



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

DAYAN DE ARAUJO MARQUES

**ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS MENTAIS
SOBRE O CONCEITO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS E SUA
RELAÇÃO COM OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS**

Manaus
2015

DAYAN DE ARAUJO MARQUES

**ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS MENTAIS
SOBRE O CONCEITO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS E SUA
RELAÇÃO COM OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Química como parte do requisito para
obtenção do título de Mestre em
Química, área de concentração
Ensino de Química.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sidilene Aquino de Farias

Manaus
2015

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Marques, Dayan de Araujo

M357e Estudo do desenvolvimento de modelos mentais sobre o conceito de ligações químicas e sua relação com obstáculos epistemológicos / Dayan de Araujo Marques. 2015
177 f.: Il. color; 31cm.

Orientadora: Sidilene Aquino de Farias

Tese (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Amazonas.

1. Obstáculos epistemológicos. 2. Modelos mentais. 3. Ligações químicas. 4. – 5.-. Farias, Sidilene Aquino de Il. Universidade Federal do Amazonas III. Título

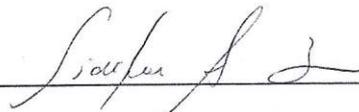
**“ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS
MENTAIS SOBRE O CONCEITO DE LIGAÇÕES
QUÍMICAS E SUA RELAÇÃO COM OBSTÁCULOS
EPISTEMOLÓGICOS”**

Dayan de Araujo Marques

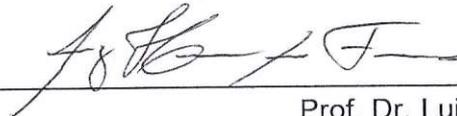
Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Química, do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Química.

Aprovada em 28 de agosto 2015

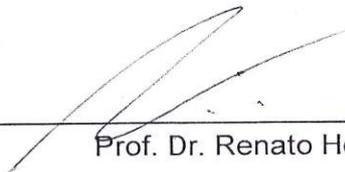
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Sidilene Aquino de Farias - Presidente
Universidade Federal do Amazonas
Orientadora



Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira
Externo/UFSCar



Prof. Dr. Renato Henriques de Souza
Membro/UFAM

Universidade Federal do Amazonas
Manaus, 28 de agosto 2015.

Aos meus pais Mourão e Maria, pelo amor, carinho e estímulo que sempre me ofereceram. Aos meus filhos Caíque e Yan que foram a minha fonte de inspiração nos momentos difíceis, dedico-lhes essa conquista com gratidão.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Sidilene Aquino de Farias, pela dedicação, apoio e valiosa orientação que proporcionou tantos ensinamentos sobre a pesquisa em Ensino.

Aos meus irmãos Eduardo e Ricardo, que sempre me incentivaram e me apoiaram mesmo estando ambos distantes geograficamente.

À minha esposa Anne Grace, pelo apoio em todos os momentos desse trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos alunos dos cursos de Licenciatura e Bacharelado da Universidade Federal do Amazonas, pela participação nesse trabalho.

Aos professores Dr.^a Katiúscia dos Santos de Souza e Dr. Renato Henriques de Souza, pelas contribuições apresentadas no exame de qualificação.

Ao Prof. Dr. Renato Henriques de Souza, pela amizade, contribuição e pela participação na banca de avaliação.

Ao Prof.^o Dr. Luiz Henrique Ferreira, pela inestimável contribuição em todas as fases desse projeto e pela participação na banca de avaliação.

Aos professores, Dr. Marlon, Dr. Afonso, Dr.^a Rita de Cássia e Dr.^a Nelia Braga pela amizade e aprendizado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química, pela recepção, oportunidade e transformação.

Muito obrigado!

“Por mais crítica que seja a situação e as circunstâncias que te encontrares, não te desesperes. Nas ocasiões em que tudo espira temor, nada deveres temer. Quando estiveres cercado de todos os perigos, não deveres temer nenhum. Quando estiveres sem nenhum recurso, debes contar com todos. Quando fores surpreendido, surpreende o inimigo”.

Sun Tzu. A Arte da Guerra

RESUMO

Explicar como um indivíduo é capaz de aprender algo novo, mesmo quando o assunto é desconhecido para essa pessoa, tem sido objeto de estudo de vários cientistas ao longo dos tempos. Este trabalho objetivou estudar como o desenvolvimento de modelos mentais pode contribuir na superação de obstáculos epistemológicos relacionados à aprendizagem de conceitos de ligações químicas por licenciandos em Química. A metodologia da pesquisa adotada teve como aporte teórico a abordagem qualitativa etnográfica. Os sujeitos da pesquisa foram alunos dos Cursos de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amazonas. Investigaram-se, inicialmente, os Modelos Mentais e os obstáculos epistemológicos que os alunos trazem da educação básica. A análise desses dados propiciou o planejamento de uma intervenção didática, a qual ocorreu na forma de um minicurso. Foram implementadas diferentes estratégias didáticas e, sobretudo, atividades experimentais demonstrativas-investigativas, recursos computacionais pautados na teoria dos modelos mentais. Os dados obtidos no minicurso foram organizados à luz da Análise de Conteúdo, tomando como referenciais teóricos de análise a Teoria dos Modelos Mentais e a Teoria Bachelardiana de Obstáculos Epistemológicos. Constatou-se que utilizando estratégias didáticas diversificadas orientadas pela Teoria dos Modelos Mentais foi possível a superação de obstáculos epistemológicos referentes ao conteúdo de ligações químicas. Com este estudo, espera-se subsidiar atividades para prática docente de qualidade, apresentando compreensões sobre as possíveis correlações existentes entre o desenvolvimento dos modelos mentais acerca de um conceito químico e os obstáculos epistemológicos à aprendizagem desse conceito e, ainda, contribuir para aprendizagem dos conceitos de ligações químicas, vivência de situações de aprendizagens inovadoras e reflexão acerca do processo de aprendizagem de licenciandos em Química.

Palavras-chave: Obstáculos epistemológicos. Modelos mentais. Ligações químicas.

ABSTRACT

Explaining how an individual is able to learn something new, even when the subject is unknown to that person, It has been the subject of study of many scientists over the years. This study aimed to analyze how the development of mental models can help in overcoming epistemological obstacles related to the learning of chemical bonding concepts in chemistry undergraduates. The adopted research methodology had as theoretical support the ethnographic qualitative approach. The subjects were students of Degree Courses in Chemistry from the Federal University of Amazonas (Universidade Federal do Amazonas). We initially investigated the mental models and the epistemological obstacles that students bring from basic education. The analysis these data led to the planning of a didactic intervention, which came in the form of a short course. Different teaching strategies have been implemented, including demonstrative-experimental investigative, activities and computing resources, all guided by the theory of mental models. Data from the short course was organized in light of the content analysis, taking as theoretical reference of analysis the Theory of Mental Models and Bachelard Theory of Epistemological Obstacles. We found that using diverse teaching strategies guided by the theory of mental models was possible to overcome epistemological obstacles for the content of chemical bonds. This study is expected to subsidize the activities for teaching practice quality, with insights into the possible correlations between the development of mental models about a chemical concept and the epistemological obstacles to learning this concept. Also, to contribute to the learning of chemical bonding concepts, in living situations of innovative learning, and in the reflection on the learning process of the chemistry undergraduate.

Key-words: Epistemological Obstacles. Mental models. Chemical bonds.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Informações gerais sobre os sujeitos convidados para participarem da pesquisa	48
Tabela 2 - Dados oriundos das questões objetivas do questionário	50
Tabela 3- Dados obtidos a partir da questão 9	50
Tabela 4 – Dados obtidos a partir da análise da questão nº11	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Obstáculo animista	56
Gráfico 2- Obstáculo animista	57
Gráfico 3- Obstáculo verbal	58
Gráfico 4- Obstáculo verbal	59
Gráfico 5- Obstáculo geral	60
Gráfico 6- Resultado final sobre o obstáculo animismo	85
Gráfico 7- Resultado final sobre o obstáculo geral	85
Gráfico 8- Resultado final sobre o obstáculo verbal	86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Aprendizagem significativa e ensino de química	18
2.1.1 Tipos de aprendizagem significativa	19
2.1.2 Condições para ocorrência da aprendizagem significativa	19
2.1.3 Mecanismos de aprendizagem significativa	20
2.1.4 Investigações	21
2.2 Modelos no ensino de ligações químicas e dificuldades de aprendizagem	22
2.2.1 Modelos explicativos no ensino de ligações químicas	24
2.2.2 Dificuldades de aprendizagem sobre ligações químicas.....	25
2.3 Teoria dos modelos mentais	27
2.3.1 Características dos modelos mentais.....	28
2.3.2 A origem dos modelos mentais	29
2.3.3 Modelos mentais no ensino.....	29
2.3.4 Investigações realizadas sobre modelos mentais	30
2.4 Obstáculos epistemológicos no ensino e aprendizagem em ciências	31
2.4.1 Investigação sobre obstáculos epistemológicos	36
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	39
3.1 Questão de pesquisa e objetivos	39
3.2 Contexto da pesquisa	40
3.3 Cuidados éticos	41
3.4 Procedimento metodológico	41
3.4.1 Instrumentos de coleta de dados	41
3.4.2 Procedimentos de coleta de dados	43
3.5 Análise e tratamento dos dados	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 Caracterização dos sujeitos	47
4.2 Ideias prévias e modelos mentais sobre ligações químicas	49
4.2.1 Confusão entre ligação química covalente, iônica e metálica	51
4.2.2 Regra do octeto e energia envolvida nas ligações químicas.....	52
4.2.3 Geometria molecular e polaridade	53

4.2.4 Representação das ligações	53
4.2.5 Considerações sobre a análise	54
4.3 Dificuldades de aprendizagem e obstáculos epistemológicos em ligações químicas.....	54
4.3.1 Obstáculo animista.....	56
4.3.2 Obstáculo verbal	58
4.3.3 Obstáculo geral	59
4.3.4 Análise das entrevistas	61
4.4 Superando obstáculos epistemológicos e reconstruindo os modelos mentais... 66	
4.4.1 Descrição geral do minicurso	67
4.4.1.1 Sequência didática 1- conhecendo os obstáculos epistemológicos.....	68
4.4.1.2 Sequência didática 2- o que acontece quando a água evapora?.....	69
4.4.1.3 Sequência didática 3 - a ligação química covalente.....	74
4.4.1.4 Sequência didática 4 - a polaridade e geometria molecular.....	76
4.4.1.5 Sequência didática 5 – diferenças entre compostos covalentes e compostos iônicos.....	78
4.4.1.6 Sequência didática 6 - por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?.....	79
4.4.1.7 Sequência didática 7- a ligação metálica	82
4.5 Questionário final	84
4.6 Avaliação do minicurso realizada pelos alunos.....	86
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
REFERÊNCIAS	92
APÊNDICE 1 - Termo de consentimento livre e esclarecido	103
APÊNDICE 2 - Termo de assentimento livre e esclarecido	104
APÊNDICE 3 - Termo de consentimento livre e esclarecido	105
APÊNDICE 4 - Questionário inicial	106
APÊNDICE 5 - Dinâmica das caixas	107
APÊNDICE 6 - Questionário modelos metais	108
APÊNDICE 7 - Questionário obstáculos epistemológicos	110
APÊNDICE 8 - Cronograma das atividades de pesquisa	111
APÊNDICE 9 - Roteiro da entrevista semiestruturada: categoria 1	112
APÊNDICE 10 - Roteiro da entrevista semiestruturada: categoria 2	113
APÊNDICE 11 - Roteiro da entrevista semiestruturada: categoria 3:.....	114

APÊNDICE 12 - Roteiro de aula 01.....	115
APÊNDICE 13 – Folha de atividade 01.....	119
APÊNDICE 14 - Roteiro de aula 02.....	120
APÊNDICE 15 - Folha de atividade 02	125
APÊNDICE 16 - Roteiro de aula 03.....	126
APÊNDICE 17 - Folha de atividade 03	131
APÊNDICE 18 - Roteiro de aula 04.....	132
APÊNDICE 19 - Folha de atividade 04	136
APÊNDICE 20- Roteiro de aula 05.....	137
APÊNDICE 21 - Folha de atividade 05	141
APÊNDICE 22- Roteiro de aula 06.....	142
APÊNDICE 23 - Folha de atividade 06	145
APÊNDICE 24 - Roteiro de aula 07.....	146
APÊNDICE 25 - Folha de atividade 07	149
APÊNDICE 26- Questionário final	150
APÊNDICE 27 - Avaliação do projeto	151
APÊNDICE 28 - Diálogo das entrevistas realizadas com os sujeitos	152
APÊNDICE 29 - Diálogos dos alunos durante as atividades experimentais .	166
ANEXO 1 – Parecer consubstanciado do CEP	169
ANEXO 2- Roteiro de atividade prática 01	173
ANEXO 3- Roteiro de atividade prática 02	175
ANEXO 4 - Roteiro de atividade prática 03	176
ANEXO 5 - Roteiro de atividade prática 04	177

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a aprendizagem vem ocupando lugar de destaque na preparação de educadores e de todos os profissionais, cuja atuação se relacione com modificações a serem operadas na personalidade humana. Explicar como um indivíduo é capaz de aprender algo novo, mesmo quando o assunto é desconhecido para essa pessoa, tem sido objeto de estudo de vários cientistas ao longo dos tempos.

Para que a aprendizagem de conhecimentos científicos complexos, como o ensino de Química, ocorra de maneira satisfatória, é necessário oferecer ao educando diferentes estratégias e recursos pedagógicos capazes de proporcionar o desenvolvimento do senso crítico e elevar a capacidade de abstração.

