais, na qual a interpretação microscópica dos fenômenos observados ocorreu com base no modelo de ligação metálica proposto para esse módulo didático (ver Apêndice 1).

Dando continuidade à implementação da presente unidade didática, iniciamos a seção intitulada “Metais: produzindo energia”, que tem por objetivo discutir a importância das substâncias metálicas no processo de produção de energia.

Novamente lançamos mãos de diferentes atividades experimentais, articulando o conhecimento científico e o conhecimento escolar ao contexto social.

Metais: produzindo energia

A partir da compreensão dos alunos sobre o modelo de ligação metálica proposto foi possível introduzir duas atividades experimentais demonstrativas-investigativas para abordar o conteúdo de pilhas e eletromagnetismo, respectivamente. A discussão desses conceitos em sala de aula torna-se importante por serem conteúdos relevantes e atuais, que merecem atenção por apresentarem aplicação social, tecnológica e ambiental.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Como é possível fazer um relógio funcionar com água da torneira?

No primeiro momento dessa atividade ocorreu breve contextualização do assunto. Destacamos o fato de vivermos na era da eletrônica, em que a maioria dos aparelhos, dispositivos eletrônicos e motores usados no dia-a-dia funciona à custa de energia elétrica, gerada a partir de dispositivos como pilhas ou baterias. Diante dessa constatação, lançamos a seguinte pergunta: “**Como é possível fazer um relógio funcionar com água da torneira?**”.

Esse questionamento causa grande surpresa nos alunos e permite a discussão a partir de suas concepções prévias. Para eles, o uso da energia elétrica e de pilhas comerciais e baterias é imprescindível para o funcionamento de aparelhos eletrônicos como: relógios, calculadoras, câmeras digitais, celulares, MP4, entre outros. Em função disso, os alunos respondem de forma negativa, ou seja, que não seria possível um relógio funcionar apenas com água. Contudo, considerando os conceitos sobre a propriedade da condutividade elétrica,

definidos na Unidade 2, os alunos podem argumentar que a água destilada não irá fazer o relógio funcionar, mas a água da torneira pode fazer com que o relógio funcione, por um pequeno período de tempo.

Na perspectiva de elucidar as hipóteses e considerações apresentadas, convidamos os alunos para a realização da experimentação intitulada “Como é possível fazer um relógio funcionar com água da torneira?”.

Para isso, realizamos a montagem de um circuito eletroquímico simples com o objetivo de fazer funcionar um relógio-despertador. Os alunos acompanham o desenvolvimento do experimento a partir do roteiro experimental elaborado:

MATERIAL PARA O ALUNO

Roteiro experimental

Como é possível fazer um relógio funcionar com água da torneira?

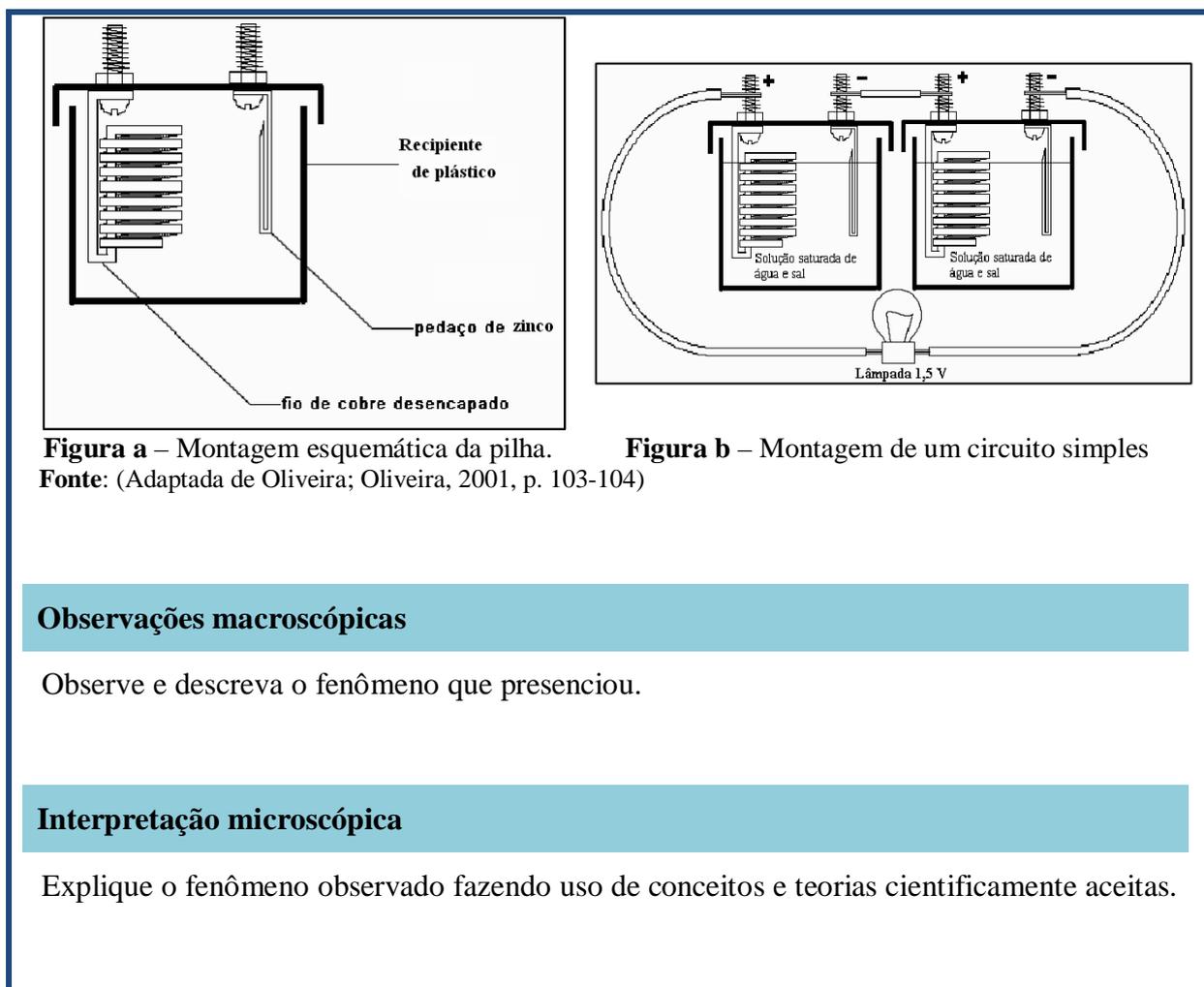
Esqueça as baterias, pilhas e todo o problema ambiental produzido quando elas perdem a utilidade! Com a questão da sustentabilidade ganhando força em todo o mundo, criam-se novas alternativas para produção de energia. Mas, será possível acionar um relógio sem utilizar uma pilha comercial? Como é possível um relógio-despertador funcionar, praticamente, com água da torneira ou a base de água salgada ou de limonada? O presente experimento tem como objetivo analisar a construção de uma pilha que produz energia elétrica capaz de acionar, por exemplo, um relógio-despertador.

Materiais

- ✓ 2 recipientes plásticos e transparentes
- ✓ 2 Fio de cobre desencapado (3 cm de comprimento por 2,5 mm de diâmetro) ou folha de cobre (3 cm x 0,5 cm).
- ✓ 2 Folha de zinco (3,0 cm x 0,5 cm ou clipes zincados)
- ✓ Água da torneira ou água com gotas de limão ou sal (Cloreto de Sódio)
- ✓ Relógio-despertador (lâmpada ou calculadora)
- ✓ 4 fios finos de 50 cm cada, com jacarés nas duas pontas (se possível, pares de fios de cores diferentes)

Procedimento

1. Inicialmente, o professor irá limpar/lixar os dois fios de cobre e as duas folhas de zinco com uma esponja de aço. Os fios de cobre serão enrolados, de forma a parecer com uma bobina. Tanto o fio de cobre quanto a folha de zinco podem ser obtidos em lojas de materiais para construção.
2. Em seguida, o professor colocará um fio de cobre e uma folha de zinco em lados opostos do recipiente plástico (célula eletroquímica) (Figura a). Deverá sobrar um pedaço do fio de cobre para formar uma haste, dobrada na ponta do recipiente plástico. Também, a lâmina/folha da calha de zinco deverá ser dobrada e fixada no recipiente plástico. O professor irá repetir este mesmo procedimento para o outro recipiente plástico.
3. Em cada recipiente plástico será adicionada água da torneira até se preencher aproximadamente $\frac{4}{5}$ do recipiente. Dessa maneira, os eletrodos (fio de cobre e folha de zinco) ficarão parcialmente imersos.
4. Antes de mergulhar os eletrodos na água, o professor irá marcar os pólos da pilha: Cobre (+) e Zinco (-).
5. Os pólos de cada pilha serão conectados. Assim, utilizando os jacarés e os fios conectores, o eletrodo de zinco do primeiro recipiente será ligado ao eletrodo de cobre do segundo recipiente. Por fim, esse sistema será conectado a um relógio-despertador (ou lâmpada ou calculadora) e o circuito elétrico construído será fechado (Figura b).
6. Com estes procedimentos a pilha estará pronta. Verifique o funcionamento do relógio-despertador e ajuste a hora certa (ou verifique o funcionamento da lâmpada ou da calculadora).
7. Durante a montagem do circuito elétrico, observe/discuta a necessidade de haver duas pilhas, ou seja, dois recipientes plásticos/célula eletroquímica para que estes, ligadas em série, possam gerar 1,5 V necessários para o funcionamento de um relógio-despertado.
8. Para obter melhores resultados quanto ao funcionamento do relógio-despertador, o professor poderá adicionar sal ou gotas de limão na água de cada recipiente, até que a solução se torne saturada.



Observações macroscópicas

Observe e descreva o fenômeno que presenciou.

Interpretação microscópica

Explique o fenômeno observado fazendo uso de conceitos e teorias cientificamente aceitas.

Os estudantes observam o professor realizar a montagem do circuito e a demonstração do experimento. Todas as observações e os resultados obtidos devem ser anotados pelos alunos no roteiro experimental ou no diário de aula, para serem discutidos posteriormente.

A partir das observações e anotações, solicitamos aos alunos a descrição macroscópica do fenômeno. Durante a discussão sobre os resultados do experimento, buscamos colocar em confronto as concepções espontâneas dos alunos, instigando-os a refletir e buscar explicações, de modo a relacionar os conceitos químicos já definidos sobre as substâncias metálicas e a propriedade da condutividade elétrica dos metais com o fenômeno macroscópico observado.

Para isso, avançamos com o conteúdo de metais e pilhas e a discussão sobre a ligação metálica e a reação de oxidação-redução. Neste momento, levamos os alunos a compreender como a Ciência explica o fenômeno observado mediante a definição dos conceitos teóricos, que explicam o relógio funcionar quando conectado a um circuito eletroquímico simples, constituído por eletrodos de zinco e cobre mergulhados em uma solução de água e sal de cozinha. Para isso, explicamos a geração de corrente elétrica com base na reação de oxidação-

redução e no movimento dos elétrons da camada de valência do zinco pelo circuito construído, tendo a água saturada com cloreto de sódio o meio eletrolítico para ocorrer o transporte dos íons. Em seguida, introduzimos a expressão representacional como uma síntese do que foi observado e explicado, empregando a linguagem química. A expressão representacional, neste experimente, compreende as reações químicas de oxidação e redução.

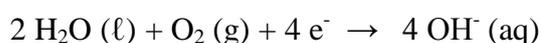
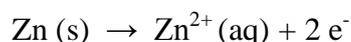
Ao fim da abordagem conceitual, promovemos o fechamento da aula com a retomada da pergunta apresentada no início da atividade: “Como é possível fazer um relógio funcionar com água da torneira?”. Aproveitamos para discutir as implicações sociais, tecnológicas e econômicas relacionadas ao fenômeno observado.