Dentre os inúmeros temas ensinados sobre essa ciência, um dos mais relevantes é a natureza da ligação química, a qual é revelada a partir da estrutura eletrônica dos átomos, mostrando como esta afeta as propriedades macroscópicas das substâncias. Por isso, esse conteúdo constitui assunto fundamental, pois o seu entendimento é essencial para melhor compreensão das transformações que ocorrem em nosso mundo.

Fernandez e Marcondes (2006) sinalizam em sua pesquisa que as principais concepções estão relacionadas à confusão entre ligação iônica e covalente, antropomorfismos, regra do octeto, geometria das moléculas e polaridade, energia nas ligações químicas e representação das ligações.

Por se tratarem de modelos abstratos, que não são facilmente formados através de experiências sensoriais, as ligações químicas possuem grande potencial para formação de modelos mentais incoerentes com a literatura científica.

A corrente cognitivista está centrada na opinião de que a aprendizagem está ligada aos processos mentais, relacionados à aquisição, ao armazenamento e à transformação das informações, isto é, preocupa-se em determinar como ocorre o mecanismo de aprendizagem na mente da pessoa.

Dentre as diversas teorias cognitivas existentes, a teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird é a única a explicar que o raciocínio humano depende de modelos mentais, pois os mesmos podem ser construídos a partir da percepção, imaginação ou compreensão do discurso. Tais modelos são maneiras de representar internamente o mundo exterior. As pessoas não captam o mundo exterior diretamente, elas constroem representações mentais internas do mundo exterior (MOREIRA, 1996).

Os alunos trazem para sala de aula seus próprios modelos mentais, repercutindo de maneira negativa ou positiva durante o complexo processo de ensino e aprendizagem. Esses modelos incoerentes estão relacionados a inúmeros obstáculos epistemológicos gerados durante a educação formal. Desta forma, devem ser considerados pelo professor, uma vez que o conhecimento assimilado interage com os modelos existentes para produzir novos modelos.

O epistemólogo Gaston Bachelard apresenta visão filosófica relacionando o processo de aprendizagem à superação de obstáculos ao conhecimento, pois estes estão estabelecidos na mente da pessoa e se constituem de resíduos de conhecimentos anteriores mal estabelecidos, frutos do próprio ato de conhecer (LOPES, 1992).

Esses hábitos intelectuais, incrustados no conhecimento não questionado, bloqueiam o processo de construção do novo saber, de forma que não é possível se adquirir nova cultura, pela simples incorporação da mesma, aos traços da remanescente. Para que ocorra aprendizagem de maneira efetiva, é necessário mostrar ao aprendiz razões para evoluir, substituindo saber tido como estático e fechado, pelo conhecimento aberto e dinâmico (LOPES, 1993).

Para Bachelard (1996), as dificuldades de abstração a partir de fenômenos concretos é a principal responsável pelo bloqueio do pensamento científico, uma vez que os obstáculos vindos da realidade fenomenológica levam ao aparecimento de construções mentais mais metafóricas do que reais, podendo se tornar uma barreira, impedindo o pensamento abstrato de tomar o curso necessário em direção a uma via psicológica verdadeiramente científica.

Assim, o conhecimento desses obstáculos pelo educador facilita o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que, de posse dessa informação, é possível elaborar e aplicar melhor estratégias que possibilitem a transposição desses obstáculos, pois superar empecilhos ao conhecimento é fundamental para que ocorra aprendizagem.

Em virtude do que foi mencionado, este estudo teve como objetivo geral **investigar como o desenvolvimento de modelos mentais pode contribuir na superação de obstáculos epistemológicos relacionados à aprendizagem de conceitos de ligações químicas.**

Portanto, esta pesquisa vem oferecer contribuição para aqueles que se iniciam ou militam no campo de ensino de Ciências/Química, sendo bem-vindas críticas, no sentido de contribuir para o aprimoramento deste trabalho.

REFERENCIAL TEÓRICO

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aprendizagem significativa e ensino de química

Durante a primeira metade do século XX, as pesquisas sobre aprendizagem se basearam em teorias comportamentais, exercendo forte influência sobre a pesquisa e a prática em diversas áreas da psicologia e educação. A partir da década de 1970, o foco da psicologia de uma orientação comportamental se converteu para uma orientação cognitiva. A preocupação com o pensamento, a percepção, a memória, a atenção, a resolução de problemas e a linguagem, passou a ser o centro de interesse da psicologia científica.

As teorias cognitivas tentam explicar como as atividades mentais medeiam a relação entre o estímulo e a resposta, influenciando o comportamento e a conduta humana. Ausubel (2003), como um representante do cognitivismo, defende que a aprendizagem ocorre por um mecanismo de assimilação, sem desconsiderar fatores afetivos, como a motivação (MOREIRA, 1999; AUSUBEL 2003; STERNBERG, 2010).

Na teoria da Aprendizagem significativa, descrita por Ausubel, a construção de sentidos para uma nova informação ocorre de maneira substantiva e não-arbitrária, a partir dos conhecimentos que os aprendizes já possuem sobre um determinado assunto. A estrutura cognitiva é a forma como o sujeito organiza suas informações, é resultado de suas crenças e conceitos que devem ser consideradas no momento do planejamento das instruções, uma vez que esses podem ser úteis para “ancorar” novos conhecimentos, que poderão se adequar ou sofrer modificações.

Para Ausubel (2003), a variável mais importante para aprendizagem é descobrir o que o sujeito já sabe como objeto de estudo. Novas informações podem ser aprendidas e mantidas, à medida que existam conceitos claros e inclusivos na estrutura cognitiva do aprendiz, capazes de estabelecer relação com o que foi ensinado.

Tendo considerado a natureza do significado e da aprendizagem significativa, bem como da aprendizagem por recepção e da retenção, encontramos agora em posição de considerarmos determinados fatores de facilitação da aprendizagem nas salas de aula. Entre estes fatores, é provável que as propriedades da estrutura

de conhecimentos existente [...] sejam a consideração mais importante. Visto que esta envolve, por definição, o impacto de todas as experiências de aprendizagem anteriores com relevância para os processos de aprendizagem atuais (AUSUBEL, 2003, p. 10).

2.1.1 Tipos de aprendizagem significativa

Ausubel (2003) distinguiu três tipos de aprendizagem significativa: de representações, de conceitos e de proposições.

A aprendizagem representacional é o tipo mais básico de aprendizagem significativa e dela dependem as demais. Está relacionada à associação dos significados de símbolos individuais ou aquilo que eles representam, como valores sonoros, vocais e caracteres linguísticos.

A aprendizagem de conceitos é uma extensão da representação, pois ocorre quando o sujeito percebe regularidade de eventos ou objetos, passando a representá-los por um determinado signo, não dependendo de um referencial concreto para atribuir significado a esse símbolo.

A aprendizagem de proposições é aquela que promove a compreensão de uma proposição, por meio da relação entre dois ou vários conceitos em uma unidade semântica, em outras palavras, a aprendizagem proposicional envolve, em grande parte, a aprendizagem do significado de uma ideia criada a partir da combinação de palavras individuais em uma frase.

2.1.2 Condições para ocorrência da aprendizagem significativa

Na aprendizagem mecânica/memorística, o aprendiz acaba por assimilar informações sem estabelecer relações entre elas de forma arbitrária, tornando difícil a compreensão de um conceito. Na aprendizagem significativa, a informação encontra um ponto de inclusão na estrutura cognitiva, facilitando a atividade de assimilar e compreender um conceito.

Para Ausubel (2003), aprender de maneira significativamente exige determinadas condições:

- 1) O material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e relacionado de forma não arbitrária e não literal com qualquer estrutura cognitiva apropriada e com significado lógico.
- 2) O aprendiz deve possuir em sua estrutura cognitiva informações prévias capazes de ancorar as novas informações, com as quais se possam relacionar o novo material.

Ausubel (2003) acredita que os chamados subsunçores seriam os conhecimentos prévios especificamente relevantes para aprendizagem de outros conhecimentos. Essas estruturas são formadas a partir de processos de inferência, abstração, descoberta, representação que o sujeito tem em encontros com objetos, eventos e conceitos dos primeiros anos de vida. Nessa linha, subsunçores podem ser proposições, modelos mentais, constructos pessoais, concepções, ideias, representações sociais e conceitos existentes na estrutura cognitiva de quem aprende.

Quando o aprendiz não possui subsunçores adequados, ou se os conceitos apresentados são inteiramente novos, é necessária utilização dos chamados organizadores prévios, ou seja, recursos instrucionais, com nível elevado de abstração e generalidade, que estejam relacionados ao material e aprendizagem, e que seja capaz de suprir a deficiência de subsunçores, formando ponte entre o novo conhecimento e os existentes. As possibilidades são inúmeras, podendo ser utilizada uma pergunta, uma situação problema, um vídeo, leitura introdutória, uma demonstração, algo que preceda à apresentação do material de aprendizagem (MOREIRA, 2011).

2.1.3 Mecanismos de aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa possui dois mecanismos básicos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva é um mecanismo de diferenciação de conceitos que se fundamenta no princípio da assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições a novos materiais potencialmente significativos, resultando no aperfeiçoamento dos significados e, desta forma, fornecendo “ancoragem” a aprendizagens significativas posteriores.

Quando dois ou mais conceitos relacionam seus significados tem lugar a reconciliação integradora. Nesse processo de aprendizagem, é necessário estabelecer relações entre os conceitos aprendidos pelo aluno e ir integrando as novas informações que permitam ampliação e evolução desses conceitos. O sujeito vai diferenciando progressivamente e, ao mesmo tempo, reconciliando integrativamente os novos conhecimentos com aqueles já existentes. Esses processos ocorrem de maneira simultânea.

2.1.4 Investigações

De acordo com o ponto de vista ausubeliano, o fator mais importante a ser considerado no processo de ensino-aprendizagem é a estrutura cognitiva que o aluno já possui no momento da instrução. Nessa perspectiva, o número de trabalhos encontrados na literatura acerca da investigação de conhecimentos prévios e da utilização da teoria da aprendizagem significativa no ensino de Ciências/Química é extenso. Dentre esses, destacam-se as pesquisas dos autores De Posada (1993, 1997), Özmen, Demircioglu, Demircioglu (2009) e Trindade e Hartwig (2012).

De Posada (1993) investigou o conhecimento que alunos em idade entre 15 e 18 anos possuíam em relação à estrutura interna da matéria. Seu objetivo foi: 1- verificar a maneira como os alunos internalizam esses conceitos. 2- Analisar se essas ideias foram modificadas durante os anos de estudos. 3- Como os novos conhecimentos adquiridos interferiram nos conhecimentos existentes. Logo, concluiu que os alunos não conseguiam assimilar satisfatoriamente a estrutura macroscópica da matéria, uma vez que para eles o mundo microscópico é semelhante ao macroscópico, sendo apenas de tamanho reduzido. Acrescentou que os alunos precisam superar obstáculos epistemológicos para adquirirem melhor concepção atômica da matéria. Para isso, o uso de materiais didáticos impressos, programas de computador e vídeos interativos seriam importantes para minimizar esse problema.

De Posada (1997) analisou as ideias que estudantes sobre a estrutura interna dos metais. Verificou que os alunos não conseguem assimilar satisfatoriamente a estrutura dos metais e entender como ocorre a condução de corrente elétrica. Assim, atribui a essa dificuldade as ideias informais de Física e Química que os alunos trazem para educação formal em Química. Essas informações armazenadas na estrutura

cognitiva desses alunos se transformam em obstáculos para aprendizagem dos conceitos científicos e compreensão adequada da realidade.

Özmen, Demircioglu, Demircioglu (2009) avaliaram o efeito sobre a estrutura cognitiva dos alunos em relação ao conceito de ligação química, após instrução acompanhada de animações computacionais. O Estudo concluiu que mesmo após o ensino utilizando animações computacionais, ainda podem existir conceitos incoerentes com a literatura científica.

Trindade e Hartwig (2012) utilizaram a teoria da aprendizagem significativa. Os pesquisadores organizaram um minicurso referente às ligações químicas, que foi aplicado em uma turma de 1º ano do Ensino Médio. Nas aulas, os estudantes entraram em contato com estratégias diversificadas de ensino, como atividades de informática, modelagem e material instrucional organizado a partir da Teoria de Ausubel. Como forma de avaliação da aprendizagem, os pesquisadores propuseram aos alunos a elaboração de mapas conceituais.

Os resultados sugeriram que o uso de mapas conceituais é válido para examinar a organização conceitual que os alunos assimilaram após um período instrucional. Os achados vão ao encontro da Teoria de Ausubel, a qual propõe que a aprendizagem somente será significativa se os estudantes estiverem predispostos psicologicamente a relacionar as informações novas aos conhecimentos prévios. Trindade e Hartwig (2012) concluem que mapas conceituais em conjunto com atividades de informática, constituem-se em um recurso eficiente na direção de uma aprendizagem significativa.

O conhecimento da teoria da aprendizagem significativa desempenha papel importante no desenvolvimento de estratégias e instrumentos didáticos facilitadores da aprendizagem.

2.2 Modelos no ensino de ligações químicas e dificuldades de aprendizagem

Quando se visualiza o desenvolvimento da ciência, observa-se a constante utilização de representações, com a finalidade de compreender e explicar fenômenos que envolvem conceitos abstratos. Diante destes, surgem leis e teorias, tendo como base o modelo inicialmente elaborado. A literatura de educação em ciências mostra contribuições de autores, no sentido de subsidiar a compreensão do termo modelo.

Krapas et al. (1997) definem modelo como a representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema. Galagovsk e Adúriz-Bravo (2001) consideram modelos como ferramentas de representação teórica do mundo, capazes de auxiliar, prever e transformar. Nuñez e Ramalho (2004) definem modelos como representação da realidade que permite, no campo científico, descobrir e estudar novas relações e características do objeto de estudo, sendo representações provisórias e limitadas, em virtude da complexidade dos fenômenos que buscam apresentar.

Para Sampaio (2009), modelo é um novo mundo construído para representar fatos/eventos/objetos/processos que acontecem no nosso mundo ou em um mundo imaginário.

Krapas et al. (1997), em estudo de revisão, elaborou um sistema de categorias relativo aos sentidos e uso do termo modelo na pesquisa em educação em ciências. A partir dessa análise, foram identificadas cinco categorias:

- 1) Modelo mental: modelos pessoal, construído pelo sujeito e que se exterioriza através da ação, da fala, da escrita e do desenho.
- 2) Modelo consensual: modelo formalizado rigorosamente, o qual passa a ser consenso dentro de um grupo social, com o propósito de compreender, explicar ideias, objetos, eventos, processos ou sistemas.
- 3) Modelo pedagógico ou de ensino ou didático, que teria por finalidade auxiliar alunos a compreenderem os modelos consensuais que, na maioria das vezes, é expresso através de objetos, gráficos, esquemas etc.
- 4) Meta-modelo: modelo formalizado, compartilhado por grupos sociais, construído com o propósito de compreender/explicar o processo de construção e funcionamento de modelos consensuais e modelos mentais.
- 5) Modelagem com objetivo educacional: enfatiza a promoção da competência em construir modelos com propósito central de ensino de ciências.

Como se pode verificar, o uso do termo modelo em ciências pode, com frequência, assumir vários sentidos. Para este estudo, optou-se pelo modelo no sentido pedagógico, como forma de promover mediação didática capaz de facilitar o ensino do conhecimento científico de ligações químicas. Em outra parte desta dissertação, está apresentada explanação acerca dos modelos mentais.

2.2.1 Modelos explicativos no ensino de ligações químicas

Os modelos computacionais possuem potencial para melhorar o ensino de temas difíceis e abstratos, além de serem capazes de estimular o interesse pela aprendizagem (TRINDADE; HARTWIG, 2012). Nessa perspectiva, utilizaram instruções em conjunto modelos computacionais Herman (1996), Ebenezer (2001), Jimoyiannis e Komis (2001), Morgil et al. (2003, 2005), Stieff e Wilensky (2000), Raupp et al. (2010).

Özmen, Demircioglu, Demircioglu (2009) determinaram o efeito sobre as ideias prévias de alunos do Ensino Médio, relacionadas com a ligação química após a exposição de textos acompanhados de animações computacionais. O estudo concluiu que os textos acompanhados de animações de computador podem ser ferramentas pedagógicas eficazes para melhorar a compreensão de conceitos químicos.

As analogias representam recurso importante, capazes de subsidiar a construção de modelos pedagógicos (GALAGOVSKY; ADÚRIZ-BRAVO, 2001). Embora autores apontem o uso de analogia como ferramenta de aprendizagem no ensino de Química, existem cuidados a serem considerados. Nesse sentido, Oliva (2003) destaca a reflexão de algumas questões antes de sua utilização:

- Deve-se ter cuidado para que a analogia não se torne mais difícil do que o conceito-alvo, desestimulando assim a utilização;
- Não limitar a analogia a um processo de mera transmissão e recepção passiva por parte do aluno;
- Evitar o uso de várias analogias para explicar um mesmo conceito;
- Usar a analogia de forma a não se distanciar do foco da aprendizagem.

É necessário utilizar postura crítica ao se trabalhar com analogias, no sentido de facilitar a construção de modelos explicativos, uma vez que as mesmas podem ser confrontadas com o senso comum e acabarem se transformando em obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996).

Nuñes e Ramalho (2004) sugerem que as analogias, quando utilizadas no ensino, sejam empregadas na fase inicial, apenas como subsídio para construção de um conceito, evidenciando diferenças e limitações, para que não atrapalhe a construção do modelo científico.

Harrison e Treagust (2000) investigaram as analogias e os modelos mentais utilizados nas explicações sobre átomos, moléculas e ligação química. Monteiro e Justi (2000) realizaram análise das analogias encontradas em livros didáticos brasileiros destinados ao ensino de Química no nível médio. Coll e Treagust (2002) descrevem como estudantes de vários níveis escolares fazem uso das analogias, antroporfismos e modelos mentais para explicar ligações químicas. Carvalho e Justi (2005) investigaram o papel da analogia do “mar de elétrons” para explicar a ligação metálica.

Raviolo e Garriz (2008) apresentaram estudo de revisão acerca do uso de analogias para explicar equilíbrio químico. Silva Júnior, Tenório e Bastos (2007) apresentaram estudo sobre o uso de analogias em livros didáticos de química, nas obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio 2007. Justi e Mendonça (2008) verificaram a capacidade de criação de analogias correntes ou não para explicar ligações químicas. Freitas e Lima (2014) investigaram o grau de percepção de estudantes de um curso de licenciatura em Química sobre as potencialidades e os limites do emprego de analogias no ensino da química.

Pode-se, ainda, acrescentar como alternativas para mediação de modelos pedagógicos, o ensino por resolução de problemas e atividades experimentais como coadjuvantes na mediação de formação de modelos (GARCÍA, 2000; GALIAZZI; GONÇALVES, 2004; GOI; SANTOS, 2009; LACERDA; CAMPOS; MARCELINO-JR, 2012; FERNANDES; CAMPOS, 2013).

2.2.2 Dificuldades de aprendizagem sobre ligações químicas

A Química, por se tratar de uma ciência que possui inúmeros conceitos abstratos, requer compreensão desenvolvida, muitas vezes, através da interpretação de diversos modelos que, por sua vez, são construídos sobre uma polissemia de conceitos e princípios físicos com elevado nível de abstração, pertencente a uma determinada problemática da realidade (GALAGOVSKY; ADÚRIZ-BRAVO, 2001). Dentre os fatores responsáveis pelas dificuldades de aprendizagem em ligação química, tem-se a utilização de métodos tradicionais de ensino, as dificuldades de abstração e os livros didáticos.

Estudos têm demonstrado que, em todos os níveis educacionais, os alunos não adquiriram compreensão satisfatória sobre os conhecimentos básicos da Química.

Uma das causas sugerida seria a utilização de métodos tradicionais de ensino, cujo aluno adquire postura passiva, limitando-se a ouvir o professor e responder às perguntas feitas por ele (MORGIL et al., 2003).

Os estudantes apresentam dificuldade para estabelecer relações entre os três níveis de conhecimento químico: o macroscópico, microscópico e simbólico (NICOLL, 2001). De Posada (1999) relata que a aplicação dos conceitos macroscópicos ao mundo atômico motiva os alunos a fazerem previsões erradas e, assim, chegarem a resultados incorretos. Segundo esse autor, existe tendência a ocorrer redução desse fenômeno, à medida que o aluno avança em seus estudos. A ligação química, por se tratar de um tema abstrato, longe das experiências dos alunos, apresenta grande potencial para geração de modelos inconsistentes com o conhecimento científico.

O livro didático aparece como um potencial causador de problemas de aprendizagem de ligação química. Os trabalhos de Taber (2003) e Melo (2002) mostram que a abordagem que alguns livros fazem sobre a ligação química é problemática, apresentando distorção de conceitos, excesso de informações, uso de analogias inadequadas, assim como carência de discussão e fragmentação de conteúdo.

De acordo com a revisão realizada por Fernandez e Marcondes (2006), essas dificuldades de aprendizagem levam a uma grande quantidade de concepções prévias, como: (i)- confusão entre a ligação iônica e a covalente; concepções antropomórficas sobre os átomos; (iii)- utilização da regra do octeto indiscriminadamente como principal justificativa para formação das ligações químicas; (iv)- ideias errôneas sobre geometria molecular e conceito de polaridade; (v)- equívocos sobre as energias associadas à quebra ou formação das ligações químicas; (vi)- representações inadequadas sobre as ligações químicas.

O professor, conhecendo as ideias prévias que os alunos possuem sobre ligações químicas, poderá planejar ações pedagógicas, de maneira a minimizar ou até mesmo superá-las, favorecendo a construção de um conhecimento significativo e duradouro.

2.3 Teoria dos modelos mentais

Uma das indagações responsáveis por gerar debates acalorados dentro da psicologia cognitiva é a maneira como o ser humano representa o conhecimento. Conforme a psicologia cognitiva, existe corrente que defende que a representação do conhecimento ocorre através da hipótese proposicional e outra que sugere que o conhecimento é expresso pela formação de imagens mentais (STERNBERG, 2010).

No bojo desses entendimentos sobre como o indivíduo desenvolve as representações mentais, a Teoria dos Modelos Mentais, elaborada pelo psicólogo norte-americano Philip Johnson-Laird, surge como uma síntese alternativa às diversas teorias formais encontradas na literatura.

A abordagem dos Modelos Mentais, como estratégia de estudo para as representações de conceitos científicos, tem se tornado referência essencial para pesquisa educacional. É importante enfatizar que tais pesquisas têm valorizado o conhecimento que o aluno traz para sala de aula, tendo como aporte teórico uma perspectiva psicológica (PALMERO; ACOSTA; MOREIRA, 2001).

Ao longo dos anos, o conceito de Modelos Mentais vem sendo utilizado em inúmeras áreas do conhecimento como forma de compreender as representações das pessoas sobre sistemas e eventos físicos. Apesar de utilizado a mais de 30 anos, ainda não existe definição única para o que seria um Modelo Mental.

Para Norman (1983), modelos mentais servem para caracterizar as formas como as pessoas compreendem os sistemas físicos com os quais interagem. Rouse e Morris (1986) definem Modelo Mental como mecanismos utilizados pelos seres humanos para explicar o funcionamento de um sistema e os seus estados observados e, desta forma, prever eventos futuros. Carrol e Olson (1988) destacam que modelo mental é uma estrutura rica e elaborada, o qual reflete a compreensão do usuário sobre a composição de um sistema, como ele opera e porque funciona daquela maneira. Para Krapas et al. (1997), modelo mental é pessoal, construído pelo sujeito e que se exterioriza através da ação, da fala, da escrita e do desenho. Para Johnson-Laird (2010), modelos mentais são estruturas de conhecimento que os indivíduos constroem para entender e explicar como algo funciona no mundo real.

O Termo Modelo Mental acredita ter sido criado por Kenneth Craik, no livro *A Natureza da Explicação*, publicado em 1927, em que o autor argumenta que a mente constrói "modelos de pequena escala" da realidade, usando-os para antecipar

eventos. Desde o *insight* de Craik, cientistas cognitivos têm argumentado que a mente constrói modelos mentais como resultado da percepção, imaginação e conhecimento e compreensão do discurso (JOHNSON-LAIRD, 2001).

Para Johnson-Laird (2010) ao invés da lógica mental, os seres humanos raciocinam usando modelos mentais, pois estes são comparados a blocos de construção cognitivos que podem se combinar de acordo com a necessidade. As pessoas não captam o mundo diretamente através dos estímulos, elas constroem modelos internos a partir do mundo exterior. Desta forma, os modelos mentais moldam nossas ações e comportamentos, definindo como os indivíduos confrontam e resolvem problemas, ou seja, os modelos mentais condicionam as nossas ações. Para o autor da teoria, as representações proposicionais são interpretadas como modelos mentais, podendo ser verdadeiras ou falsas em relação a um modelo mental e as imagens seriam correspondentes a uma visão dos modelos mentais (MOREIRA, 1996).

2.3.1 Características dos modelos mentais

Os modelos mentais possuem características peculiares, eles são incompletos e executados, de forma limitada, podendo ser permanentemente revisados; são imprecisos, sendo executados com falhas, e não possuem limites bem definidos, podendo gerar conflitos entre conceitos similares, não são científicos, podendo ser reflexos de suas crenças sobre um tema em estudo e são econômicos, no sentido de sua elaboração (GIBIN; FERREIRA, 2010).

Torna-se importante diferenciar modelos mentais de modelos conceituais. De acordo com Moreira (1996, p.196), “modelos conceituais são projetados como instrumentos para a compreensão ou para o ensino de sistemas físicos; modelos mentais são o que as pessoas realmente têm em suas cabeças e o que guia o uso que fazem das coisas”. De uma forma mais simples, modelos conceituais são produzidos por profissionais de diversas áreas para facilitar a compreensão ou o ensino de sistemas físicos, e os modelos mentais são construções individuais para representação física do mundo real.

2.3.2 A origem dos modelos mentais

De acordo com Souza (2009 apud ESTRADA; FLORES; VASCONCELO, 2009), vários são os fatores que determinam a construção de um modelo mental:

- 1) *Genético*, constituição física que determinada por nossos genes, que foram herdados de nossos predecessores e, desta forma, a genética impõe determinada particularidade, sendo esse fator não determinante;
- 2) *Cultura*, as condições externas, o lugar onde nascemos, crescemos e nos desenvolvemos, o contexto social forma parte de nossos modelos mentais, condicionando à nossa maneira de observar a realidade do mundo que nos cerca;
- 3) *Educação formal*, configura nossos modelos mentais de uma forma mais abrangente e define uma base que consolida a nossa visão do mundo;
- 4) *Condicionamento*, quando as atitudes são reflexos de relação causa-efeito, ou seja, são condicionados por erros e acertos anteriores;
- 5) *Recompensas e incentivos*, quando os modelos e as ações mentais são moldadas pelas recompensas que recebemos por mantê-los. As recompensas podem ser concretas, como recompensa financeira ou abstratas como aprovação social;
- 6) *Experiência pessoal*, como estilos de aprendizagem, por meios de suas experiências pessoais, faz com que algumas pessoas pensem de forma diferente da corrente principal.