TEXTO PARA O PROFESSOR

Interpretação microscópica

Para se fazer uma pilha basta apenas dois metais diferentes (com diferentes potenciais de redução), imersos em um meio condutor eletrolítico, para que a diferença de potencial entre ambos gere corrente elétrica pela troca de elétrons entre estes materiais. Na prática, para que a pilha construída possa acionar um relógio-despertador ou uma calculadora é necessário levar em conta a d.d.p. entre o zinco e o cobre. A pilha de Zinco-Cobre em solução de água e sal de cozinha (cloreto de sódio) produz aproximados 0,8 V. Nesta pilha, o zinco é oxidado e fornecerá elétrons para a redução do oxigênio em presença da água. Esta reação ocorrerá na superfície do eletrodo de cobre.

A reação global é:



Interface Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente

Este tipo de reação, ou seja, reação de oxidação-redução com transferência de elétrons também ocorre na maioria das baterias químicas, como a de Níquel-Cádmio, que no Brasil, há pouco tempo, ainda era utilizada em aparelhos de celulares. As baterias de Níquel-Cádmio apresentam potencial de 1,5 V, são eficientes para aparelhos que necessitam de alta densidade de carga e têm vida útil longa. Contudo, em decorrência do descaso ou da maneira

inadequada com que se realiza o descarte de pilhas e baterias elétricas, estas constituem um enorme risco ambiental por conterem metal tóxico.

Diante da problemática ambiental, discute-se sobre o metal como matéria prima não renovável. Surge assim, o incentivo à reciclagem e a necessidade do uso de fontes alternativas para a obtenção de energia mediante a substituição dos metais por outros materiais, como os polímeros condutores que possuem iguais propriedades físicas e químicas dos metais.

Professor!

Durante a interpretação microscópica, sugerimos maior ênfase na discussão dos conceitos relacionados a:

- 1) reatividade de um metal frente a outro metal;
- 2) semi-reações e a reação global de oxidação-redução;
- 3) simultaneidade dos processos de oxidação e redução.

Para saber mais!

Durante a abordagem conceitual insira aspectos históricos sobre a origem das pilhas e aspectos sobre a problemática ambiental relacionada às pilhas.

A discussão sobre os experimentos de Luigi Galvani e Giuseppe Volta permite ao aluno conhecer o processo histórico para a compreensão do funcionamento das pilhas. Por isso, sugerimos a leitura do artigo:

*TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO R. C. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 35-39, maio 2000.*

*Para saber mais sobre a problemática ambiental relacionada às pilhas, sugerimos a leitura do artigo: BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 03-09, maio 2000.*

Para avaliação dessa atividade, solicitamos aos alunos que explicassem o funcionamento das pilhas comerciais, empregando os conceitos básicos utilizados para explicar o fenômeno observado durante o desenvolvimento da atividade experimental. Outro aspecto avaliado foi relativo à abordagem CTS e a inclusão de aspectos da Educação Ambiental (EA), que permitiu a discussão quanto às implicações socioambientais do descarte inadequado de pilhas comerciais.

Esta atividade avaliativa pode ser realizada individualmente pelo aluno ou pelo aluno organizado em grupo. O professor pode solicitar aos alunos ou aos grupos que apresentem

para a turma sua resposta a cada questionamento. Assim, a turma discute as respostas de cada aluno ou grupo e formula, junto com o professor, uma síntese desta atividade avaliativa.

MATERIAL PARA O ALUNO

Avaliação da atividade experimental

“Como é possível fazer um relógio funcionar com água da torneira?”

- a) De acordo com o experimento realizado descreva o funcionamento de uma pilha comercial, utilizando os conceitos básicos aprendidos na construção e operação de uma pilha simples.
- b) Pesquise as consequências ambientais do descarte inadequado de cada tipo de pilha comercial. Escreva em um parágrafo, sobre a necessidade de se reduzir o uso de pilhas e relacione aos perigos de poluição que decorrem do descarte inadequado e do não tratamento/reciclagem das pilhas usadas.

Dessa maneira, contextualizamos mais uma das propriedades dos metais e podemos ilustrar a partir de diferentes exemplos a aplicação dos metais no nosso cotidiano. O planejamento didático diversificado e a abordagem contextualizada, utilizando princípios muito próximos daquele usado pela indústria na produção de pilhas possibilitam ao aluno a ampliação dos saberes, de modo a permitir a ele exercer maior autonomia e tomada de decisão diante de situações relacionadas ao funcionamento, aplicação e problemática das pilhas e baterias, que hoje representa um conhecimento científico de grande interesse na esfera social, tecnológica e ambiental.

Para dar continuidade a essa discussão, a última atividade desta unidade didática foi elaborada com o objetivo de aplicar em sala de aula conceitos sobre magnetismo e eletromagnetismo. Com essa atividade, discutimos mais uma propriedade dos metais e encerramos a aplicação do módulo didático.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Como funciona um motor elétrico?

Na busca por resultados mais efetivos no processo de ensino-aprendizagem dos metais realizamos a presente atividade experimental com o objetivo de discutir os conceitos sobre magnetismo e eletromagnetismo a partir da observação do funcionamento de um motor elétrico e investigar de que modo os metais contribuem para converter energia elétrica em movimento.

Professor!

O desenvolvimento dessa atividade didática buscou suprir uma carência identificada na maioria dos materiais didáticos de Química para o Ensino Médio, que não contemplam durante a abordagem do conteúdo de ligações metálicas uma discussão sobre o magnetismo das substâncias metálicas e sua relação com a eletricidade na produção de energia mecânica.

Para a execução do experimento foi utilizado um protótipo de motor elétrico, por ser o motor elétrico muito utilizado em nosso cotidiano e conhecido por todos os estudantes. Para despertar a curiosidade dos alunos e motivar o interesse pela atividade, lançamos a seguinte pergunta: “**Como funciona um motor elétrico?**”.

O passo seguinte foi a realização do experimento, com foco no funcionamento dos motores elétricos e, principalmente, na propriedade magnética dos metais e sua relação com a eletricidade.

O experimento, de fácil montagem e de baixo custo, é realizado pelo professor de maneira demonstrativa. Os alunos acompanham a realização do experimento mediante o roteiro experimental, na qual podem fazer anotações sobre as observações macroscópicas e propor uma explicação para o fenômeno utilizando conceitos químicos.

MATERIAL PARA O ALUNO

Roteiro experimental

Como funciona um motor elétrico?

Você já deve ter observado que grande parte dos aparelhos elétricos que utilizamos tem a função de produzir movimento. Para refrescar sua memória vamos citar alguns: a

batedeira, o secador de cabelo, o ventilador, a furadeira, o aspirador de pó, além dos brinquedos movidos a pilha ou bateria, como carrinhos, robôs, e tantos outros. Mas, porque surge o movimento nesses aparelhos? Além de produzir movimento, o que mais eles têm em comum? O presente experimento tem como objetivo analisar, de modo simples, como funciona um motor elétrico a partir da eletricidade.

Materiais

✓ Protótipo de motor elétrico

Materiais necessários para a construção do protótipo:

- 2 baterias de 1,5 V
- 1 bobina de fio esmaltado de cobre
- 4 fios conectores e 2 conectores do tipo jacarés
- 1 imã grande (em formato de meia-lua)
- 2 hastes/suporte de metal (para apoiar a bobina)
- 1 tábua de madeira (para suporte do motor elétrico)
- Parafusos/pregos, chave de fenda/martelo

Procedimento

1. Inicialmente, o professor irá fixar o suporte das baterias em uma tábua de madeira.
2. Em seguida, irá fixar as duas placas de metal na tábua de madeira. Estas duas placas metálicas devem ser fixadas para sustentar a bobina de fio de cobre.
3. Cada bateria de 1,5 V será conectada a dois fios elétricos e dois conectores do tipo jacaré, que devem ser conectados as extremidades de uma das placas de metal.
4. Abaixo da bobina e entre as duas placas metálicas, será acoplado o imã grande em formato de meia-lua.
5. Observe que a distância entre as duas placas metálicas utilizadas para dar suporte à bobina e entre a bobina e o imã deve ser adequada para permitir a rotação da bobina.
6. Por fim, para dar partida no motor basta dar um leve toque com os dedos na bobina para colocá-la em movimento. Para interromper o movimento do motor elétrico basta desconectar um dos fios da bateria.

Observações macroscópicas

Observe e descreva o fenômeno que presenciou.

Interpretação microscópica

Explique o fenômeno observado fazendo uso de conceitos e teorias cientificamente aceitas.

O professor pode solicitar a colaboração dos alunos para a realização do experimento. Em seguida, discute junto aos alunos o fenômeno e solicita a descrição macroscópica do mesmo, ou seja, a bobina girando intensa e ininterruptamente a partir de um impulso inicial dado pelo aluno ou pelo professor. Após a descrição macroscópica do experimento, discutimos com os estudantes possíveis explicações para o funcionamento do motor elétrico. Para isso, buscamos abordar as propriedades magnéticas dos sólidos metálicos com base no modelo de ligação metálica (ver Apêndice 1).

Inicialmente, realizamos a demonstração da imantação e da desimantação de uma barra de ferro, ou seja, do processo pelo qual os corpos adquirem a magnetização e se tornam ímãs artificiais ou perdem a magnetização, respectivamente.

A maioria dos alunos tem conhecimento sobre a existência de ímãs, mas não sobre a possibilidade da imantação de um material metálico a partir do contato/atrito com um ímã natural, como a magnetita. Assim, a abordagem faz referência à existência de elétrons emparelhados e desemparelhados nos sólidos metálicos para definir o conceito de ímã e as propriedades magnéticas dos metais.

A partir da demonstração e da breve explicação sobre a imantação, voltamos a analisar o fenômeno do motor elétrico. Alguns dos conhecimentos abordados foram os conceitos de campo magnético e campo elétrico, assim como a retomada da discussão sobre corrente elétrica, abordado na Unidade 2.

A interpretação microscópica ocorreu com base na situação observada durante o funcionamento do motor elétrico, em que a bobina e o ímã quando próximos exercem um sobre o outro uma força de natureza magnética.

Ao fim da abordagem conceitual ocorre a retomada da pergunta posta no início da atividade, mediante uso dos conceitos científicos que explicam o funcionamento de um motor elétrico. Neste momento, ratificamos que os conceitos que explicam o modelo de motor

elétrico construído são os mesmos que possibilitam o desenvolvimento e o funcionamento dos motores que constituem a maioria dos aparelhos elétricos de uso cotidiano. Por fim, foi ressaltada a importância dos metais e de suas propriedades, como a condutividade elétrica e o magnetismo, para o desenvolvimento das máquinas e aparelhos elétricos.

TEXTO PARA O PROFESSOR

Observação macroscópica

Os fios que formam o circuito no protótipo do motor elétrico são conectados e o motor elétrico funciona de maneira constante a partir de um impulso inicial (leve toque dos dedos na bobina). Para interromper o movimento da bobina e cessar o funcionamento do motor elétrico basta tocar levemente a bobina ou desconectar um dos fios do circuito formado.

Interpretação microscópica

Definimos magnetismo como a propriedade que certos corpos possuem de atrair o ferro. Esses corpos são chamados ímãs ou magnetos. A magnetita, por exemplo, é um ímã que se encontra na natureza, sendo assim, um ímã natural (ver Figura 1). Entretanto, podemos fazer com que certos corpos neutros se tornem ímãs, mediante processo conhecido como imantação. Os ímãs obtidos a partir desse processo são chamados de ímãs artificiais.

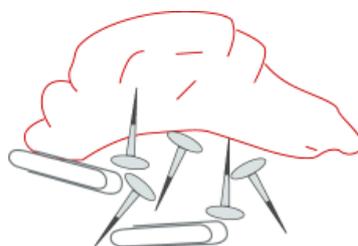


Figura 1. A magnetita é um ímã natural.

Fonte: Disponível em www.energiaon-line2.com/folder/demo_apostila_eletricidade.doc

Os principais processos de imantação são por:

- Indução Magnética - fenômeno pelo qual uma barra de ferro se imanta quando

fica próxima de um ímã.

- Atrito - acontece quando uma barra de ferro é atritada por um ímã, e esta se imanta. É necessário que ela seja atritada sempre no mesmo sentido.
- Corrente elétrica - ao percorrer um fio condutor, cria ao redor deste um campo magnético.