2.3.3 Modelos mentais no ensino

Quando se abordam os modelos mentais no ensino, merece atenção a formação de modelos mentais que estão de acordo com a literatura científica. Os alunos trazem para sala de aula modelos mentais próprios, isso repercute de maneira considerável durante os processos de ensino e aprendizagem e, desta forma, devem ser considerados pelo professor.

O conhecimento assimilado interage com os modelos existentes para produzir novos modelos. Para que o estudante adquirira novos modelos mentais próximos dos modelos científicos, é necessário bastante tempo e considerável esforço pessoal (BORGES, 1998). Infelizmente, os modelos mentais formados na sala de aula, em sua

grande maioria, são incoerentes do ponto de vista científico, levando estudantes a não conseguirem êxito em suas avaliações (SOUZA, 2013).

Didaticamente, quando o aluno começa seu estudo formal sobre um determinado conceito, ele pode ainda não possuir um modelo mental apropriadamente formado. À medida que ele vai interagindo, os diversos estímulos encontrados no ambiente escolar, como situações de aprendizagem diversificadas, o aluno vai, aos poucos, complementando os blocos de construção cognitivos.

Há habilidade em que um sujeito possui de explicar e fazer previsões dos fenômenos que ocorre a sua volta, evoluindo à medida que ele aperfeiçoa o seu desenvolvimento psicológico através da aquisição de conhecimentos. Ao fazer previsões ou fornecer explicações sobre um funcionamento de um sistema, cada pessoa simula, mentalmente, uma estrutura simbólica de componentes interligados. Os tipos de componentes e a forma de conexão entre eles determinam o resultado do modelo (BORGES, 1998).

2.3.4 Investigações realizadas sobre modelos mentais

Na literatura científica relacionada à área de Ensino de Química, podem ser encontrados diversos trabalhos relacionados aos estudos investigativos acerca dos modelos mentais que são construídos pelos estudantes para representar fenômenos químicos. Christidou, Koulaidis, Christidis (1997) realizaram estudo para identificar os modelos mentais de crianças sobre a camada de ozônio. Wu, Krajcik e Soloway (2001), Dori, Barak e Adir (2003) verificaram as representações mentais de alunos sobre moléculas orgânicas. Barnea e Dori (1999), Coll e Taylor (2002), Coll e Treagust (2003), Taber (2003), Cooper, Corley e Underwood (2013), investigaram os modelos mentais sobre ligações químicas.

Carvalho e Justi (2005) realizaram estudo envolvendo o modelo de ligação metálica. Rezende (2007) avaliou os modelos mentais de estudantes de graduação sobre a disposição de átomos e moléculas, conforme o estado físico. Queiroz, Silva e Silva (2008) analisaram e discutiram os principais modelos sobre o fenômeno físico-químico apresentado por alunos do Ensino Médio. Gibin e Ferreira (2010) investigaram os modelos mentais de estudantes de Química da Universidade Federal de São em relação a diversos fenômenos químicos. Santos et al. (2013) investigaram os modelos mentais que os estudantes da Licenciatura em Química apresentavam sobre equilíbrio

químico, assim como a compreensão da forma como esses modelos foram construídos e como o reconhecimento desses modelos mentais auxiliam na formação de professores.

2.4 Obstáculos epistemológicos no ensino e aprendizagem em ciências

A gênese dos obstáculos epistemológicos possui raízes ligadas à história e cultura do aprendiz, assim como, também, durante o processo de ensino e aprendizagem, quando os docentes na busca de tornar o ensino mais atrativo, ou com intenção de facilitá-lo, fazem uso de estratégias, como o uso de analogias, metáforas, imagens, modelos, entre outras, presentes nos materiais didáticos amplamente utilizados no ensino de ciências que podem acabar atrapalhando a aprendizagem de conteúdos científicos.

Para Bachelard (1996), o conhecimento científico perpassa por três estados: o estado concreto, em que o espírito se apropria das primeiras imagens, dando origem as impressões iniciais; no estado concreto-abstrato, o espírito, mesmo preso as suas experiências, inicia um processo de generalização ao adicionar esquemas científicos; e o estado abstrato, cujo espírito já possui condições de problematizar suas experiências, gerando conhecimento a partir de seus questionamentos. O verdadeiro espírito científico é movido pelo questionamento, pela problematização. “Em resumo, o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar” (BACHELARD, 1996, p.21).

A seguir, descrevem-se, de maneira objetiva, os obstáculos epistemológicos destacados por Bachelard, que impedem o sujeito de compreender o conhecimento científico de maneira correta. Os principais obstáculos epistemológicos, enumerados por Bachelard (1996), estariam fundamentados na experiência primeira, conhecimento geral, conhecimento unitário e pragmático, substancialismo, realismo, verbal e animismo.

Durante a construção do conhecimento científico, o primeiro obstáculo a ser superado são as primeiras impressões. Os indivíduos, antes de iniciar qualquer estudo formal, já possuem um conjunto de ideias próprias acerca de como e por que as coisas são. Essas ideias podem limitar fortemente o processo de aprendizagem. Nesse obstáculo, prefere-se imagem e não as ideias, ou seja, o sujeito apega-se à subjetividade das imagens, deixando de lado a explicação científica, formando, assim,

conhecimentos que embora não aceitos do ponto de vista científico, são satisfatórios para o mesmo entender os conceitos estudados.

Bachelard (1996) alerta que ao observar um fenômeno em estudo, o sujeito interpreta a imagem com toda sua carga cultural. Isso faz com que o ato de conhecer permaneça contaminado por impurezas que escapam ao controle dos cientistas. O espírito científico proíbe opinião sobre questões não compreendidas, questões que não ainda não se sabem formular com clareza. Quando a crítica não pode intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui base segura, tornando frágil os conhecimentos obtidos a partir das primeiras impressões. Para Bachelard (1996), a ruptura entre o senso comum e o conhecimento científico é o que caracteriza a evolução do progresso da ciência.

Ao espetáculo dos fenômenos mais interessantes, mais espantosos, o homem vai naturalmente com todos os seus desejos, com todas as suas paixões, com toda a alma. Não é, pois de admirar que o primeiro conhecimento objetivo seja um primeiro erro (BACHEARD, 1996. p. 68).

Um espírito pré-científico teme os fenômenos antes de buscar explicações racionais, gerando inconsciência que pode atingir os pensamentos científicos. Quando os conhecimentos primários obtidos no meio escolar são contraditos, um mau humor se instala e não será com uma experiência nova ou apenas com uma crítica que será facilmente eliminada a primeira impressão. Para superar o conhecimento pré-científico em busca do verdadeiro espírito científico, torna-se necessário reaver a crítica e confrontar o conhecimento com a sua origem, buscar novas informações à procura da verdade e não se deixar render de imediato às primeiras impressões. É essencial para isso que se forneçam ideias e fatos novos, de modo a dificultar raciocínios acelerados, a fim de não se estabelecer relações precoces, pois uma vez que se entregue ao reino das imagens contraditórias, a imaginação agrega com facilidade pensamentos dos mais diversos, surgindo, assim, possibilidades inesperadas (BACHELARD, 1996).

O obstáculo conhecimento unitário e pragmático traduz-se na procura do caráter utilitário de um fenômeno como princípio de explicação. Para Bachelard (1996), o conhecimento unitário e pragmático está diretamente ligado a uma influência da filosofia, de uma visão de mundo, nas ciências.

Será, então, não mais o caso de pensamento empírico, mas de pensamento filosófico. “Aí, uma suave letargia imobiliza a experiência [...] todas as dificuldades se resolvem diante de uma visão geral de mundo, por simples referência a um princípio geral da Natureza” (BACHELARD, 1996, p. 103).

Em todos os fenômenos, procura-se a utilidade humana, não somente pela vantagem que pode oferecer, mas como princípio de explicação. O obstáculo é unitário, no sentido da unidade dos processos naturais e pragmático uma finalidade, uma utilidade. Pode-se observar isso nitidamente em um exemplo dado por Bachelard (1996) sobre a influência do granizo, de maneira favorável nas colheitas.

O mesmo acontece com o granizo, que torna também as terras muito férteis; vê-se que, em geral, depois que ele cai tudo refloresce, e que, sobretudo o trigo, semeado após o granizo, oferece uma colheita infinitamente mais abundante do que nos anos em que não caiu granizo (BACHELARD, 1996, p. 115).

Bachelard (1996) afirma que, de modo geral, os obstáculos epistemológicos apresentam-se sempre aos pares. Assim, a ausência de explicação científica, proveniente das primeiras impressões resultantes do senso comum, leva ao segundo obstáculo, conhecido como conhecimento geral ou generalização científica. Esse obstáculo ocorre quando um conceito fica tão claro, completo e fechado, que desmotiva o interesse pelo seu estudo mais aprofundado e questionamento, facilitando, momentaneamente, o conhecimento do real, levando o aprendiz a uma inércia de pensamento (GOMES; OLIVEIRA, 2007).

Bachelard (1996) considera o conhecimento geral como um dos obstáculos mais nocivos para o desenvolvimento da ciência. “Conhecer o fenômeno geral, valer-se dele para tudo compreender, não será, semelhante à outra decadência” (BACHELARD, 1996, p. 69). Ao explicar um fenômeno mediante o uso de generalizações, podem-se criar conceitos vagos e indefinidos, e, desta forma, negligenciar os detalhes que realmente permitiriam explicar de forma clara e precisa o conceito em questão.

Deve-se ser vigilantes e analisar cuidadosamente os tipos de seduções da facilidade, pois uma busca apressada pela generalização sem ligação com real conhecimento dos fatos, acarretam a formação de conceitos mal colocados que

enfraquecem o pensamento experimental. Bachelard (1996) considera o pensamento geral como um conhecimento vago.

O conhecimento a que falta precisão, ou melhor, o conhecimento que não é apresentado junto com as condições de sua determinação precisa, não é conhecimento científico. O conhecimento geral é quase fatalmente conhecimento vago (BACHELARD, 1996. p.90).

Segundo Bachelard (1996), o conhecimento pré-científico do século XVIII fazia uso forte da linguagem metafórica, utilizando imagens e generalizações que direcionavam o pensamento da época para uma visão concreta e imediatista, suprimindo o processo de abstração necessário para formação do verdadeiro espírito científico.

No obstáculo verbal, existe tendência de se associar uma palavra concreta a uma abstrata. Esse obstáculo configura-se pelo uso descuidado da linguagem científica, fora do contexto em que ela foi produzida, impedindo o aluno de abstrair as explicações microscópicas dos fenômenos, restando apenas o macroscópico. Muitas vezes o professor na busca de explicar ou de se compreender determinados fenômenos até então desconhecidos pelo homem e facilitar a compreensão do conteúdo a ser estudado pelos alunos, faz uso de analogias, metáforas, entre outros.

A literatura científica tem evidenciado a utilização de metáforas e analogias como ferramentas de ensino, capazes de contribuir para o ensino das ciências/química. Porém, existe outro lado a ser observado, pois o uso incorreto e não reflexivo destes recursos pode ocasionar sérias desvantagens para o processo de ensino/aprendizagem. Bachelard (1996) não é contrário ao uso de metáforas e analogias no ensino, porém as mesmas devem ser concebidas em caráter provisório, jamais permanecendo de forma definitiva no pensamento, além de serem utilizadas na ocasião adequada e com cuidado para ilustrar os esquemas racionais e não se constituírem em uma barreira ao ensino de ciências.

Por mais que se faça, as metáforas seduzem a razão. São imagens particulares e distantes que, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais. Uma psicanálise do conhecimento objetivo deve, pois tentar diluir, senão apagar, essas imagens ingênuas. Quando a abstração se fizer presente, será a hora

de *ilustrar* os esquemas racionais. Em suma, a intuição primeira é um obstáculo para o pensamento científico; apenas a ilustração que opera depois do conceito, acrescentando um pouco de cor aos traços essenciais, pode ajudar o pensamento científico (BACHELARD, 1996. p. 97).

O obstáculo substancialista, como todos os obstáculos epistemológicos, é polimorfo. De acordo com Bachelard (1996), esse obstáculo é um dos mais difíceis de ser superado, porque se apoia em uma filosofia de fácil explicação das propriedades pela substância. O espírito científico não admite se satisfazer apenas em ligar os elementos descritivos de um fenômeno a uma respectiva substância, sem uma compreensão, determinação precisa e detalhada das relações com outros objetos.

A substancialização de uma qualidade imediata percebida numa intuição direta pode entravar os futuros progressos do pensamento científico tanto quanto a afirmação de uma qualidade oculta ou íntima, pois tal substancialização permite uma explicação breve e peremptória. Falta-lhe o percurso teórico que obriga o espírito científico a criticar a sensação (BACHELARD, 1996. p. 127).

Esse obstáculo caracteriza-se por atribuir propriedades de certas substâncias para explicar um modelo ou um fenômeno, podendo suscitar entendimento equivocado acerca de um determinado conceito químico.

O obstáculo realista consiste na geração de imagens e diálogos concretos, utilizados na tentativa de facilitar a compreensão de fenômenos abstratos, empobrecendo o conhecimento científico. Para Barros (2010) o obstáculo realista pode ser entendido como “imagens concretas, que são geradas pela mente do indivíduo na tentativa de explicar fenômenos abstratos”, ou seja, existe supervalorização dos aspectos táteis e visuais. O aluno se contenta com a explicação concreta de um fenômeno, não conseguindo promover a abstração necessária para obter explicação completa.

O ensino de Química favorece o surgimento desse obstáculo, uma vez que a maioria dos conceitos ensinados não é visível aos olhos humanos. Para Melzer et al. (2009), o obstáculo realista se apresenta fortemente quando o pensamento objetivo é pouco desenvolvido, ou seja, há ênfase em trabalhar o lado macroscópico da Química, abandonando o microscópico que é abstrato.

O obstáculo animista se traduz na tendência de animar, atribuir vida e, muitas vezes, propriedades antropomórficas a objetos inanimados. O uso de atributos humanos no ensino de ciências pode ser considerado entrave para aprendizagem.

Bachelard (1996) afirma que o animismo foi um obstáculo ao desenvolvimento da ciência no século XVIII, pois, nessa época, os fenômenos vitais possuíam lugar de destaque frente aos três reinos da natureza. Pesquisa recente realizada em livros didáticos brasileiros tem demonstrado diminuição desse obstáculo, o que pode indicar maior preocupação com a inserção da linguagem científica no cotidiano escolar (STADLER et al., 2012).

Foram descritos os obstáculos epistemológicos que influenciam o processo de compreensão e construção do conhecimento científico. Mas, é preciso ir além, não se pode e não foi intenção do autor deste trabalho deter a uma mera descrição das limitações, mas refletir em busca de possíveis soluções para os educadores, pois uma vez cientes dessas dificuldades, deve-se, como parte integrante da construção do conhecimento, orientar os alunos, de forma a superar esses obstáculos, tornando, desta forma, o ensino de Ciências/Química mais agradável e atraente.

Para que isso ocorra, os docentes devem conhecer os obstáculos e, desta forma, identificá-los em seus alunos. Conscientizar os aprendizes de seus erros é apenas o primeiro passo, pois não é suficiente para produzir uma superação. Deve-se promover desestabilização conceitual, a fim de motivar o aprendiz a confrontar de ideias e reconhecer o fenômeno em questão de várias maneiras, para finalmente seguir no caminho da reconciliação entre ideias e conceitos obtidos na educação formal.

2.4.1 Investigação sobre obstáculos epistemológicos

Encontrou-se na literatura vasta quantidade de artigos que utilizam a epistemologia de Gaston Bachelard e a noção de obstáculos epistemológicos. Amaral e Mortimer (2001) investigaram as concepções dos alunos sobre o conceito de calor, tendo como referência a noção de obstáculo epistemológico proposto por Bachelard. Andrade, Ferrari e Zilbersztajn (2002) apresentam observações epistemológicas de Bachelard (1996) acerca da linguagem metafórica e analógica na Ciência e no ensino de Ciências. Martins e Pacca (2005) buscam compreender aspectos da construção do conceito de tempo por estudantes do ensino Fundamental e Médio.

Silva Júnior, Tenório e Bastos (2007) abordam a questão do perfil epistemológico do conceito de tempo, enquanto representação social, de licenciandos dos cursos de Matemática, Ciências Biológicas, Física, Química, História e Ciências Sociais. Coutinho, Mortimer e Elhani (2007) investigaram a construção de um perfil conceitual de vida, conceito relacionado ao ensino de Biologia. Kasseboehmer e Ferreira (2013) descrevem a aplicação de problemas investigativos em aulas teóricas de Química, visando compreender a influência do ambiente escolar na formação do espírito científico.

METODOLOGIA DA PESQUISA

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste estudo, adotou-se como modelo teórico-metodológico a abordagem qualitativa etnográfica. Lüdke e André (2013) destacam como características da pesquisa qualitativa: objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender e explicar; aprofundamento da compreensão de um grupo social, ou de uma organização, e despreocupação com a representatividade numérica; observância das diferenças entre o mundo natural e o mundo social; oposição ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências.

Além disso, na visão de Lüdke e André (2013), outros aspectos devem ser considerados, como a importância que o ambiente, no qual a pesquisa está sendo desenvolvida, desempenha; a relevância dos dados a serem avaliados; e a forma como os dados coletados serão analisados.

Ao considerar esses aspectos, optou-se pela abordagem qualitativa do tipo etnográfica, por estar diretamente ligada a processos educativos, que analisam as relações entre ambiente escolar, professor, aluno e sociedade, com intuito de conhecer, de maneira aprofundada, os diferentes problemas que sua interação desperta. De acordo com André (2003), a pesquisa qualitativa do tipo etnográfica faz uso de um plano de trabalho flexível e proporciona ao pesquisador uma multiplicidade de dados descritivos, proveniente de uma variedade de procedimentos e técnicas de coletas de dados.

3.1 Questão de pesquisa e objetivos

Aprender conceitos científicos no ensino das Ciências da Natureza, em especial na Química, tem sido problema recorrente tanto no contexto escolar como na Educação Superior. Tais conceitos são construções abstratas da realidade, ou seja, não representam a realidade, visto que são explicações formuladas para fenômenos naturais e de laboratório. Os estudantes demonstram dificuldades de abstração na compreensão desses conceitos científicos, por conseguinte, resulta em pouca aprendizagem efetiva sobre os mesmos (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006).

A esse respeito, o conteúdo “Ligações Químicas” aborda grande quantidade de conceitos científicos, cujos estudantes apresentam dificuldade em entender, uma vez que são abstratos.

Do exposto, apresenta-se o problema de pesquisa que norteia este trabalho:

COMO A TEORIA DE MODELOS MENTAIS PODE ORIENTAR A ATIVIDADE DOCENTE NA SUPERAÇÃO DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS RELACIONADOS À APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS?

A partir dessa indagação, foram propostos os seguintes objetivos específicos para esta pesquisa:

- Constatar os modelos mentais que os alunos possuem sobre ligações químicas provenientes do conhecimento escolar;
- Identificar os obstáculos epistemológicos apresentados pelos alunos para o conceito de ligações químicas;
- Elaborar atividades de ensino que permitam superar os obstáculos epistemológicos apresentados pelos alunos sobre ligações químicas.

3.2 Contexto da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida nas dependências do Departamento de Química, da Universidade Federal do Amazonas, cidade de Manaus, estado do Amazonas. Os estudantes participantes deste estudo pertencem ao primeiro semestre 2014/1 dos cursos de Licenciatura em Química, do período diurno e noturno, matriculados na disciplina de Química Geral. O interesse por esse público-alvo surgiu pela necessidade de conhecer os modelos mentais e os obstáculos epistemológicos que esses alunos trazem do Ensino Médio. Foi considerado como critério de inclusão dos sujeitos que os mesmos estivessem cursando a disciplina Química Geral e não a trancassem durante o semestre.

3.3 Cuidados éticos

Essa pesquisa atendeu aos critérios éticos exigidos pela Resolução Nº 466, de 12 de dezembro de 2012, a qual aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. O Instituto de Ciências Exatas, definido como local do estudo, foi devidamente consultado, vindo a autorizar a realização da pesquisa, através da concessão do Termo de Anuência.

De posse do Termo de Anuência, anexou-se ao projeto de pesquisa e submeteu-se ao Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) para avaliação e emissão do parecer, o qual foi aprovado em 4 de setembro de 2014, conforme CAAE 33871714.6.000.5020 e parecer 7779.048 (Anexo 1).

Nesta pesquisa, não houve discriminação na seleção dos indivíduos e nem exposição destes. Os participantes foram informados que tinham plena liberdade para abster-se da participação na pesquisa e de que eram livres para suspender o consentimento sobre sua participação a qualquer momento.

3.4 Procedimento metodológico

3.4.1 Instrumentos de coleta de dados

Os dados foram coletados por meio da utilização de diferentes instrumentos, como questionários, entrevistas, folhas de atividades, bem como o registro em audiovisual dos debates no decorrer das atividades didáticas desenvolvidas.

O questionário foi empregado por ser um instrumento capaz de possibilitar levantamento de diferentes informações dos sujeitos pesquisados de maneira rápida, precisa e segura. Antes de sua aplicação definitiva, todos os questionários foram testados e validados por meio de um pré-teste. A finalidade deste pré-teste é evidenciar possíveis falhas na redação do mesmo, como inconsistência ou complexidade das questões, imprecisão na redação, desnecessidade de questões, constrangimentos ao informante, exaustão etc. (MARCONI; LAKATOS, 2010).

A numeração dos anexos e apêndices segue a ordem dos eventos ocorridos durante a coleta de dados.

Foram utilizados cinco questionários nas diversas etapas da pesquisa, os quais estão descritos:

a) *Questionário inicial* - foi estruturado com perguntas abertas e fechadas, com vistas a mapear o perfil acadêmico dos pesquisados (Apêndice 4).

b) *Questionário modelos mentais* - esse instrumento foi estruturado utilizando imagens e proposições distribuídas em questões fechadas de múltipla escolha e uma questão aberta, que teve como objetivo conhecer os modelos mentais que os alunos trazem da Educação Básica (Apêndice 6).

c) *Questionário obstáculos epistemológicos* - teve por objetivo conhecer os obstáculos epistemológicos que poderiam ser um entrave ao ensino de ligações químicas. Ele foi estruturado com uma escala de Likert que trazia uma assertiva contendo um obstáculo epistemológico e outra com o contraponto a esse obstáculo (Apêndice 7).

d) *Questionário final* - foi responsável pela verificação da aprendizagem. Ele foi estruturado com uma escala de Likert, com assertivas que traziam os obstáculos epistemológicos que foram identificados como responsáveis pelas dificuldades de aprendizagem e seu respectivo contraponto (Apêndice 26).

e) *Questionário de avaliação do minicurso* - foi estruturado com quatro questões abertas, de forma que fosse possível conhecer as impressões dos pesquisados sobre o minicurso, assim como os aspectos positivos e negativos da pesquisa (Apêndice 27).

Foram utilizados roteiros de entrevista semiestruturada como técnica de coleta de dados. Na visão de Rosa e Arnoidi (2008), esse tipo de entrevista permite que o sujeito discorra e verbalize pensamentos, tendências e reflexões sobre os temas apresentados. A entrevista é bastante adequada para obtenção de informações acerca do que as pessoas já sabem, creem, esperam sentem ou desejam (GIL, 2008).

Com objetivo de aprofundar a investigação sobre os obstáculos epistemológicos (verbal, animista e geral) que pareciam influenciar a aprendizagem de ligações químicas, elaboraram-se três roteiros de entrevista, que traziam situações baseadas no estudo de Fernandez e Marcondes (2006), juntamente com os respectivos obstáculos.

A observação associada a outras técnicas de coleta de dados possui lugar de destaque nas pesquisas educacionais, pois permite que o pesquisador estreite os laços com o fenômeno pesquisado. Utilizou-se a observação do tipo participante, em

que a identidade do observador e os objetivos da pesquisa são revelados desde o início, favorecendo o pesquisador a ter acesso a uma grande quantidade de informações (LÜDKE; ANDRÉ, 2013).

3.4.2 Procedimentos de coleta de dados

Este estudo foi estruturado em etapas que foram realizadas durante os meses de abril de 2014 a março de 2015. A seguir, descreve-se detalhadamente cada uma das etapas desenvolvidas durante a realização desta pesquisa.

1ª Etapa - Sondagem diagnóstica e assinatura dos termos de compromisso

Os alunos foram convidados previamente pelo pesquisador em suas respectivas salas de aula a conhecer e participar a pesquisa. Após breve explanação sobre a importância e os objetivos da pesquisa, os interessados assinaram os Termos de Compromisso Livre e esclarecido (TCLE) (Apêndice 1). Os estudantes menores de 18 anos assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice 2) e os responsáveis o Termo de Responsabilidade (TR) (Apêndice 3). Após coletar as assinaturas, aplicou-se o questionário inicial (Apêndice 4), com objetivo de mapear o perfil acadêmico dos sujeitos participantes. Com base nas respostas dos estudantes e nas observações e anotações feitas pelo pesquisador, foi possível realizar o planejamento das demais etapas. Nenhum momento mencionado sobre o que trata esse questionário.

2ª Etapa – Levantamento dos modelos mentais e obstáculos epistemológicos

Aos sujeitos engajados na pesquisa, foi realizada palestra, com duração de trinta minutos, em que foram explicados detalhes do estudo e, em seguida, realizada dinâmica (Apêndice 5), com objetivo de demonstrar o desafio da construção de um modelo científico. Logo em seguida, foi aplicado o questionário de modelos mentais, instrumento composto por doze questões estruturadas com base no estudo de Fernandez e Marcondes (2006). O questionário teve como objetivo conhecer os modelos mentais sobre ligações químicas, provenientes do conhecimento escolar da Educação Básica (Apêndice 6).

Para verificar a possível presença de obstáculos epistemológicos frente ao conceito de ligações químicas, foi utilizado questionário com a escala de Likert (Apêndice 7). O objetivo foi mensurar atitudes dos alunos, quando confrontados com frases contendo obstáculos epistemológicos e outras frases usadas como contraponto, elaboradas de forma aceitável do ponto de vista científico. O questionário com a escala de Likert continha um total de vinte frases, dez contendo os obstáculos e dez mostrando contraponto. As frases foram retiradas de livros de química utilizados no ensino médio e superior.