A figura abaixo (Figura 2) ilustra estes três processos de imantação:

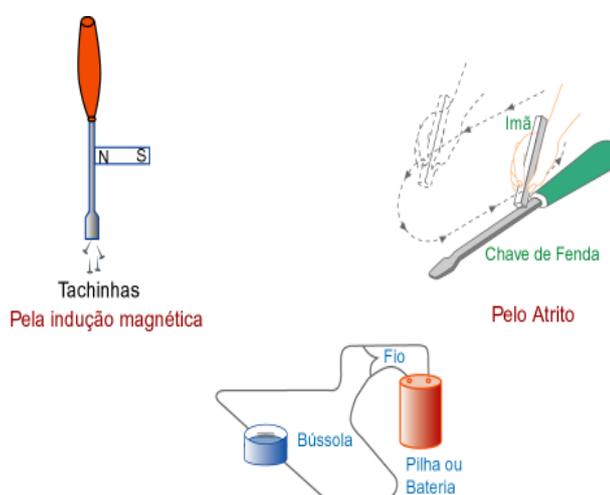


Figura 2. Principais processos de imantação.

Fonte: Disponível em www.energiaon-line2.com/folder/demo_apostila_eletricidade.doc

Os materiais que apresentam propriedades magnéticas são classificados em vários tipos, dentre eles: materiais ferromagnéticos e materiais não-ferromagnéticos. Os sólidos ferromagnéticos são fortemente atraídos por um ímã, como, por exemplo, o ferro, o níquel, o cobalto e algumas ligas que contêm esses elementos. Já os sólidos não-ferromagnéticos são materiais que não são atraídos pelos ímãs, como, por exemplo, o alumínio, o plástico, o latão, entre outros.

Os ímãs naturais são sólidos ferromagnéticos. Os sólidos ferromagnéticos mais comuns são o ferro (Fe), o cobalto (Co) e o níquel (Ni). O ferromagnetismo origina-se dos elétrons desemparelhados dos átomos metálicos, que quando colocados em um campo magnético tendem a se alinhar em um mesmo sentido.

O ímã cria um campo magnético na região onde se encontra a bobina. As baterias são conectadas ao circuito e quando o circuito é fechado, uma corrente elétrica passa pelo fio

conector de cobre e pela bobina, criando outro campo magnético na região onde se encontra o ímã. O campo magnético produzido por uma corrente elétrica, que passa através de um condutor elétrico, é denominado campo eletromagnético. A partir desse momento há uma interação entre o campo magnético do ímã e o campo magnético gerado pela corrente elétrica que percorre a bobina. Isso significa que os campos magnéticos estão sob a influência um do outro. O ímã é um sólido metálico que possui elétrons da camada de valência alinhados em sentido comum.

A corrente elétrica, que passa pela bobina, também possui cargas elétricas em movimento ordenado. Os campos magnéticos produzidos pelo ímã e pela bobina possuem um pólo norte e um pólo sul cada um. Os pólos norte de cada campo se repelem da mesma forma que os pólos sul de cada campo. Assim, o pólo norte do ímã é atraído pelo pólo sul da bobina e o pólo sul do ímã é atraído pelo pólo norte da bobina.

Como somente a bobina que está fixada ao um eixo tem mobilidade, a combinação dessas forças de atração e repulsão faz com que a bobina gire, de forma que o pólo norte do campo magnético da bobina fique mais perto do pólo sul do campo magnético do ímã, e o pólo sul do campo magnético da bobina se aproxime do pólo norte do campo magnético do ímã.

Esse movimento é efeito da ação da força magnética do ímã sobre a bobina e acontece devido a uma ação à distância entre eles. As forças de atração e repulsão entre o ímã e a bobina são usadas pelo motor elétrico para produzir o movimento. Assim, podemos entender a origem do movimento nos motores elétricos. O campo magnético da bobina deixa de existir quando a corrente elétrica cessa e o motor elétrico cessa seu movimento.

Interface Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente

As máquinas que atualmente conhecemos não produzem energia, elas convertem outros tipos de energia em energia mecânica para que possam funcionar. Assim, o motor elétrico é uma máquina destinada a converter energia elétrica em energia mecânica.

O funcionamento dos motores elétricos está baseado nos princípios do eletromagnetismo, mediante os quais, condutores situados num campo magnético e atravessados por corrente elétrica, exercem uma força, que produz o movimento típico dos motores elétricos.

Em sua casa, praticamente tudo que se move devido à eletricidade usa um motor

elétrico. Um exemplo disso é o liquidificador. Ele converte a energia elétrica em energia mecânica para que possa processar os alimentos. Diversos outros aparelhos funcionam a partir do motor elétrico, assim podemos citar: a batedeira, o secador de cabelo, o ventilador, a furadeira, o aspirador de pó, além dos brinquedos movidos a pilha ou bateria, como carrinhos, robôs, e tantos outros.

Os motores elétricos são os mais usados de todos os tipos de motores, pois combinam as vantagens da utilização de energia elétrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando – com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

Existem vários tipos de motores elétricos, dos quais os principais são os de corrente contínua e de corrente alternada. Os motores de corrente contínua são mais caros, pois é necessário um dispositivo que converte a corrente alternada em corrente contínua. Já os motores de corrente alternada são mais baratos e os mais utilizados, pois a energia elétrica é distribuída em forma de corrente alternada, reduzindo assim seu custo.

Para saber mais!

Para saber mais sobre o funcionamento dos motores elétricos, consulte as seguintes obras:

*GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o 1º. Grau.** 4. ed. São Paulo: Editora Ática. 1996. p. 197-205.*

*GRAF: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Leituras de Física: **Eletromagnetismo.** v. 3. São Paulo: EDUSP. 1998. p. 56. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro3.pdf>>. Acesso: 28 maio de 2010.*

*VALADARES, E. C. **Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo.** 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2002. p. 113-114.*

Para avaliação da compreensão dos estudantes sobre os conceitos químicos definidos durante a abordagem desta atividade experimental, dentre eles, o conceito de imantação e eletromagnetismo, foram apresentadas algumas questões com enfoque na aplicabilidade destes conceitos em diversos processos do cotidiano.

Nessa etapa, o professor solicita aos alunos o desenvolvimento das atividades avaliativas de maneira individual ou em grupo. As argumentações de cada aluno ou grupo deverão ser apresentadas para a turma, para a elaboração de uma síntese sobre o conteúdo ministrado e os resultados obtidos.

MATERIAL PARA O ALUNO***Avaliação da atividade experimental***
“Como funciona um motor elétrico?”

- a) O que é um ímã e sua importância para o funcionamento do motor elétrico.
- b) A partir do experimento realizado, explique a importância da corrente elétrica e da bobina para o funcionamento do motor elétrico.
- c) Fazendo uso dos conceitos discutidos, explique o funcionamento de um motor elétrico.

Questão desafio

Aproxime uma folha de papel ou de cartolina contendo limalha de ferro do protótipo de motor elétrico utilizado e verifique o que ocorre com a limalha de ferro. Justifique fazendo uso dos conceitos químicos já abordados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da implementação desse módulo didático, algumas das principais propriedades das substâncias metálicas foram discutidas mediante a implementação de diferentes atividades experimentais, na qual a interpretação microscópica dos fenômenos ocorreu com base no modelo de ligação metálica aceito cientificamente (ver apêndice 1).

O modelo que explica de maneira mais aprofundada as propriedades dos sólidos metálicos e a formação da ligação metálica que é o modelo da Teoria dos Orbitais Moleculares (TOM) ou modelo das bandas de energia. Contudo, foi necessária uma adequação desse modelo, que é complexo, ao nível de abstração apresentado pelos alunos do Ensino Médio.

Obviamente que não tivemos condições de abordar a formação de orbitais moleculares fazendo uso dos conhecimentos da mecânica ondulatória, mas de forma simplificada falamos da existência de níveis de energia, lançando mão do átomo de Rutherford-Bohr.

Para isso, relacionamos as camadas do átomo de Rutherford com os níveis de energia do átomo de Bohr. Informamos que a principal característica deste último modelo atômico era a indicação de níveis de energia permitidos em que os elétrons se encontravam.

O modelo atômico de Rutherford-Bohr permitiu-nos discutir os níveis de energia para os sólidos metálicos e introduzir o modelo de ligação metálica com base na teoria de bandas de energia, que explica satisfatoriamente as propriedades dos sólidos metálicos, discutidas neste módulo didático a partir da realização de diversas atividades experimentais.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES JÚNIOR, A.; ANTUNES, J. **Ciências Naturais para a quarta série ginásial**. 30. ed. Companhia Editora Nacional: São Paulo, 1958.
- ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. **Química Nova na Escola**. n. 24. p. 8-11. nov. 2006.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.
- BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996.
- BELTRAN, N. O.; LIEGEL, R. M. **Química: Ensino Médio**. v. 2. Brasília: CIB – Cisbrasil. 2008.
- BELTRAN, N. O.; LIEGEL, R. M.; NERY, A. L. P. **Química: Ensino Médio**. v. 3. Brasília: CIB – Cisbrasil. 2007.
- BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 03-09, maio 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. Rede Interativa Virtual de Educação – RIVED. Universidade de Uberlândia (UFU). Química. **Condutividade - Guia do professor**. s/d. Disponível em:
<http://www.rived.ufu.br/objetos/quimica/condutividade/GuiaCondutividade.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação a Distância. Programa TV Escola. **Materiais e suas propriedades: Ferrugem** (19 min, 5 s). Vídeo 75 min, 45 s, son., color, BBE. 1997. Tradução da edição da Channjel 4 Learning, Grã-Bretanha. s/d. Disponível em: <<http://tvescola.mec.gov.br/>>. Acesso em 20 jun. 2010.
- BROWN, L. S.; HOLME, T. A. **Química Geral aplicada à Engenharia**. Tradutor: Maria Lúcia Godinho de Oliveira. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- BROWN, T. L.; LEMAY, E. H.; BURSTEN, B. E. **Química, a Ciência Central**. Tradutor Robson Matos, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- CANTO, E. L. **Minerais, Minérios, Metais: De Onde Vêm? Para Onde Vão?**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004. (Coleção Polêmica).
- CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson Learning, 2004.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.

EVANGELISTA, J. S. **Materiais e suas propriedades como contexto no ensino de Ligações Metálicas**. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.cecimig.fae.ufmg.br/wp-content/uploads/2007/10/Monografia_jaqueline.pdf>. Acesso em: 28 mar 2010.

FANTINI, L. **Testador de condutividade**. 2009. Disponível em: <<http://pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=213&TESTADOR+DE+CONDUTIVIDADE>>. Acesso em: 23 fev. 2010.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 20-24, nov. 2006.

FERREIRA, G. A. L.; MÓL, G. S.; SILVA, R. R. Criogenia e Supercondutividade. **Química Nova na Escola**, n. 03, p. 08-10, maio 1996.

Funcionamento do motor elétrico. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/16570458/Funcionamento-do-motor-eletrico>>. Acesso em: 20 set 2010.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o 1º. Grau**. 4. ed. São Paulo: Editora Ática. 1996. p. 197-205.

GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de um modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 02, p.197-212, 1993.

GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Leituras de Física: Eletromagnetismo**. v. 3. São Paulo: EDUSP. 1998. p. 53-76. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro3.pdf>>. Acesso em: 28 maio de 2010.

HERNANDES, L. C. **Atividades Experimentais no Ensino da Física Moderna e a Prática Pedagógica de Professores**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Educação. Santa Maria, 2002.

HODSON, D. Hacia um trabalho más crítico del trabalho de laboratório. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

Ligações químicas. Disponível em: <http://200.156.70.12/sme/cursos/EQU/EQ20/modulo1/aula0/aula01/01.html>. Acesso em: 20 maio 2010.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. **Química, um curso universitário**. Tradução da 4. ed. americana. 4. reimp. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

OLIVEIRA, A. G. M. I; OLIVEIRA, I. T. P. Construção de uma pilha didática de baixo custo. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, n.1, v. 18, p.101-107, 2001.

PONTONE JR., R. As atividades prático-experimentais em Ciências. **Presença Pedagógica**, v. 4, n. 24, p. 71-75, nov./dez. 1998.

ROCHA-FILHO R. C. Polímeros condutores: descobertas e aplicações. **Química Nova na Escola**, n. 12, p. 11-14, nov. 2000.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química e Sociedade**. São Paulo: Nova Geração. Volume único. 2005.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SILVA, D. C.; QUADROS, A. L.; AMARAL, L. O. F. Os metais e a ligação metálica na dinâmica dos livros didáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/246.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2010.

SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. (org.). In: **Ensino de ciência: fundamentos e abordagens**. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora, p. 120-153, 2000.

SILVA, R. R.; BAPTISTA, J. A.; FERREIRA, G. A. L. **O que é a Química e o que um químico faz**. Notas de aula - Material didático da disciplina de Experimentação no Ensino de Química (Graduação) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 231-261.

SOUZA, L. F. **Um experimento sobre a dilatação térmica e a lei de resfriamento**. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/inic/luizfernando/monografiaLuizFernando.pdf>>. Acesso em: 02 abril 2010.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO R. C. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 35-39, maio 2000.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida**: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2002. p. 113-114.

WEISSMANN, H. O laboratório escolar. In: Weissmann, H. (org.). **Didática das Ciências Naturais: contribuições e reflexões**. Porto Alegre: ArtMed, 1998. p. 231- 238.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Texto de apoio “Ligação metálica”

Ligação metálica

As substâncias metálicas têm constituído os mais diversos objetos e ferramentas utilizados pela humanidade desde a Antiguidade. Metais como o ouro, o cobre, a prata, o estanho, o chumbo e o ferro, além da liga metálica bronze, eram trabalhados para a produção de utensílios, adornos e ferramentas, que tiveram relevante contribuição para o desenvolvimento da nossa sociedade.

Os metais, no estado sólido, apresentam excelente condutividade térmica e elétrica. Você já deve ter notado que os circuitos elétricos são formados por metais, sendo o cobre o mais utilizado, devido à sua baixa resistência elétrica. Muitos utensílios de cozinha são de metais, como os talheres, devido à possibilidade de moldá-los, à resistência ao impacto e à dureza, sendo possível a produção de facas afiadas.

Os metais apresentam temperaturas de fusão variadas. Alguns, como o Hg, o único metal líquido à temperatura ambiente, e ainda o Na, o Cs, o K e o Ga, fundem em temperaturas menores do que 100 °C, enquanto outros, como Fe, Mo, Cr, W permanecem sólidos em temperaturas acima de 1500 °C. Entretanto, as temperaturas de ebulição são invariavelmente altas, apesar de muito diversificadas, sendo o Hg o metal de menor temperatura de ebulição, 357 °C, seguido pelo Cs com 671°C.

Ao analisarmos a composição das substâncias metálicas, verificamos que são, geralmente, substâncias simples, formadas apenas por átomos metálicos. Muitas vezes, utilizam-se ligas metálicas, que apresentam variações significativas nas propriedades do metal puro, permitindo sua aplicação em ferramentas, máquinas e utensílios.

Na Química, a conexão do mundo microscópico com o mundo macroscópico é um constante desafio. Para isso, procuramos definir um modelo de ligação metálica aceito cientificamente com o objetivo de explicar de maneira satisfatória e as propriedades das substâncias metálicas.

Com base no que sabemos sobre os átomos dos elementos metálicos, podemos analisar as tendências periódicas. Existem três características significativas que são comuns a quase todos os átomos de elementos metálicos, são elas:

- As energias de ionização (EI) dos átomos livres de elementos metálicos e semi-metálicos geralmente são pequenas. Uma baixa energia de ionização significa que um átomo atrai fracamente seus elétrons de valência, o que indica que esses elétrons podem ser retirados do átomo no estado fundamental, formando um íon positivo.
- A afinidade eletrônica (AE) dos metais é baixa. A quantidade de energia necessária para adicionar um elétron a um átomo neutro para formar um ânion.
- O número de seus elétrons de valência é menor que o número de seus orbitais de valência.

O estudo dos sólidos metálicos, assim como o estudo dos sólidos iônicos e moleculares, exige um entendimento maior sobre sua estrutura e constituição, o que inclui, principalmente, a interação estabelecida entre átomos, íons e moléculas, respectivamente.

A partir das características periódicas apresentadas acima, podemos inferir que os metais não são aptos a realizar ligação iônica e ligação covalente. Contudo, outros modelos são capazes de explicar as interações entre os átomos metálicos. Dessa maneira, surge a necessidade de propor um modelo de ligação metálica adequado para discutir as diferentes propriedades físico-químicas dos metais.

Diversos modelos são utilizados para explicar as interações entre os átomos metálicos, suas estruturas complexas e, conseqüentemente, suas propriedades.

O primeiro e mais simples modelo proposto para a ligação metálica é conhecido como “modelo de nuvem eletrônica” ou “modelo de mar de elétrons”, tendo como característica principal a existência de cátions metálicos e de elétrons de valência deslocalizados se movimentando livremente por todo o sólido metálico. Este modelo, comumente encontrado nos livros didáticos, explica algumas das propriedades observadas nos metais, como a maleabilidade, a ductibilidade e a condutividade elétrica (BROWN; HOLME, 2009; SILVA *et alii*, 2009). Contudo, é de difícil compreensão, visto que a interação entre os cátions metálicos e os elétrons da camada de valência resultaria na formação de substâncias com propriedades diferentes das observadas para as substâncias metálicas. Assim, a partir do “modelo de nuvem eletrônica”, os sólidos metálicos seriam quebradiços, contrariando o observado com relação à propriedade da maleabilidade dos metais.

O modelo do “mar de elétrons” permite um entendimento qualitativo, sendo que outros modelos preocuparam-se em elucidar satisfatoriamente as propriedades dos metais de maneira quantitativa.

Hoje, o modelo da Teoria dos Orbitais Moleculares (TOM) ou modelo das bandas de energia representa o modelo mais aceito cientificamente, por ser capaz de explicar de forma clara e abrangente a formação da ligação metálica e as propriedades das substâncias metálicas. Este modelo faz referência ao conceito de bandas de energia e a *não-direcionalidade* das interações entre os átomos metálicos.

Considerando o modelo das bandas de energia complexo, por fazer referência ao modelo ondulatório da mecânica quântica, resolvemos abordá-lo de maneira articulada ao modelo de partícula.

Para isso, vamos abordar de forma simplificada a existência de níveis de energia, lançando mão do átomo de Rutherford-Bohr. Assim, relacionamos as camadas do átomo de Rutherford com os níveis de energia do átomo de Bohr. A principal característica deste último modelo atômico foi a indicação de níveis de energia permitidos, em que os elétrons se encontravam.

A elucidação da estrutura atômica de Rutherford-Bohr permite discutir os níveis de energia para os sólidos metálicos e introduzir o modelo de ligação metálica com base na teoria de bandas de energia.

No modelo de Bohr, o átomo é formado de duas regiões: uma no centro chamada núcleo, onde estão os prótons e os nêutrons e outra chamada eletrosfera onde estão os elétrons. A figura abaixo (Figura 1) é uma representação do átomo de hidrogênio, segundo o modelo de Bohr:

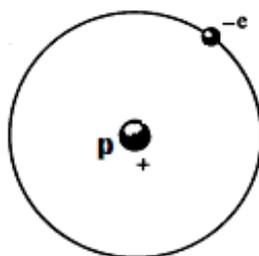


Figura 1. Átomo de hidrogênio, segundo o modelo de Bohr.

Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro3.pdf>. (p. 151)

Em função dos diferentes níveis de energia que o elétron pode ter, podemos fazer um mapeamento dos seus correspondentes. Para o átomo de hidrogênio, o diagrama dos níveis de energia possíveis para o seu elétron de valência está indicado na figura abaixo (Figura 2).

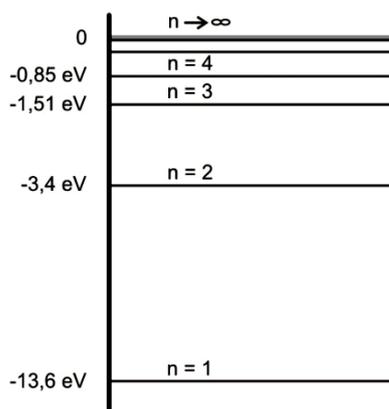


Figura 2. Diagrama dos níveis de energia para o átomo de hidrogênio.

De acordo com este diagrama (Figura 2), quando o elétron encontra-se no primeiro nível energético ($n = 1$), ele está no estado fundamental. Fora dele, o átomo está no estado excitado. Este estado, entretanto, é transitório, a menos que o átomo receba continuamente energia. Caso contrário, o elétron retorna espontaneamente ao nível de energia inicial. Ao fazê-lo, ele emite a mesma quantidade de energia absorvida anteriormente, voltando ao estado fundamental. Em ambos os casos, dizemos que houve um salto quântico de energia (Figura 3).

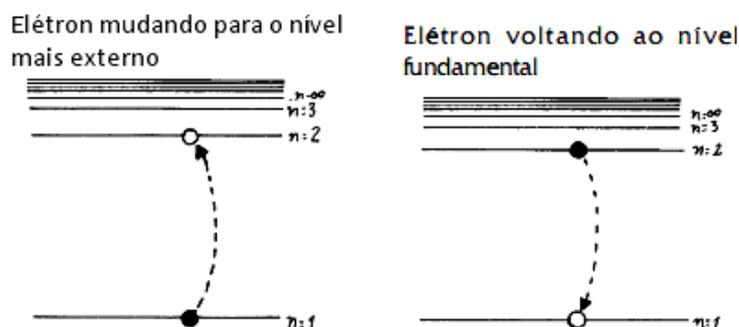


Figura 3. Salto quântico de energia para o elétron da camada de valência do átomo de hidrogênio.

Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro3.pdf>. (p. 151)

Podemos compreender a formação de ligação química, observando que somente os elétrons de valência, ou seja, aqueles que estão no último nível energético e, conseqüentemente, com maior energia, estarão disponíveis para a formação da ligação química. A partir da Figura 4, podemos observar que para a formação de uma ligação química os níveis de mais baixa energia são ocupados primeiramente. Ainda segundo a Figura 4, podemos afirmar que a energia dos átomos do hidrogênio (H_A e H_B) é mais alta do que a energia de formação da molécula de H_2 ($H - H$).

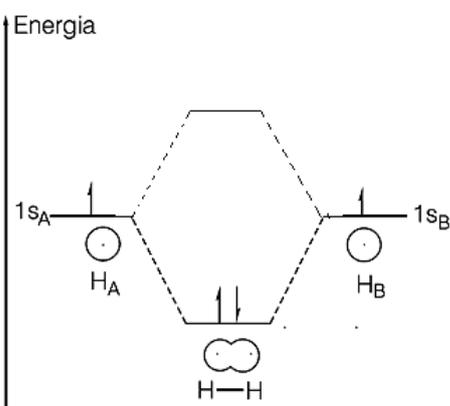


Figura 4. Diagrama dos níveis de energia para a formação da molécula de H_2 .

Para a formação de uma substância metálica, a interação de um átomo metálico com apenas outro átomo metálico geralmente não resulta em uma diminuição significativa de energia. Dessa maneira, uma maior estabilidade pode ser atingida se os elétrons de valência de um átomo se deslocarem sob a influência de vários outros núcleos e de níveis de energia disponíveis.

No retículo cristalino metálico cada átomo pode compartilhar os elétrons de muitos vizinhos mais próximos, de maneira que seja energeticamente favorável. Assim, os cristais metálicos são mais estáveis do que os átomos separados, porque no cristal os elétrons de valência podem deslocar-se por entre os vários núcleos.