3º Etapa – Entrevista semiestruturada

Após análise dos resultados obtidos nos questionários, foram elaborados três roteiros de entrevista semiestruturada. Os roteiros tiveram como objetivo aprofundar a investigação sobre os obstáculos epistemológicos que mais dificultam a aprendizagem do conceito de ligações químicas nesses alunos. Os alunos foram selecionados dentro da categoria Obstáculo Geral, Obstáculo Animista e Obstáculo Verbal. As entrevistas foram conduzidas de forma individual e os diálogos foram gravados e transcritos de forma literal.

4º Etapa - Momento pedagógico

Na quarta etapa, foi oferecido um minicurso aos alunos interessados, o qual teve a duração de oito dias, totalizando 35 horas. Esse evento ocorreu no Laboratório de Ensino de Química, localizado no Departamento de Química. Foi planejado com situações de ensino-aprendizagem e atividades avaliativas pautadas na Teoria de Modelos Mentais e Obstáculos Epistemológicos. A sequência didática desenvolvida está presente no Apêndice 8.

3.5 Análise e tratamento dos dados

Os dados coletados foram analisados, à luz da metodologia de Análise de Conteúdo (AC) (BARDIN, 2011). A AC se organiza em três fases: 1) pré-análise, 2) exploração do material e 3) tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

A pré-análise é a fase em que se organiza o material a ser analisado com o objetivo de torná-lo viável. A organização dessa etapa ocorre através de quatro etapas: (a) leitura flutuante, que é o primeiro contato com os documentos da coleta de dados; (b) escolha dos documentos, fase em que ocorre a demarcação do que será analisado; (c) formulação das hipóteses e dos objetivos; (d) referenciação dos índices e elaboração de indicadores.

A segunda fase consiste na exploração do material, com a definição de categorias (sistemas de codificação).

Na terceira fase, ocorre o tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Esta etapa é destinada ao tratamento dos resultados; ocorre a condensação e o destaque das informações para análise, culminando nas interpretações inferenciais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se neste tópico a análise dos resultados obtidos que permitiram responder ao problema de pesquisa proposto, proporcionando reflexão acerca do processo de ensino-aprendizagem de conceitos abordados em ligações químicas, tendo situações didáticas orientadas pela Teoria dos Modelos mentais, assim buscou-se compreender as aprendizagens à luz dos obstáculos epistemológicos.

Para tanto, discorre-se sobre: i) caracterização dos sujeitos convidados a participar da pesquisa; ii) ideias prévias e modelos mentais sobre ligações químicas; iii) dificuldades de aprendizagem e obstáculos epistemológicos; iv) reconstrução de modelos mentais e superação de obstáculos epistemológicos; v) avaliação realizada pelos estudantes.

4.1 Caracterização dos sujeitos

Como forma de estabelecer um quadro descritivo dos participantes da pesquisa, aplicou-se a 48 alunos, inicialmente, questionário (Apêndice 4) com questões referentes ao curso de Licenciatura em Química – ano de ingresso; opção pelo curso; comprometimento; atividades concomitantes à formação; formação no ensino médio; número de vezes que cursou a disciplina Química Geral. O questionário foi aplicado aos licenciandos que estavam cursando a disciplina de Química Geral no semestre 2014/1, sendo estes convidados para participar da pesquisa. Os nomes dos participantes foram substituídos pelas letras ALM (alunos do curso de licenciatura do turno matutino) e ALN (alunos do curso de licenciatura do turno noturno), devidamente registrados nos documentos originais, seguida de numeração crescente.

Na Tabela 1, apresentam-se algumas informações que nos permitiram traçar um perfil desses licenciandos.

Participaram, inicialmente, desta pesquisa, em maioria, 83,3% dos licenciandos provenientes da escola pública, em que 93,7% eram oriundos da modalidade de ensino médio regular.

Tabela 1- Informações gerais sobre os sujeitos convidados para participarem da pesquisa

Características		% Freq.
Dependência administrativa da escola em que cursou o Ensino Médio	Pública	83,3
	Privada	12,5
Modalidade	Ensino Médio Regular	93,7
	Profissionalizante	6,3
Ano de ingresso no Curso de Licenciatura	2013	14,5
	2014	72,9
Número de vezes que cursou a disciplina de Química Geral	Primeira vez	72,9
	Segunda vez	16,6
	Terceira vez	10,5
Opção pelo curso de Licenciatura em Química	Influência do professor	44,4
	Aptidão para o curso	26,0
Atividade concomitante ao curso	Discentes que não trabalham	69,5
	Discentes que trabalham meio período	11,1
Horas semanais dedicadas ao estudo fora da sala de aula	1-3 horas por semana	41,9
	4-7 horas por semana	43,1

Fonte: Pesquisa de Campo

Outras características que compõe o perfil desses licenciandos estão relacionadas diretamente ao curso, como: ano de ingresso; número de vezes que cursou a disciplina Química Geral; opção pelo curso; atividade concomitante ao curso; comprometimento. A maioria dos licenciando participantes ingressaram em 2013 e 2014, (14,5%) e (72,9%), respectivamente.

Aqueles que ingressaram em 2014 estavam cursando pela primeira vez a disciplina Química Geral. Os demais tinham cursado a referida disciplina, duas vezes (16,6%) e três (10,5%). Esses dados pareceram relevante, uma vez que este estudo se propõe a compreender os modelos mentais que licenciandos têm sobre as ligações químicas. Desta forma, como a maioria dos estudantes teve pouco contato com os modelos explicativos utilizados no ensino superior, a elaboração do questionário sobre modelos mentais foi orientada para verificar os modelos explicativos sobre ligações químicas provenientes do ensino médio.

Relativo ao curso de Licenciatura em Química, buscou-se conhecer o motivo da opção dos mesmos pelo curso. Verificou-se que 44,4% responderam que a opção pelo curso se deu em decorrência da influência do professor, enquanto 26,0% relataram aptidão para o curso. Isso demonstra potencial influência exercida pelo

professor de Química, o qual é capaz ajudar a determinar a escolha de uma carreira profissional. Pode-se inferir também que o professor possui grande participação na formação de obstáculos epistemológicos, que podem influenciar fortemente os modelos mentais dos alunos, mesmo, na maioria das vezes, sem ter noção disso.

Quanto à realização de atividades concomitantes realizadas durante o curso, os resultados mostram que a maioria dos licenciandos, 69,5%, não realizava nenhuma atividade seja ela remunerada ou não, sendo desta forma dedicação exclusiva ao curso, ao passo que 11,1% declararam trabalhar meio período. Quando perguntados sobre o número de horas semanais dedicadas ao estudo das disciplinas do curso de Química fora da sala de aula, 41,9% declararam dedicar 1-3 horas semanais, enquanto 43,1% dedicam de 4-7 horas de estudo semanal extraclasse. Observando a grande quantidade de alunos que é dedicação exclusiva, considera-se que o tempo dedicado às atividades do curso de Química é pequeno, se ponderado o elevado nível de complexidade apresentado por esse curso.

4.2 Ideias prévias e modelos mentais sobre ligações químicas

A clareza, a estabilidade e a organização da estrutura cognitiva prévia, em um dado corpo de conhecimentos, é o que mais influencia a aprendizagem (MOREIRA, 2011). Ausubel (2003) denomina de subsunçores a região onde os novos conhecimentos “ancoram-se” aos preexistentes e, assim, adquirem significados. De acordo com Moreira (2011), os modelos mentais são considerados subsunçores, por isso o interesse em conhecer os modelos mentais que os estudantes trazem da Educação Básica sobre ligações químicas.

As metodologias utilizadas para investigar modelos mentais estão baseadas no princípio de que as representações mentais das pessoas podem ser modeladas a partir da escrita, do desenho, de seus comportamentos e verbalizações (MOREIRA, 1996; KRAPAS et al., 1997). Os modelos mentais encontrados nos pesquisados, não são nítidos e nem elegantes, isso deriva da natureza mal elaborada, incompleta e difusa da estrutura cognitiva, tornando-se um desafio para o pesquisador a buscar a compreensão desses modelos (MOREIRA, 1996).

Para dar início à etapa de levantamento dos modelos mentais e possíveis obstáculos epistemológicos acerca dos conceitos científicos presentes no conteúdo de ligações químicas, os licenciandos foram convidados a participar de uma atividade

no Laboratório Didático de Ensino de Graduação, localizado no Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, universidade Federal do Amazonas.

Participaram nessa etapa da pesquisa 34 licenciandos. O questionário aplicado foi elaborado com 12 questões, sendo estruturado com base no estudo de Fernandez e Marcondes (2006). Conforme mencionado no tópico anterior, o questionário teve como objetivo conhecer os modelos mentais sobre ligações químicas dos estudantes provenientes do conhecimento escolar vivenciado na disciplina de Química no Ensino Médio (Apêndice 6). Para tanto, o questionário abordou questões sobre a) confusão entre ligação química covalente, iônica e metálica; b) regra do octeto e energia envolvida nas ligações químicas; c) geometria molecular e polaridade e d) representação das ligações. Nas tabelas 2, 3 e 4 estão explícitos frequências e índices de erro e acerto das questões.

Tabela 2 - Dados oriundos das questões objetivas do questionário

Questão	Frequência de acertos	Frequência de erros
1	15 (44,1%)	19 (55,9%)
2	12 (35,3%)	22 (64,7%)
3	20 (58,8%)	14 (41,2%)
4	21 (61,8%)	13 (38,2%)
5	19 (55,9%)	15 (44,1%)
6	26 (76,5%)	8 (23,5%)
7	27 (79,5%)	7 (20,5%)
8	28 (82,4%)	6 (17,6%)
10	16 (47,1%)	18 (71,6%)
12	23 (67,6%)	11 (32,4%)

Fonte: Pesquisa de campo

Tabela 3- Dados obtidos a partir da questão 9

Categorias	Frequência
Respostas satisfatórias	12 (35,3%)
Não souberam responder	16 (47,1%)
Não responderam	6 (17,6%)

Fonte: Pesquisa de campo.

Tabela 4 – Dados obtidos a partir da análise da questão nº11

Modelos	Frequência de acertos
Ligação covalente	30 (88,2%)
Ligação iônica	27 (79,4%)
Ligação metálica (sólido)	14 (41,7%)
Ligação metálica (dispersão de elétrons)	23 (67,6 %)

Fonte: Pesquisa de campo.

4.2.1 Confusão entre ligação química covalente, iônica e metálica

Verificaram-se, na questão 2 (64,7%), que na percepção dos alunos, as ligações covalentes são completamente desfeitas quando a matéria muda de estado físico. Fernandez e Marcondes (2006) relatam a confusão entre interações intramoleculares e intermoleculares, motivando estudantes a considerarem as ligações covalentes como fracas, uma vez que compostos covalentes apresentam baixos pontos de ebulição (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006).

Acredita-se que os índices de erros apresentados na questão 3 (41,2%) e 5 (44,1%) estão relacionados à dificuldade em distinguir a diferença entre ligações químicas, no desconhecimento do conceito de polaridade e sua importância na formação das ligações. Fernandez e Marcondes (2006) relatam que a confusão entre ligação iônica e covalente é um dos problemas mais comuns encontrados entre alunos de todos os níveis escolares. Fernandes, Campos e Marcelino Júnior (2010) evidenciaram que os alunos possuem dificuldade em definir ligação iônica, covalente e metálica.

Franco e Ruiz (2006) sugerem que os estudantes somente reconhecem dois tipos de ligações como verdadeiras: as iônicas e covalentes. As dificuldades encontradas talvez sejam em virtude da complexidade dos conceitos e pela necessidade de visão mais representacional das estruturas das substâncias e partículas, com vistas a construir melhores representações mentais de conceitos abstratos (FERREIA et al., 2007). A confusão entre moléculas, elementos químicos e substâncias é relatada na literatura e pode ser ocasionada pelo livro utilizado na instrução, pois os mesmos apresentam falhas em conteúdos, ou pela metodologia dos professores (LOPES, 1992; SANTOS; WARTHA; SILVA FILHO, 2010).

A questão 8 (82,4%) apresentou elevado índice de acerto, assim pode-se inferir que a imagem da chaleira produzindo vapor d'água pode ter influenciado a decisão do aluno, uma vez que essa situação faz parte do cotidiano deles, pois é mais discutido na educação básica. Diferente do exemplo utilizado na questão 2, o qual traz a evaporação do metanol a temperatura ambiente, podendo isso ser evidência da aprendizagem mecânica/memorística.

4.2.2 Regra do octeto e energia envolvida nas ligações químicas

As questões 4 e 7 apresentaram elevados índices de acerto, 61,8% e 79,5%, respectivamente, o que faz inferir que os alunos relacionam a estabilidade química à "regra do octeto".

Mortimer, Mol e Duarte (1994) afirmam que existe cultura muito forte e dificilmente abalada de que a "regra do octeto" é a explicação para a estabilidade atômica. Os alunos associam a estabilidade dos átomos e a formação das ligações, exclusivamente, à configuração eletrônica do último nível de energia, em que este deve possuir dois ou oito elétrons, ignorando os aspectos energéticos que explicam a estabilidade e, inclusive, podem contradizer a "regra do octeto". Segundo os autores, isso se deve, em parte, aos livros didáticos de química do ensino médio que abordam a ligação química de maneira quase "ritualística" e, por vezes, antropomórfica, se referindo a átomos com tendência a perderem ou a ganharem elétrons para completar seu octeto.

Muitas vezes, encontram-se frases em livros atribuindo a estabilidade atômica à configuração semelhante a dos gases nobres, evidenciado a presença de oito elétrons na última camada eletrônica, com exceção do Hélio.