Para vermos como isso ocorre, vamos imaginar a formação de um cristal unidimensional de Lítio²³ (Li). Considerando que a configuração eletrônica de valência do lítio é $2s^1$, todas as interações entre os átomos de lítio ocorrem neste nível de energia. Começando a interação de maneira simples, com dois átomos de Li (Li_2) colocados perto o suficiente para que se superponham e interajam: cada um dos átomos tem um elétron mais externo que é fracamente atraído pelo respectivo núcleo (localizado no nível energético $2s$). Se a distância entre os átomos for diminuindo, os elétrons localizados no nível energético $2s$ serão atraídos simultaneamente pelos dois núcleos. E assim ocorre para três átomos de Li (Li_3), quatro átomos de Li (Li_4) e milhares de átomos de Li (Li_n) que se aproximam para

²³ Utilizaremos o Lítio pela simplicidade e pelo número reduzido de elétrons na camada de valência.

formar a ligação metálica. Essa situação é mostrada na figura abaixo (Figura 5), chamada de estrutura de bandas.

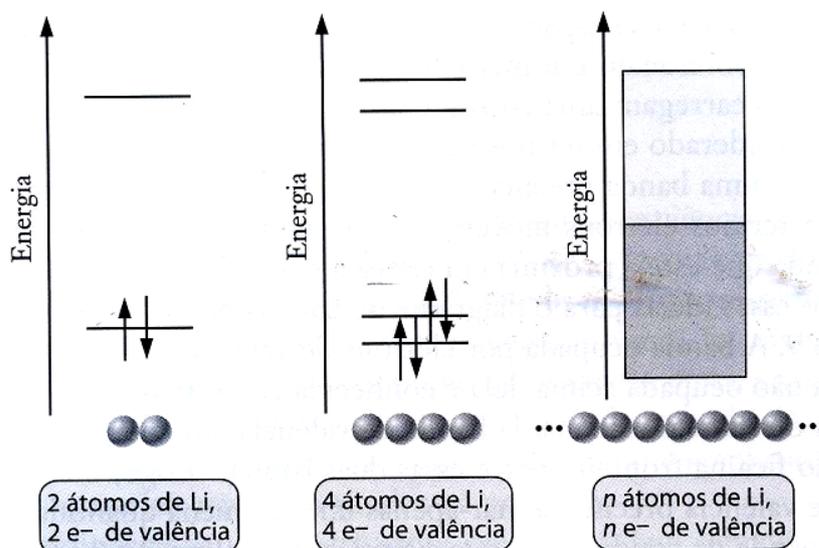


Figura 5. Bandas de níveis de energia para o lítio metálico (Li_n). **Fonte:** Brown; Holme, 2009, p. 303.

De acordo com a estrutura de bandas, os elétrons podem se movimentar livremente ao longo de toda estrutura metálica. As bandas apresentam os níveis de energia muito próximos. Uma banda quase contínua é construída por tantos níveis quantos forem os átomos participantes. Cada nível pode conter dois elétrons de spins opostos.

Assim, foi possível a elaboração de modelos de ligação metálica, compatível com as propriedades químicas e físicas apresentadas pelos metais. Algumas dessas propriedades merecem destaque, são elas:

➤ **Propriedades físicas**

- Estado físico (sólido e líquido)
- Dilatação
- Condutividade térmica e elétrica
- Brilho
- Maleabilidade
- Ductilidade
- Imantação

➤ Propriedades químicas

- Reatividade com o oxigênio
- Magnetismo

Nos metais os elétrons de valência têm energias muito próximas e precisam de pequena energia adicional para ser excitado a bandas de energia mais elevadas. Esses elétrons podem se movimentar livremente pela estrutura do sólido, conferindo ao metal as propriedades da condutividade elétrica e térmica.

Para haver condutividade elétrica, é necessário o movimento de elétrons entre as bandas de valência (níveis de mais baixa energia ocupados) e de condução (níveis de energia mais altos vazios) (Figura 6). A banda ocupada por elétrons de valência é chamada de banda de valência e a banda não ocupada acima dela é chamada de banda de condução. Logo, é possível explicar a propriedade da condutividade elétrica, em que um elétron que está no alto da banda de valência precisa ganhar apenas uma pequena quantidade de energia para atingir a banda de condução, o que significa, por exemplo, que o Lítio deve ser um bom condutor elétrico.

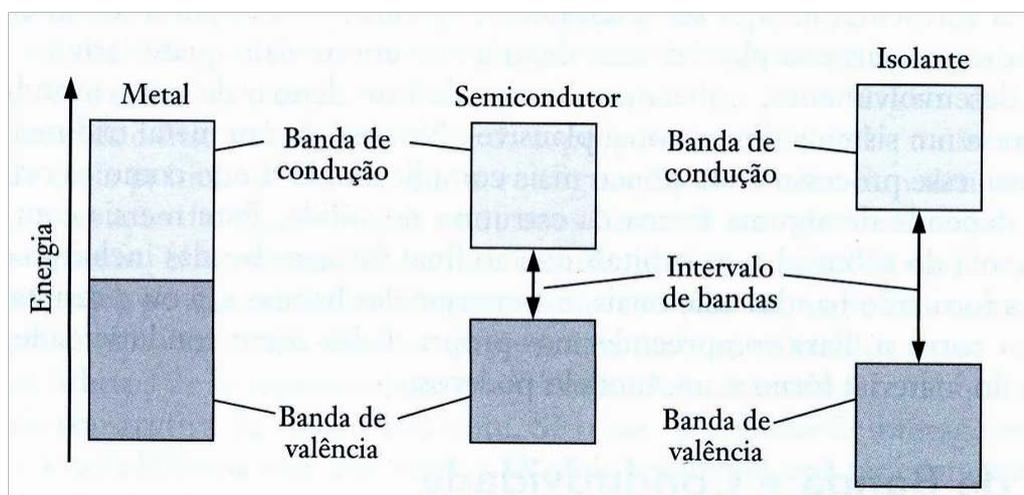


Figura 6. Bandas de energia para metais, isolantes e semi-condutores. **Fonte:** Brown; Holme, 2009, p. 304.

Os metais por apresentarem elevado raio atômico e baixa energia de ionização, possuem seus elétrons de valência mais afastados do núcleo do átomo. Assim, podemos considerar a existência de forças atrativas e repulsivas entre os núcleos dos átomos metálicos e os elétrons localizados no nível eletrônico mais externo como responsáveis pela interação entre os mesmos e a estabilidade de sua estrutura cristalina tridimensional.

Na estrutura cristalina de um sólido metálico, encontram-se diversos átomos neutros aglomerados em uma distribuição uniforme. Esses átomos estão arranjados de modo a formar figuras geométricas bem definidas – as redes cristalinas. A maioria dos metais possui estrutura cúbica, ou de corpo centrado ou de faces centradas, com 8 a 12 átomos vizinhos envolvidos, dependendo da estrutura cristalina.

De acordo com a figura abaixo (Figura 7), em um cristal cúbico simples os átomos estão localizados em cada um dos vértices do cubo. No arranjo estrutural do ferro metálico, por exemplo, cada átomo tem ao seu redor oito átomos vizinhos, formando uma estrutura cúbica de corpo centrado (CCC). No alumínio metálico, os átomos são encontrados no centro de cada face do cubo, em uma estrutura chamada de estrutura cúbica de face centrada (CFC). A temperatura de fusão (TE) e temperatura de ebulição (TF) dos metais varia de acordo com a estrutura cristalina e com a intensidade das ligações metálicas.



Figura 7. Três redes cristalinas cúbicas. Cristal cúbico simples; Cristal cúbico de corpo centrado (CCC) e Cristal cúbico de faces centradas (CFC).

Fonte: Brown; Holme, 2009, p. 296.

A resistência dos metais aumenta com o aumento da temperatura, porque ao serem aquecidos os átomos vibram mais vigorosamente. Os elétrons em movimento colidem com os átomos, dificultando sua movimentação, diminuindo a condutividade elétrica. Contudo, durante o aquecimento os elétrons adquirem grande quantidade de energia cinética e deslocam-se para as regiões mais frias, ocupando os espaços vazios entre os átomos. As interações permitem a rápida transferência de energia cinética pelo sólido, resultando no aquecimento e dilatação do metal.

Quando a absorção de um fóton provoca a promoção de um elétron do metal para um estado de energia mais elevado, há um fenômeno de excitação eletrônica. Logo após a excitação, pode haver emissão espontânea do fóton absorvido, fazendo com que o elétron retorne ao seu nível fundamental. Por causa dessa rápida emissão de luz, a superfície de um metal é refletora e tem brilho típico.

Para entendermos a propriedade da maleabilidade e da ductibilidade dos metais vamos considerar que seja aplicada uma força mecânica externa em um sólido metálico (Figura 8.1). Considerando o nível atômico, alguns átomos metálicos neutros, sob a influência dessa ação mecânica, conseqüentemente, são deslocados em um mesmo plano (Figura 8). Como os átomos estão se deslocando livremente pelo sólido eles se ajustam rapidamente às mudanças na estrutura metálica provocadas por essa perturbação externa, sendo que a ligação metálica não é relativamente afetada. Assim, metais como o sódio e o chumbo são maleáveis e moldados com facilidade devido à capacidade dos átomos metálicos de deslizar uns em relação aos outros, mantendo as interações entre os planos.

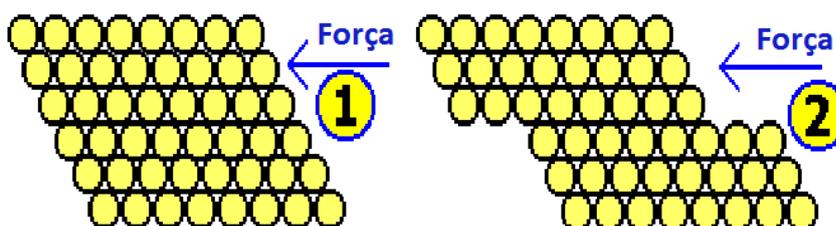


Figura 8. Deslocamento entre planos de átomos neutros numa substância metálica.

Fonte: http://sites.poli.usp.br/d/pqi2110/aulas/idalina/aula_4-Idalina_metalicas-secundarias.pdf

O modelo de teoria de bandas é conveniente para explicar as diferentes propriedades físicas e químicas que os materiais metálicos apresentam, favorecendo a diversidade de aplicações dessas substâncias como matéria-prima indispensável para o desenvolvimento social e tecnológico.

ANEXO

Anexo 1 – Texto de apoio ao aluno “Investigando a estrutura das substâncias”

Investigando a estrutura das substâncias

É de seu conhecimento, também, que os metais, que são quase todos sólidos em temperatura ambiente, conduzem corrente elétrica e que os fios usados nas residências são de cobre, e nas lâmpadas incandescentes, o filamento é de tungstênio.

Porém, não são todos os sólidos que conduzem corrente elétrica. A maior parte é isolante. A maioria dos plásticos não conduz corrente elétrica,

e a borracha, o cimento, as cerâmicas e os vidros em geral também não a conduzem. E os líquidos, conduzem corrente elétrica? Todos os líquidos a conduzem? Quais líquidos a conduzem? Como se explica a condutibilidade elétrica dos líquidos?

Neste capítulo você conhecerá fenômenos relacionados à condutibilidade elétrica de diversos materiais.

Esses fenômenos

não podem ser explicados com o modelo da teoria atômico-molecular.

A condutibilidade elétrica e as substâncias

A condutibilidade elétrica está associada à existência de cargas elétricas em movimento, isto é, para existir condutibilidade, são necessárias duas condições:

- que haja cargas elétricas e
- que essas cargas possam movimentar-se no meio que conduz corrente.

As substâncias metálicas: os metais

Todos os metais, sejam substâncias simples, sejam ligas metálicas, conduzem corrente elétrica nos três estados físicos. Como se explica isso?

Admite-se que os metais, no estado sólido, sejam formados por átomos justapostos e que cada um de seus átomos tenha, pelo menos, um de seus elétrons livre para passar de um átomo para outro. Esses elétrons que caminham livremente dentro do metal transportam em si mesmos a carga elétrica e são responsáveis pela condução de corrente elétrica numa substância metálica. Portanto, mesmo com seus átomos sem movimento de translação, a carga elétrica é “transportada” com facilidade pelos elétrons dentro do metal.

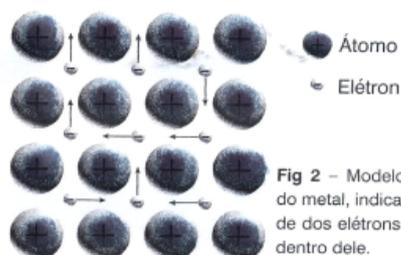


Fig 2 – Modelo de estrutura do metal, indicando a liberdade dos elétrons para transitar dentro dele.

No estado líquido, os átomos já adquirem um movimento de translação, porém; como os átomos ainda estão muito próximos uns dos outros, ainda são os elétrons os maiores responsáveis pelo transporte de carga elétrica nos metais.

No estado gasoso, os átomos estão mais separados uns dos outros e, nesse caso, os elétrons não têm a mesma facilidade para passar de um átomo a outro. A condutibilidade se dá (como explicamos no citado capítulo 11 do volume anterior desta coleção) com a ionização dos átomos de metal no estado gasoso. O pólo positivo atrai elétrons, arrancando-os do átomo do metal, ionizando-os. O cátion formado pela perda de elétron é atraído pelo pólo negativo. Esse movimento de cátions num sentido e de elétrons no outro é responsável pela condutibilidade elétrica.

As substâncias moleculares

As substâncias moleculares não conduzem eletricidade no estado sólido nem no estado líquido.

Uma molécula não conduz corrente elétrica porque é uma espécie neutra. Mesmo tendo seus átomos formados por prótons e elétrons, que são partículas carregadas, o número de prótons em uma molécula é sempre igual ao número de elétrons. Por essa razão, toda molécula é neutra e, porque é neutra, não pode transportar carga elétrica.

Mesmo no estado líquido, em que as moléculas adquirem movimento de translação, não ocorre a condutibilidade elétrica de uma substância molecular.

A água é uma substância molecular; ela praticamente não conduz corrente elétrica no estado sólido nem no estado líquido¹. Para explicar a água, a teoria atômico-molecular é satisfatória. Veja a Figura 3, que representa a fusão da água.

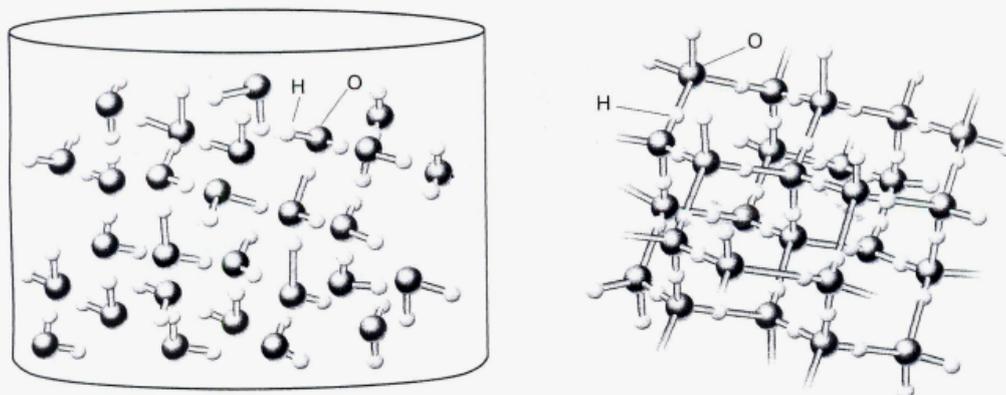


Fig 3 - Representação da água com modelos de bolas no estado líquido e no estado sólido.

Na fusão da água e de qualquer substância molecular, as moléculas estão organizadas no estado sólido e, ao passar para o estado líquido, desgrudam-se umas das outras. No caso da água, ocorre um fenômeno particularmente interessante. O volume no estado sólido é maior do que no estado líquido. No esquema apresentado na Figura 3, percebe-se uma preocupação em "mostrar" a estrutura hexagonal nos cristais de gelo que "aumentam" o volume da água. No líquido não há esses hexágonos que se formam no sólido.

Vejam um outro exemplo: o iodo, substância molecular, cuja fórmula molecular é I_2 . Observe, na Figura 4, as diferenças da representação do iodo sólido e do iodo líquido.



Fig 4 - Representação do iodo no estado sólido e no estado líquido.

Exercícios - série 1

1. Represente você:

A amônia, NH_3 , substância molecular, no estado sólido e no estado líquido.

--	--

¹A água pura, como veremos adiante, conduz muito pouca corrente elétrica. Agora estamos desconsiderando, por questões didáticas, essa pequeníssima condutibilidade. Logo retomaremos este importante aspecto.

Teoria da dissociação iônica

A teoria da dissociação iônica foi uma, entre outras teorias do final do século XIX, que tinham como objetivo explicar a condutibilidade elétrica por substâncias líquidas e por soluções aquosas. Afinal, o modelo proposto pela teoria atômico-molecular não tinha nenhuma preocupação em explicar como ocorria a condutibilidade elétrica em fases líquidas. Para a teoria atômico-molecular, todas as substâncias seriam formadas de moléculas.

A teoria da dissociação iônica² foi proposta pela primeira vez em 1883, pelo químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927), com o objetivo de explicar o comportamento de substâncias diante dos fenômenos que se relacionavam à condutibilidade. Arrhenius, jovem ainda, foi desacreditado pelos seus professores na época, porém a sua teoria é consagrada atualmente.

Essa teoria explica a condutibilidade elétrica em líquidos da seguinte maneira: para que haja a condutibilidade elétrica no estado líquido, é necessário que as partículas tenham movimento e que essas partículas estejam carregadas. Tais partículas não podem ser as moléculas, pois elas são desprovidas de carga, portanto as partículas carregadas foram chamadas de íons. Os íons³ transportam a carga elétrica entre os eletrodos.

Como são os íons?

Um íon positivo, chamado de cátion, é um átomo ou um agregado de átomos, com menos elétrons do que o total de prótons. Por exemplo: o cátion de sódio Na^+ é um átomo de sódio com 10 elétrons. Os átomos de sódio têm 11 prótons e, se são neutros, têm 11 elétrons. Outro exemplo: o cátion amônio é um agregado de cinco átomos com uma carga positiva, NH_4^+ , são cinco átomos unidos: um de nitrogênio e quatro de hidrogênio, com um elétron a menos; são 11 prótons e 10 elétrons.

Um íon negativo, chamado de ânion, é um átomo, ou um agregado de átomos, com mais elétrons do que prótons. Por exemplo, o ânion cloreto, Cl^- , é um átomo de cloro com um elétron a mais. O cloro neutro tem 17 prótons e 17 elétrons.

trons, e o ânion Cl^- tem 17 prótons e 18 elétrons. Um outro exemplo: o ânion carbonato, CO_3^{2-} , é um agregado de quatro átomos, um carbono ligado a três oxigênios, num total de 30 prótons ($6 + 3 \cdot 8 = 30$) e 32 elétrons (dois a mais).

Como se identifica o cátion e o ânion numa substância iônica?

Substâncias que não conduzem corrente elétrica no estado sólido e passam a conduzi-la no estado líquido, quando fundidas, são classificadas de iônicas e apresentam uma propriedade química importante: nos eletrodos ocorre uma reação química. Essa reação fornece informações sobre quais são os íons atraídos pelos eletrodos.

Ao se fazer cloreto de sódio fundido conduzir corrente elétrica usando-se eletrodos de grafita⁴, forma-se, no eletrodo positivo, o anodo, o gás cloro e, no eletrodo negativo, o catodo, o metal sódio. Como explicar que se formam o cloro e o sódio?

Para explicar a formação do cloro e do sódio, admite-se que o cloreto de sódio é formado por partículas positivas e negativas, os íons. As partículas positivas, os cátions, são do sódio, pois são atraídas pelo pólo negativo, o catodo. As partículas negativas, os ânions, são do cloro, pois são atraídas pelo pólo positivo, o anodo. O cátion de sódio, ao chegar ao catodo, recebe dele um elétron e transforma-se no metal sódio; e o cloreto, ao chegar o anodo, perde para ele um elétron e transforma-se em cloro neutro.

A passagem de corrente elétrica é explicada pelo fluxo de elétrons que a reação permite: no catodo há retirada de elétrons e no anodo há perda de elétrons. Os dois processos se completam: um depende do outro e ocorrem concomitantemente.

As substâncias iônicas são formadas por cátions e ânions, que podem ser identificados, ao se descobrir quais são as substâncias que se formam em cada um dos eletrodos, catodo e anodo.

Você deve pensar sempre que as teorias propõem modelos. Os íons são modelos que a teoria da dissociação iônica propõe para explicar alguns fenômenos e algumas idéias.

² A teoria de dissociação iônica de Arrhenius foi proposta muito antes do modelo atômico de Rutherford, que propunha um átomo com núcleo e eletrosfera, talvez por essa razão demorou para ser aceito na sua época.

³ íon é uma palavra com origem grega que significa movimento.

⁴ Usa-se eletrodo de grafita, no caso, pois um eletrodo de cobre ou de outro metal reativo reagiria no lugar do cloreto de sódio. Estudaremos mais adiante e mais profundamente essas reações de muita importância na Química.

Substâncias iônicas

Segundo a teoria da dissociação iônica, as substâncias iônicas, que conduzem corrente elétrica no estado líquido e não conduzem no estado sólido, são formadas por íons. Íons são corpúsculos como as moléculas, porém, ao contrário delas, que são corpúsculos neutros, são corpúsculos carregados eletricamente. Cada substância iônica é formada por íons positivos, chamados cátions, e íons negativos, chamados ânions.

Admite-se que os íons no estado sólido estão sem movimento de translação ou de rotação, e têm apenas movimentos de vibração. Porém, no estado líquido, os íons adquirem movimentos de translação e rotação, podendo "caminhar" dentro do líquido.

Uma substância iônica conduz corrente elétrica no estado líquido, pois seus íons positivos, os cátions, são atraídos pelo eletrodo negativo (chamado cátodo), e seus íons negativos, os ânions, são atraídos pelo eletrodo positivo (chamado ânodo). Como no estado líquido os íons podem caminhar, essas atrações produzem movimento orientado responsável pela condução de corrente.

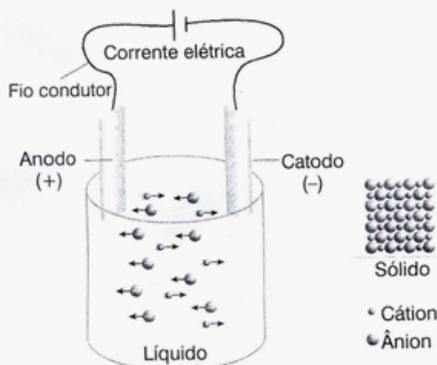


Fig 5 - No estado sólido, os íons estão "parados"; no estado líquido, estão em movimento. Quando submetidos a uma corrente elétrica, os íons adquirem um movimento orientado.

Um exemplo de substância iônica é o cloreto de sódio, NaCl. O cloreto de sódio no estado sólido apresenta-se em cristais cúbicos. Esses cristais cúbicos refletem a sua estrutura iônica interna. Veja a Figura 6.

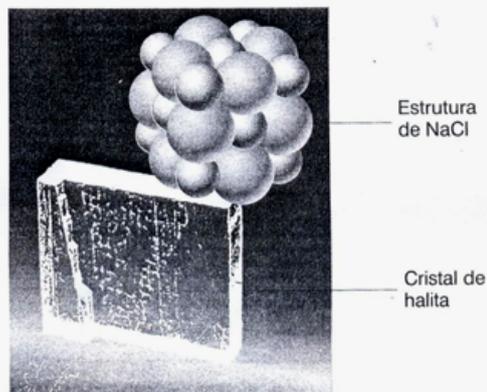


Fig 6 - A forma de um cristal tem íntima correlação com a sua estrutura cristalina.