"Pela regra do octeto, os átomos tentam 'imitar' os gases nobres, que são modelos de estabilidade eletrônica" (CRUZ, 2000, p. 77). "Os átomos dos outros elementos, para ficarem estáveis, devem adquirir, pelas Ligações químicas, eletrosferas iguais às dos gases nobres" (MARTINS; GOWDAK, 2002, p. 27). "Admitese que os demais elementos representativos, para estabilizarem-se, buscam ficar com configuração eletrônica de gás nobre" (SALÉM et al., 1999, p. 276).

Para Oliveira e Santos (1998), o conceito de energia envolvida nas ligações químicas encontrado em livros de nível médio e superior encontra-se empobrecido e

antes de facilitar, dificulta a aprendizagem, porque retém o pensamento a um patamar de simplicidade.

4.2.3 Geometria molecular e polaridade

As questões 6, 9, 10 e 12 possuem relação entre os conceitos de geometria das moléculas e polaridade. Os alunos obtiveram índices elevados de acerto na questão 6 (76,5%), 12 (67,6%) e variação na questão 10, em que 71,6% erraram a questão. De acordo com Fernandez e Marcondes (2006), existe muita dúvida relacionada a essa temática, isso pode ser atribuído à dificuldade de visualização tridimensional e falta de pré-requisitos para esse conhecimento.

Os índices apresentados na questão 9, considerando aqueles que não souberam responder ou não responderam à questão, 47,1% e 17,6%, respectivamente, mostram que a maioria dos alunos desconsiderou ou desconhecia o conceito de polaridade e sua influência nas reações químicas. Furió e Calatayud (1996) relatam maior dificuldade em ensinar o conceito de polaridade frente ao conceito de geometria molecular, uma vez que os alunos não consideram a relação existente entre ambas.

4.2.4 Representação das ligações

Na questão 1, sugeriu-se que o aluno optasse pela alternativa que melhor representasse a dissolução do cloreto de sódio em água a nível microscópico, 44,1% dos alunos conseguiram assinalar a alternativa correta. Isso leva a concluir que 55,9%, possuíam modelos mentais incoerentes com a realidade científica para essa situação, pois os mesmos desconsideraram a natureza elétrica da matéria. Parece ocorrer desconhecimento ou despreocupação com a orientação das moléculas da água em relação aos íons sódio e cloro.

Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Echeverría (1996), quando indagou os pesquisados sobre as possíveis mudanças que aconteceriam com o sal (NaCl) e a água (H₂O) na dissolução do sal. A maioria das respostas demonstrou que os alunos, mesmo afirmando que a dissolução tinha ocorrido na água, não admitiam que o fenômeno era causado pela interação entre as duas substâncias.

Gibin (2009), após analisar os modelos mentais expressos em textos escritos, verificou que os alunos entendiam a dissolução do cloreto de sódio em água como união entre o sal e a água, porém os mesmos não explicavam como essa união ocorria.

Os índices apresentados na Tabela 7 evidenciam o não entendimento dos fundamentos do conceito de ligação química, ocasionando a ausência do domínio de linguagem simbólica adequada pelos alunos. O modelo de dispersão dos elétrons da ligação metálica teve índice superior ao modelo da mesma ligação no estado sólido. Acredita-se que isso seja devido ao uso da analogia do mar de elétrons explicarem a ligação metálica.

Carvalho e Justi (2005) afirmam que no ensino médio, o único modelo apresentado aos alunos para explicar a formação da ligação metálica é aquele fundamentado na analogia do “mar de elétrons”. Nesse modelo, átomos de metais se movimentariam livremente entre seus cátions, como a água em um mar, no qual tais íons estariam submersos.

4.2.5 Considerações sobre a análise

Verificou-se após a análise do questionário, que de uma forma geral, os alunos participantes deste estudo apresentaram dificuldades para compreender os conceitos abordados em ligações químicas semelhantes aos resultados encontrados nos trabalhos de Mortimer, Mol e Duarte (1994), De Posada (1999), Fernandez e Marcondes (2006). Os resultados mostraram que mesmo após um ensino formal, os alunos não conseguiam estabelecer relações importantes entre os conceitos, desta forma, continuam desenvolvendo a memorização/mecânica destes conteúdos, o que inviabiliza a utilização desses conhecimentos em outras situações fora da sala de aula.

4.3 Dificuldades de aprendizagem e obstáculos epistemológicos em ligações químicas

Os obstáculos epistemológicos foram caracterizados por Bachelard (1996) como uma acomodação frente ao novo conhecimento. Eles são capazes de influenciar o processo de ensino-aprendizagem de conceitos científicos, podendo ser

encontrados nos métodos de ensino e em vários materiais didáticos (LABATI-TERRA, 2014).

Para Bachelard (1996), os obstáculos epistemológicos estão situados na mente da pessoa a nível conceitual, indicando a necessidade de pensar não apenas no que o aluno deve aprender, bem como no que ele deve desaprender. Em virtude disso, a percepção dos obstáculos, pelos professores, é importante para desconstruir os conceitos errôneos formados pelos alunos.

A proposta deste estudo foi buscar compreender como a teoria dos modelos mentais poderia auxiliar na prática pedagógica de um professor de Química, com a finalidade de contribuir na superação de obstáculos epistemológicos relacionados à compreensão dos conceitos científicos no conteúdo de ligações químicas. Para tanto, foi aplicado questionário de verificação de Likert com cinco pontos (Apêndice 7) - (1) Discordo totalmente, (2) Discordo parcialmente, (3) Indiferente/Indeciso, (4) Concordo parcialmente e (5) Concordo totalmente – em que o aluno tinha opção de fazer juízo de valor acerca das afirmações que abordavam conceitos relacionados às ligações químicas.

Conforme mencionado na metodologia, item “C” dos Instrumentos de Coleta de Dados, o questionário foi elaborado com 20 questões, das quais dez foram elaboradas com a presença de termos que indicavam a presença de obstáculo epistemológico com base nas ideias de Bachelard (1996), enquanto as outras dez questões foram elaboradas sem a presença de termos indicativos de obstáculo epistemológico. Enfatiza-se que as afirmativas foram elaboradas de acordo com as categorias adotadas para o questionário que foi aplicado para levantar modelos mentais dos licenciandos.

De acordo com Costa (2011), a grande vantagem da escala de Likert é a facilidade de manuseio, pois é fácil a um pesquisado emitir um grau de concordância sobre uma afirmação qualquer.

Foram respondidos 34 questionários. A partir desses dados, foi possível compreender os possíveis obstáculos epistemológicos que são entraves a aprendizagem dos conceitos científicos relacionados ao conteúdo de ligação química.

Esse questionário possui questões relativas a todos os obstáculos epistemológicos teorizados por Bachelard (1996): experiência primeira; conhecimento geral; conhecimento unitário e pragmático; animista; verbal; substancialista e realista.

Os resultados foram analisados de forma qualitativa, indicando nos gráficos a quantidade de alunos por resposta na escala de Likert, procurando-se entender o processo pela perspectiva de cada aluno.

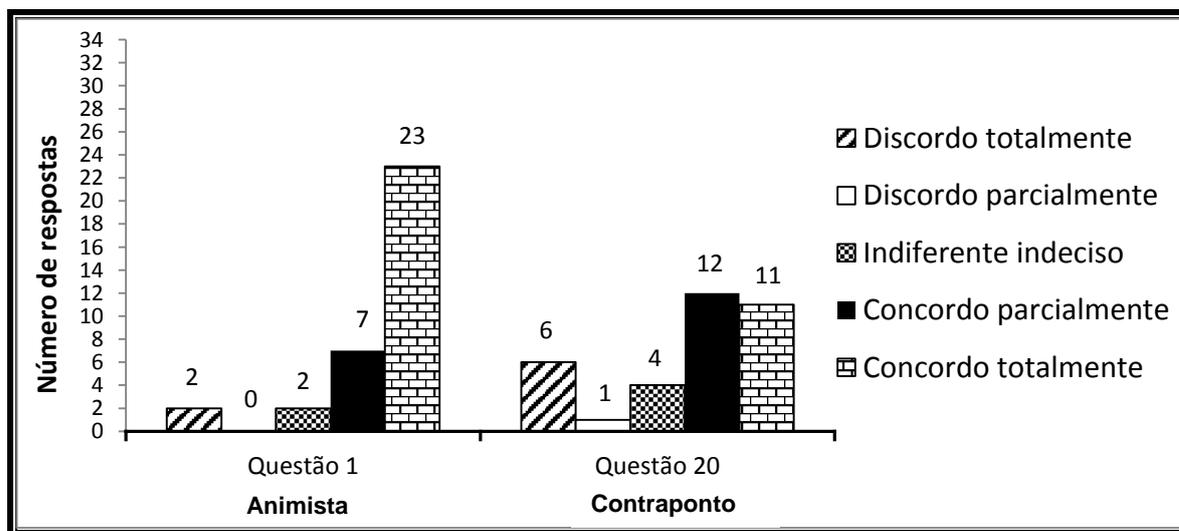
Após analisar as assertivas, verificou-se que os obstáculos conhecimento geral, animista e verbal, por terem atingido nível de concordância semelhante ou superior ao contraponto aceito cientificamente, foram, portanto, focos de discussão.

4.3.1 Obstáculo animista

O obstáculo animista surge à medida que são atribuídas características próprias de seres vivos (antropomorfismo) a objetos de estudos, não vivos, abordados na química (MELZER et al., 2009).

Na frase da questão 1 *“Na molécula de oxigênio (O₂), os dois átomos se unem compartilhando dois pares eletrônicos, de modo que cada átomo exerça domínio sobre oito elétrons dando estabilidade a molécula”*, pode-se observar que as expressões *“se unem compartilhando”* e *“exerça domínio”* denotam aspectos animistas. Essa assertiva foi mais aceita pelos alunos quando comparada com o contraponto, conforme ilustrado no Gráfico 1. Logo, esse fenômeno está relacionado às metodologias utilizadas pelo professor ao explicar situações abstratas ou em decorrência da utilização do livro didático como principal ferramenta de ensino.

Gráfico 1- Obstáculo animista

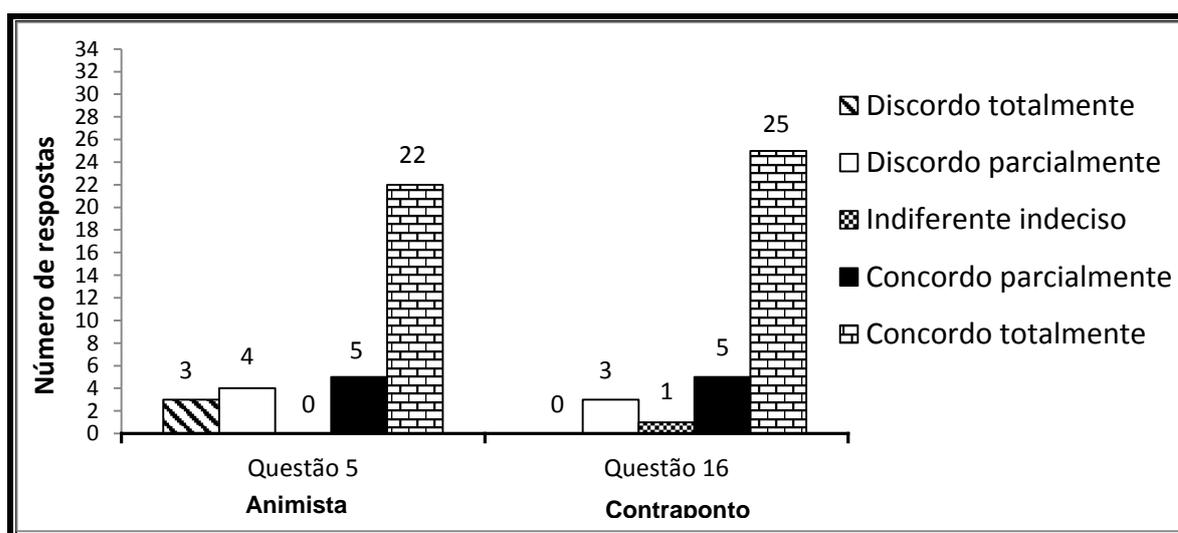


Fonte: Pesquisa de campo.

Fernandez e Marcondes (2006) relatam que muitas explicações dos alunos para justificar alguns fenômenos, revelam aspectos antropomórficos. Lopes (1992) lembra que os obstáculos epistemológicos nos livros didáticos podem aparecer sob várias formas e prejudicar ou dificultar a aprendizagem dos conteúdos pelos alunos. Analisaram a presença de obstáculos epistemológicos em livros didáticos Lopes (1992), Miranda e Araújo (2013) e Stadler et al. (2012).

No Gráfico 2, tem-se o resultado obtido a partir da frase (questão 5) “Os gases nobres já nascem estáveis e têm pouca vontade de se unir a outros elementos, uma vez que sua camada de valência é completa”, em que se encontram as frases “já nascem” e “têm pouca vontade”, denotando características animistas aos gases nobres, havendo, pois, menor concordância frente à frase contraponto. Assim, há evidência consistente do obstáculo animista.

Gráfico 2- Obstáculo animista



Fonte: Pesquisa de campo.

A questão 5 abordou a temática “regra do octeto”, isso pode ter influenciado a opinião dos alunos da mesma forma como nas questões 4 e 7 do questionário de Modelos Mentais. Neste, o índice de acertos foi superior aos erros cometidos, mostrando que a regra do octeto parece estar bem estabelecida como justificativa para estabilidade química.