O cloreto de sódio é formado por cátions de sódio, Na^+ , e ânions de cloro, Cl^- , chamado cloreto. O número total de cátions de sódio e de ânions cloreto depende do tamanho do cristal. Contudo,

no cristal, o número de cátions é igual ao número de ânions. Cada cátion de sódio, a esfera menor (veja Figura 6) é rodeada por seis ânions de cloro e vice-versa, isto é, cada ânion de cloro é rodeado por seis cátions de sódio. Portanto, um cristal de cloreto de sódio contém sempre igual número de Na^+ e de Cl^- . A sua fórmula não representa uma molécula de cloreto de sódio, mesmo porque a molécula não existe. A fórmula representa uma proporção entre os íons positivos e os negativos.

Numa substância iônica, a fórmula sempre representa a proporção mínima entre os íons. Sabendo-se isso e sabendo-se que toda substância é neutra, isto é, o número de cargas positivas é igual ao número de cargas negativas, pode-se prever as fórmulas de substâncias iônicas, se conhecermos quais são os íons que as compõem.

Por exemplo:

Qual é a fórmula da substância formada pelo ânion cloreto, Cl^- , e o cátion potássio, K^+ ?

KCl, pois os dois íons têm uma carga apenas.

Estrutura de cristais

Cada sólido cristalino tem uma estrutura própria. A forma geométrica do cristal depende diretamente da organização de suas partículas. Veja, por exemplo, na Figura 3, a estrutura molecular do gelo e compare-a com as formas que os flocos de neve adquirem.

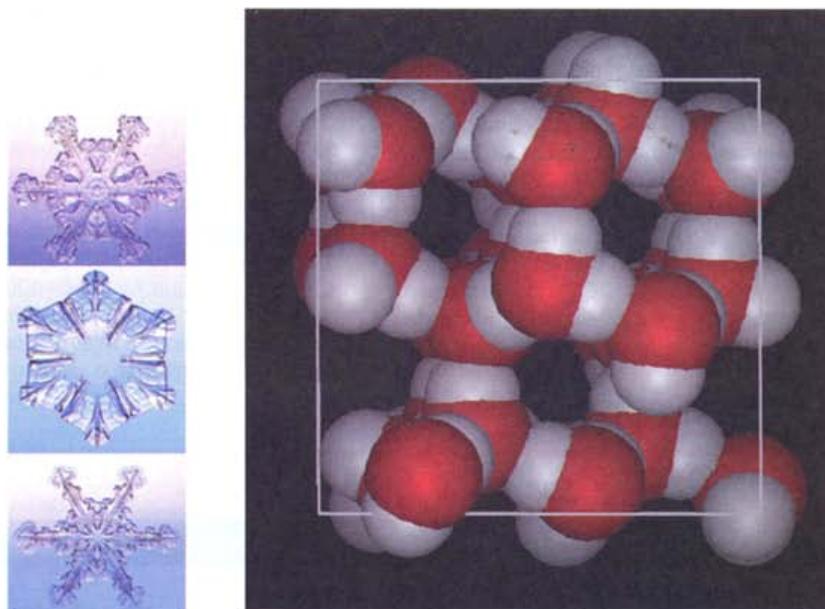


Fig 7 – Compare as formas dos cristais de neve com a estrutura do gelo.

Cristais iônicos

No caso de cristais iônicos, as estruturas dependem das proporções entre os íons, no NaCl, no KCl, no NaF, as proporções são 1:1, pois têm cargas iguais. Isso não significa que eles tenham estruturas iguais, pois há outros fatores que influenciam, os raios dos íons, por exemplo.

- No cloreto de sódio, NaCl, o cloreto é um ânion bem maior do que o cátion de sódio:

$$\text{Raio iônico do cloreto} = 1,81 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 18,1 \text{ nm.}$$

$$\text{Raio iônico do sódio} = 0,97 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 9,7 \text{ nm.}$$

A estrutura cristalina é cúbica e cada cátion é rodeado por seis ânions e cada ânion é rodeado por seis cátions. Veja a Figura 8.

- No cloreto de cézio, CsCl, os dois íons têm raios quase do mesmo tamanho:

$$\text{raio iônico do cloreto} = 1,81 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 18,1 \text{ nm.}$$

$$\text{raio iônico do cézio} = 1,67 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 16,7 \text{ nm.}$$

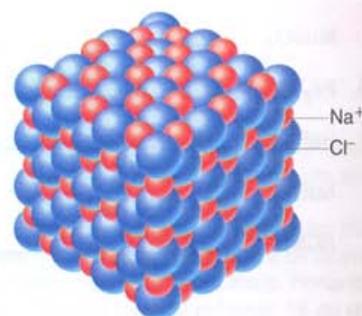


Fig 8 – Estrutura cristalina do cloreto de sódio.

*Segundo Colton/Wilkinson (Química Inorgânica), Raymond Chang (Química) e Salabangh/Parsons (Química Geral).

A estrutura também é cúbica, porém cada cátion é rodeado por oito ânions, e cada ânion é rodeado por oito cátions. Veja Figura 9.

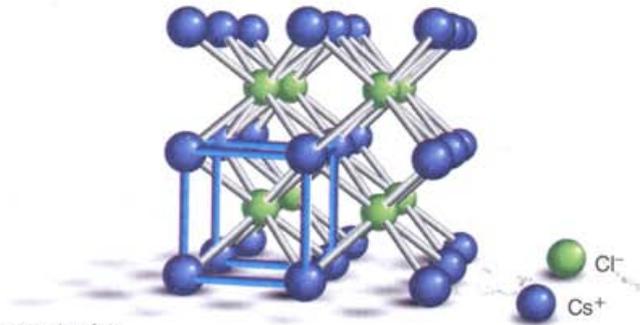


Fig 9 – Estrutura cristalina do cloreto de céscio.

Determinação da estrutura de um cristal e outras informações por difração de raio X

Como se determina a estrutura de um sólido cristalino? Como se determina a distância entre dois íons? Como se determina o ângulo entre as ligações dos átomos?

Em 1912, Max von Laue (1879-1960) descobriu que sólidos cristalinos provocavam difrações em raios X. Pouco tempo depois, dois cientistas ingleses, pai e filho, William H. Bragg (1862-1942) e Lawrence Bragg (1890-1971) deram início à cristalografia, ciência que estuda as estruturas dos cristais, usando as difrações dos raios X para colher informações que possibilitam a determina-

ção das distâncias, dos planos de alinhamentos dos átomos, íons ou moléculas de uma estrutura cristalina.

Para "enxergar" essas distâncias e esses alinhamentos, coloca-se um cristal na trajetória dos raios X. O feixe de raios, após atravessar o cristal, é projetado em uma chapa sensível aos raios X. Na chapa, aparecem pontos regularmente distribuídos que recebem um tratamento geométrico espacial bastante sofisticado e interessante, que possibilita a interpretação da estrutura cristalina daquele cristal.

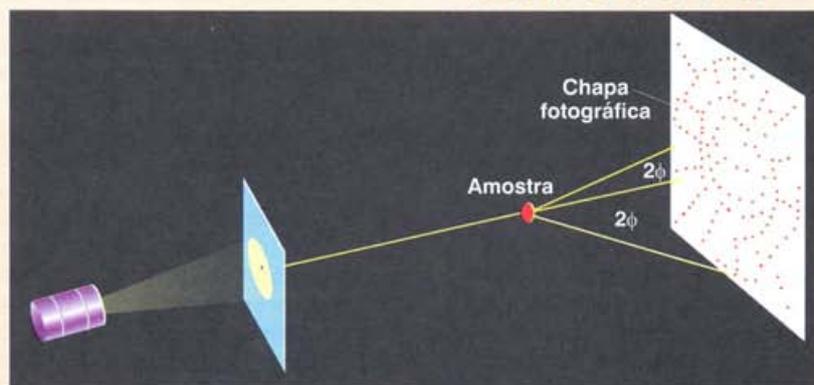
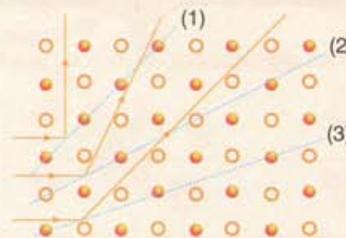


Fig 10 – Esquema da difração de raios X.

Fusão de uma substância iônica

As partículas⁵ de uma substância no estado sólido não têm movimento de translação: elas adquirem movimento ao passar para o estado líquido. No caso das substâncias iônicas, as partículas são íons, partículas carregadas que passam a se movimentar dentro do "caldo" líquido. Esses íons, os cátions e os ânions, movimentam-se sem uma orientação, caso o líquido não esteja submetido a uma corrente elétrica. Porém, com os eletrodos ligados dentro do líquido, os cátions passam a ser atraídos para o pólo negativo, e os ânions para o pólo positivo, criando dentro do líquido uma orientação para a movimentação dos íons.

As moléculas não são capazes de transportar a carga elétrica; elas não têm carga elétrica como os íons e, assim, não são atraídas pelos eletrodos; portanto, não são orientadas no seu movimento.

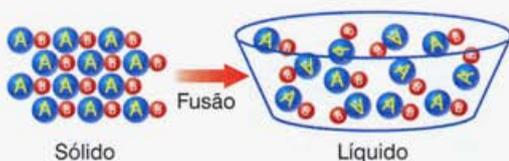


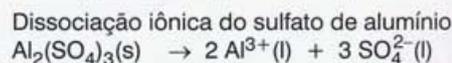
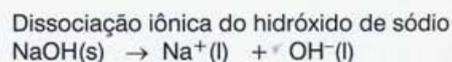
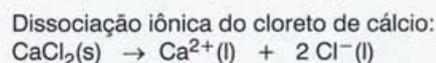
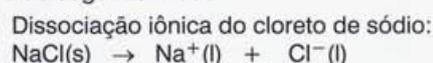
Fig 11 – Fusão de uma substância molecular de fórmula AB.

Na substância iônica, ocorre a "separação" dos íons na fusão, como representada na Figura 12. A idéia de separação não se refere à distância entre os íons, mas sim à aquisição de movimentos independentes dos cátions e dos ânions. Dá-se o nome de dissociação iônica a esta separação.



Fig 12 – Fusão de uma substância iônica de fórmula AB.

Representa-se a dissociação iônica com equações do seguinte modo:



Exercícios - série

4

7. Escreva as equações de dissociação iônica para as seguintes substâncias:

a) sulfato de sódio.

c) cloreto de alumínio.

b) cloreto de potássio.

d) cloreto de bário.

8. Represente a dissociação iônica do hidróxido de sódio por fusão nos retângulos seguintes, usando círculos diferentes para as representações dos átomos de hidrogênio, oxigênio e sódio. Indique os cátions e os ânions.

Hidróxido de sódio sólido	Hidróxido de sódio líquido

⁵ Estamos chamando de partículas as moléculas ou os íons.

Como a água é capaz de dissolver uma substância iônica

Um retículo cristalino iônico é formado por cátions e ânions. Cada cátion é rodeado por vários ânions, e cada ânion é rodeado por vários cátions. Os íons se mantêm unidos pelas forças de atração entre os cátions e os ânions, que superam as forças de repulsão dos cátions entre si e dos ânions entre si.

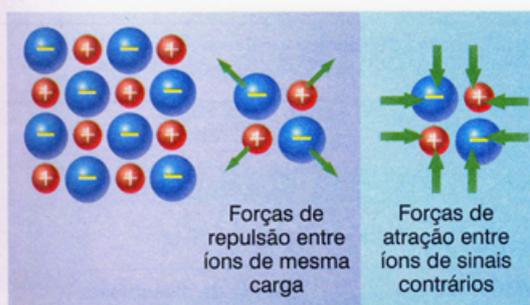


Fig 13 – As forças de atração no sólido cristalino iônico superam as forças de repulsão.

Para dissolver uma substância iônica, o solvente tem com os íons uma forte interação, que deve ser suficiente para separar os cátions dos ânions e os ânions dos cátions, e mantê-los separados, formando novas ligações com as moléculas do solvente.

A água é uma substância molecular; suas partículas são moléculas que não têm carga elétrica no total, as moléculas não têm um (ou mais) elétrons a mais ou a menos. Contudo, as moléculas da água apresentam uma polaridade. Numa mesma molécula, um lado dela é mais positivo, e o outro lado é mais negativo.



Fig 14 – A molécula da água é polar. Sua geometria não-linear já foi verificada por difração de raios X.

A molécula da água interage com os cátions com o seu lado negativo e com os ânions com o seu lado positivo.

O esquema abaixo ilustra uma dissolução aquosa de uma substância iônica.

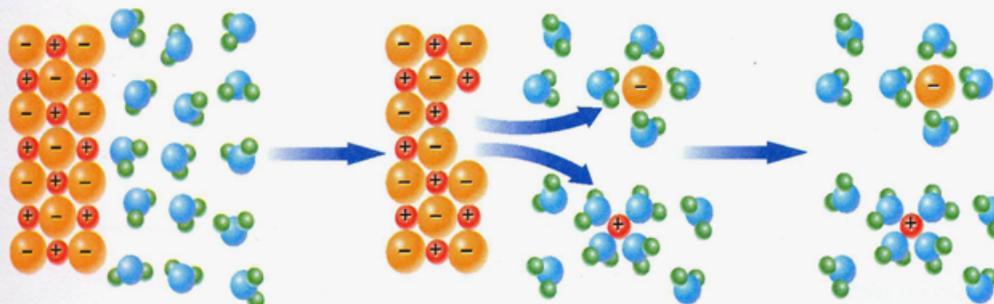


Fig 15 – A água interage com os ânions com o seu pólo positivo e com os cátions com o pólo negativo.

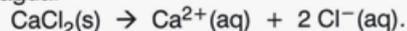
Após separar os cátions dos ânions e vice-versa, a água os mantém separados, pois os rodeia (Figura 15).

Nas substâncias iônicas, a dissolução em água também é uma dissociação.

A dissolução de uma substância iônica promove a separação dos cátions e ânions que compõem o sólido cristalino. Essa separação, como na fusão da substância iônica, também é chamada de dissociação iônica.

Usa-se também uma equação que representa a dissociação iônica por dissolução aquosa. Veja o exemplo:

Dissociação do cloreto de cálcio por dissolução em água:



Na equação, escreve-se entre parênteses, ao lado direito do símbolo das partículas iônicas dissociadas, na mesma linha, **aq**, indicando solução aquosa, informando que a água é a responsável pela dissociação.

Nem toda substância iônica sofre dissociação em água

Há substâncias iônicas que são pouco solúveis em água. Admite-se, nesses casos, que as forças de atração entre os seus íons nos respectivos retículos cristalinos sejam mais fortes do que as forças de interação com as moléculas polares da água. Algumas dessas substâncias são solúveis em soluções ácidas ou em soluções básicas, porém são insolúveis em água.

Abaixo, segue uma tabela de solubilidade das substâncias iônicas. A tabela é uma aproximação. Não existe uma substância iônica que seja infinitamente solúvel. Nem uma substância que seja completamente insolúvel. A tabela foi elaborada considerando insolúvel toda substância iônica cuja solubilidade em água seja menor do que 1,0 g/100 g de água.

Compostos solúveis	Exceções
Quase todos os sais de Na^+ , K^+ e NH_4^+	
Todos os sais de Cl^- , Br^- e I^-	Cloretos, brometos e iodetos de Ag^+ , Pb^{2+} e Hg_2^{2+}
Compostos que contêm F^-	Fluoretos de Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+}
Sais de nitrato, NO_3^- clorato, ClO_3^- perclorato, ClO_4^- acetato, CH_3CO_2^-	
Sais de sulfato, SO_4^{2-}	Sulfatos de Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+}
Compostos insolúveis	Exceções
Todos os sais de carbonato, CO_3^{2-} fosfato, PO_4^{3-} oxalato, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ cromato, CrO_4^{2-} sulfeto, S^{2-} A maioria dos hidróxidos de íons metálicos.*	Sais de NH_4^+ e cátions de metais alcalinos

* Hidróxidos de Ca^{2+} , Sr^{2+} e Ba^{2+} são moderadamente solúveis.

Tab 3 – Solubilidade de substâncias iônicas.

Toda substância iônica que se dissolve em água provoca condutibilidade elétrica. Por essa razão, as águas de rios, lagos, da torneira, do mar conduzem corrente elétrica. Praticamente toda a água que encontramos na natureza é provida de íons dos mais diversos. Observe o rótulo dessa água mineral natural.

CONT. LÍQUIDO
510ml

água mineral natural
LINDOYA

bioleve[®]
A natureza sempre faz melhor SEM GÁS

INDÚSTRIA BRASILEIRA FONTE JATOBÁ

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (mg/l)	
BICARBONATOS.....	65,9
SULFATOS.....	0,10
BROMETOS.....	0,004
NITRATOS.....	1,42
CLORETOS.....	0,17
FLUORETOS.....	0,01
CÁLCIO.....	9,1
MAGNÉSIO.....	5,6
POTÁSSIO.....	2,4
SÓDIO.....	2,2
ESTRÔNCIO.....	0,028
BÁRIO.....	0,016

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	
pH a 25° C.....	7,0
TEMPERATURA DA ÁGUA NA FONTE.....	21,2° C
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA a 25° C.....	$1,64 \times 10^{-4}$ mhos/cm
RESÍDUO DE EVAPORAÇÃO a 100° C.....	83,94 mg/l
RADIOATIVIDADE NA FONTE a 20° C a 760mm de Hg.....	5,065 maches

CLASSIFICAÇÃO
ÁGUA MINERAL NATURAL FLUORETADA
FRACAMENTE RADIOATIVA NA FONTE
CONSERVAR EM LOCAL FRESCO E
EVITAR EXPOSIÇÃO AOS RAIOS SOLARES
VALIDADE: ATÉ SEIS MESES
APÓS A DATA DE FABRICAÇÃO

Fig 16 – Há diversos íons na água mineral natural.

Laboratório 2

Experimento de demonstração

A água e a atração elétrica

Material

- 1 suporte de bureta
- 1 bureta de 50 mL (ou 25 mL)
- água

Procedimento

- Encha uma bureta com água.
- Atrite nos cabelos um balão de borracha (bexiga) com ar dentro, não precisa estar muito cheio.
- Abra a torneira da bureta com água de modo a escoar um filete fino e contínuo de água.
- Aproxime o balão do filete de água, sem encostar na água e observe.

Conclusão e discussão

A curvatura no filete de água que ocorre ao aproximar-se o balão de borracha eletrizado é mais um indício da polaridade da água. Para que a água desvie seu curso, é necessário que ela seja atraída pelas cargas elétricas do balão eletrizado.

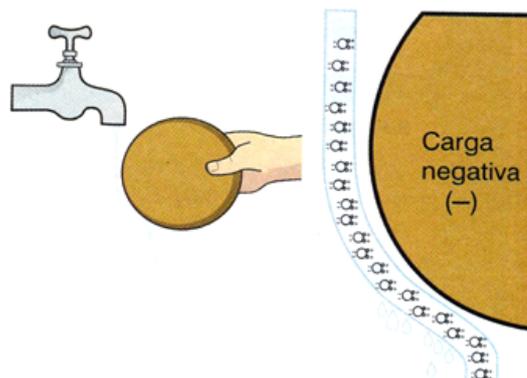


Fig 17 – A água polarizada é atraída pelo campo elétrico criado pelo balão eletrizado.

A dissolução de substâncias moleculares em água

As substâncias moleculares, ao serem adicionadas à água, apresentam propriedades diferentes, que dependem de sua composição molecular. As diferentes propriedades são:

- Substâncias moleculares que **não se dissolvem** em água.
- Substâncias moleculares que se dissolvem em água e formam uma **solução não-condutora** de eletricidade.

- Substâncias moleculares que se dissolvem em água e formam uma **solução condutora** de eletricidade

Substâncias moleculares que não se dissolvem em água

A água dissolve várias substâncias moleculares, formando soluções aquosas. Porém, há substâncias moleculares que são praticamente insolúveis em água. As gorduras, por exemplo, são constituídas de substâncias moleculares que não se dissolvem em água. As substâncias dos derivados de petróleo também não se dissolvem em água.

As moléculas dessas substâncias que não se dissolvem em água são, em geral, moléculas grandes e apolares.

As interações entre as moléculas da água e as moléculas grandes e apolares dessas substâncias são fracas. São muito menores do que as interações das moléculas apolares entre si.

Substâncias moleculares que se dissolvem em água e formam uma solução não-condutora de eletricidade

As substâncias moleculares que se dissolvem em água formando uma solução não condutora de eletricidade têm, na dissolução, suas moléculas separadas pela água. Isto é, ao dissolver a substância, a água separa as moléculas da substância sem alterá-las. Estas interagem com as moléculas da água com uma atração equivalente às forças com que as próprias moléculas da substância dissolvida se atraem, formando uma solução só de moléculas, moléculas de água e moléculas da substância dissolvida.

Um bom exemplo é o álcool etílico, etanol, C_2H_5OH , o álcool de cana. É infinitamente solúvel em água, e vice-versa, é claro. A solução aquosa praticamente não conduz corrente elétrica; é, portanto, uma solução molecular, constituída por moléculas de água e moléculas de álcool etílico.

Essas substâncias que se dissolvem em água, formando uma solução aquosa molecular não-condutora de eletricidade, têm, em geral, moléculas menores e polares.

Substâncias moleculares que se dissolvem em água e formam uma solução condutora de eletricidade

Algumas substâncias moleculares têm um comportamento bem característico ao ser dissolvi-

das em água. Elas são moleculares, afinal, puras, no estado líquido, não são condutoras, porém, ao serem dissolvidas em água, que também é molecular, formam uma solução condutora.

Como explicar isso?

Quando se dissolve uma substância molecular, as interações entre as moléculas de água com as moléculas da substância dissolvida podem ser muito fortes. Dependendo dessa forte interação, pode ocorrer, além da dissolução molecular, uma ionização das moléculas da substância dissolvida.

Vejam um exemplo: o ácido acético glacial, ácido acético puro, é molecular, H_3CCOOH . O teste de condutibilidade feito no experimento demonstrou que o líquido puro não conduz corrente elétrica. Porém, ao se adicionar água ao mesmo, a lâmpada acende, indicando a condução de corrente. O que ocorre?

Ao se dissolver o ácido acético, além da dissolução molecular, ocorre a ionização de suas moléculas: a água consegue quebrar a molécula do ácido acético, segundo a equação:



Os íons, cátion de hidrogênio, H^+ , e o ânion, acetato, H_3CCOO^- , são os transportadores de carga elétrica na solução condutora.

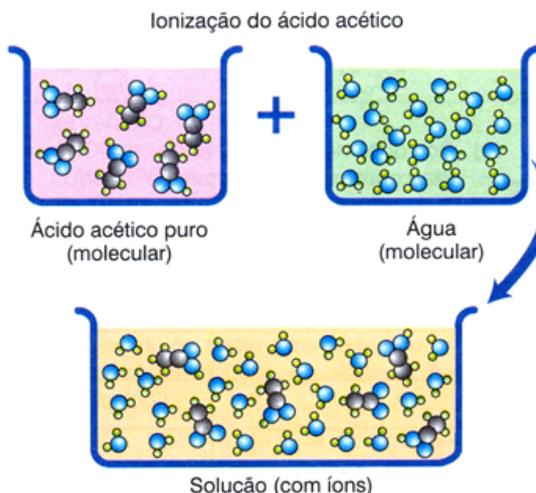
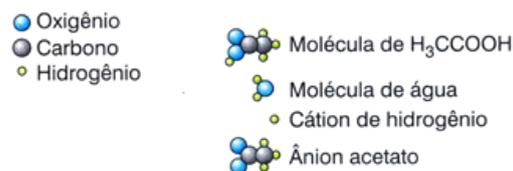


Fig 18 – É preciso unir a molécula de água com o hidrogênio livre. Essa partícula com três hidrogênios e um oxigênio recebe o nome de hidrônio.