Stadler et al. (2012), em estudo que avaliou quatro livros indicados pelo PNLD 2012 quanto à presença dos obstáculos, concluíram que todos os livros analisados apresentaram obstáculos, por outro lado, nenhum texto apresentou o obstáculo

animista, o que pode indicar maior preocupação com a inserção da linguagem científica no cotidiano escolar.

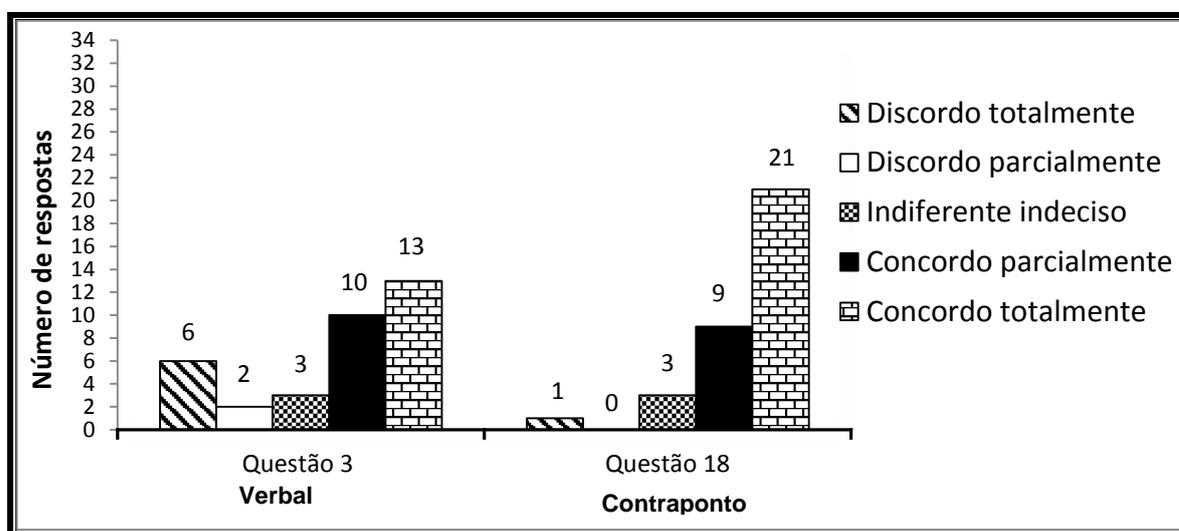
4.3.2 Obstáculo Verbal

O obstáculo verbal aparece quando são utilizados termos do senso comum, do cotidiano ou analogias, para tentar facilitar a compreensão de um fenômeno (STADLER et al., 2012). A linguagem metafórica ou analógica e a preocupação com as possíveis utilizações, abordagens e efeitos na educação, passou a ser o objeto de estudo de muitos pesquisadores no mundo todo (ANDRADE; FERRARI; ZILBERSZTAJN, 2002). Stadler et al. (2012) concluíram que os livros analisados apresentaram obstáculos, em sua maioria verbal, cuja causa foi atribuída à tentativa de simplificar termos científicos ou abstratos.

Na frase da questão 3, “*Na ligação covalente os átomos trocam elétrons entre si ou usam elétrons em parceria, procurando atingir a configuração eletrônica de um gás nobre*”, quando são usados termos “*trocamos elétrons*”, com o sentido de permutar, barganhar e “*parceria*”, com o sentido de colaboração que visa um objetivo comum, observa-se a presença do obstáculo verbal.

O Gráfico 3 mostra maior preferência pelo contraponto em relação ao obstáculo. Entretanto, a frase da questão 3 obteve somatória total de 23 opiniões entre as assertivas concordam totalmente e concordam parcialmente, evidenciando a influência do obstáculo verbal.

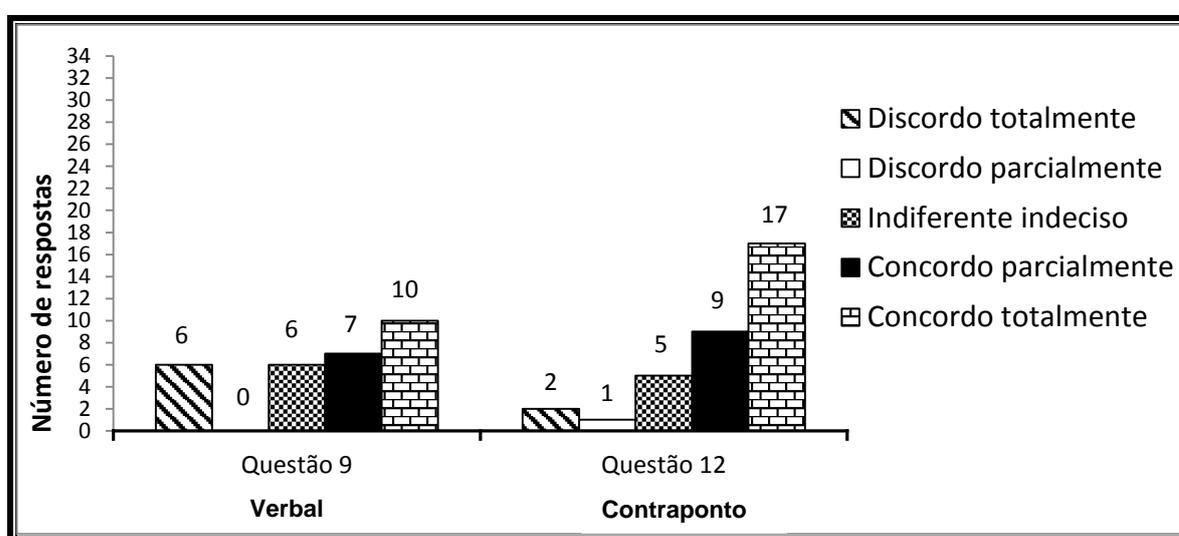
Gráfico 3- Obstáculo verbal



Fonte: Pesquisa de campo.

Na questão 9, a frase “A ligação iônica é forte, pois mantém os íons fortemente presos no reticulado”, em que o termo “forte” e a expressão “fortemente presos” podem levar o aluno a associar a ideia de força vigorosa capaz de segurar os íons. Verifica-se que o contraponto obteve maior aceitação por parte dos alunos, porém a diferença foi pequena entre as assertivas. Conforme discutido anteriormente, existe grande confusão entre ligação covalente e ligação iônica, temática abordada nas duas questões analisadas.

Gráfico 4- Obstáculo verbal



Fonte: Pesquisa de campo.

É comum a utilização de analogias, modelos, imagens e metáforas, com intuito de facilitar o processo de ensino-aprendizagem, pois as mesmas são facilmente encontradas em livros didáticos e amplamente utilizadas por docentes (GOMES; OLIVEIRA, 2007). Porém, conforme apresentado no referencial teórico, o uso de analogias e metáforas deve ser realizado com critérios, de forma a evitar que o aluno venha a desenvolver entendimento equivocado sobre um fenômeno, impossibilitando conhecimento mais amplo de determinado assunto.

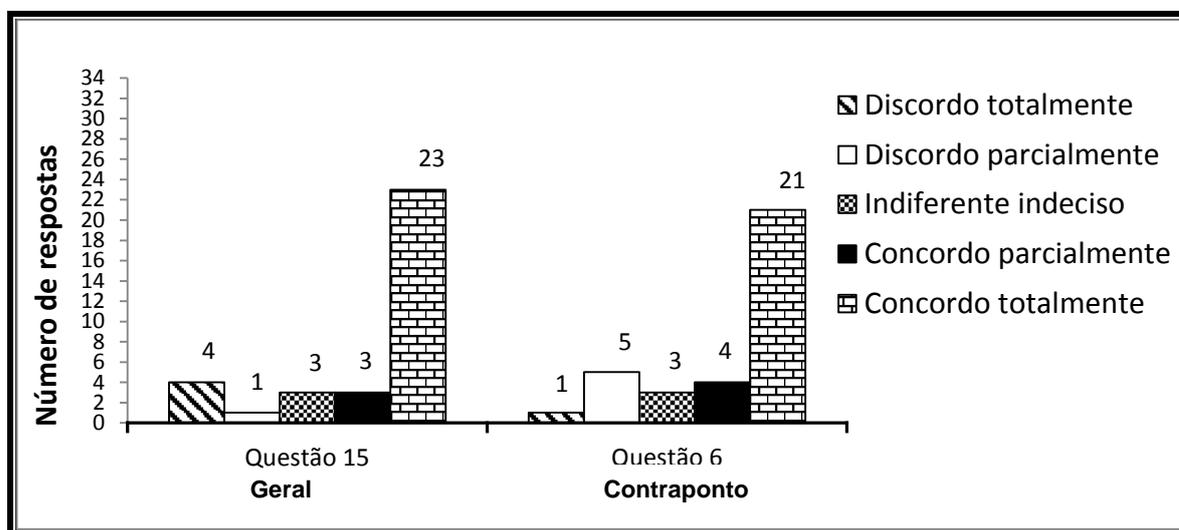
4.3.3 Obstáculo geral

Encontrou-se no obstáculo verbal tendência à generalização prematura, a qual visa englobar os fenômenos mais diversos sob o mesmo conceito. Bachelard (1996) refere esse obstáculo como um dos mais nocivos à construção do espírito científico,

por considerar que um pensamento geral é um conhecimento vago. Muitas vezes, na busca rápida para explicação de um fenômeno, ocasiona generalizações mal colocadas, cooperando para confundir a explicação de outros conceitos.

Pode-se observar no Gráfico 5 que a frase “*Semelhante dissolve semelhante*”, referente à questão 15, a qual é comumente utilizada na química para explicar o princípio da solubilidade das substâncias, foi bastante aceita pelos alunos. É possível inferir, ainda, que os alunos mostraram não reconhecer as diferenças quanto à estrutura das frases, pois praticamente o mesmo número de alunos concordou com as duas abordagens.

Gráfico 5- Obstáculo geral



Fonte: Pesquisa de campo.

De acordo com Gomes e Oliveira (2007), a generalização desmotiva a busca por um conhecimento aprofundado no momento em que se descomplica, momentaneamente, a compreensão do real.

Lembra-se que o obstáculo epistemológico é resistente a modificações, quando confrontado com um conceito que o contradiz. Portanto, para ascender a um novo saber, deve-se superá-lo, e para que isso seja possível, torna-se necessário identificar o momento em que esses conceitos se tornam realmente obstáculos ao conhecimento científico.

4.3.4 Análise das entrevistas

Após análise dos resultados de ambos os questionários, elaboraram-se três roteiros de entrevista semiestruturada (Apêndice 8), com base nos indícios da presença dos obstáculos epistemológicos geral, animista e verbal. Esses obstáculos podem estar envolvidos nas dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos alunos, conforme demonstrou o questionário que verificou os modelos mentais. As perguntas foram estruturadas abordando as temáticas apresentadas no trabalho de Fernandez e Marcondes (2006). Os diálogos dos alunos encontram-se disponíveis no Apêndice 28.

Com base nas respostas apresentadas no questionário com escala de Likert, os quatorze alunos entrevistados foram agrupados intencionalmente dentro de categorias temáticas, ponderando o grau de concordância com o obstáculo epistemológico.

Categoria 1 - Obstáculo Animista

Nesta categoria, foram entrevistados cinco alunos. Dentro do roteiro de entrevista da categoria 1, foram inseridos termos animistas nas questões, estes passaram despercebidos pelos alunos, pois não houve questionamento a respeito.

***Entrevistador-** Você concorda que completar o octeto é adquirir prestígio na sociedade atômica?*

***ALN4-** É prestígio sim, pois formar o octeto deixa ela mais estável e seria assim mais um **diferencial do átomo**, para ele ficar mais estabilizado naquela ligação que ele está fazendo.*

***ALN9-** Eu acho assim, tem alguns elementos químicos que não tem essa regra do octeto completa.*

Em alguns casos os alunos utilizam termos animistas para explicar a estabilidade das ligações químicas.

***Entrevistador-** Os átomos dos outros elementos, precisam imitar os gases nobres, pois necessitam completar 8 elétrons na última camada*

para adquirirem estabilidade, por meio de ligação química. Você concorda com essa afirmação? Por quê?

ALM8- *Porque os elementos **querem ser estáveis**, então eles têm que ter essa ligação química, eles têm que receber elétrons.*

Milaré (2008) afirma que a utilização de termos antropomórficos pelos alunos para explicar fenômenos químicos ocorre em decorrência da utilização maciça de livros didáticos no ensino médio, pois na visão de muitos autores essa seria a alternativa mais eficiente para os estudantes assimilarem o conteúdo com maior facilidade.

Os conceitos de ligação iônica, ligação covalente, e principalmente a ligação metálica causam uma enorme confusão aos alunos.

Entrevistador- *Os átomos que formam ligações covalentes são aqueles que gostam de elétrons. Explique o que você entendeu dessa afirmação.*

ALN8- *Não lembro dessa ligação.*

ALN9- *Essa resposta eu não sei lhe informar.*

Entrevistador- *Você sabe o que é uma ligação iônica?*

ALN8- *Eu não lembro bem da ligação iônica, eu lembro bem daquela questão do ânion e cátion, quando perde e ganha elétrons, estou tentando lembrar é que eu esqueci. O ânion recebe e o cátion perde eu acho que é isso!*

Entrevistador- *Se fosse possível visualizar a estrutura de um metal de forma nítida, como você a descreveria?*

ALM8- *Por mais que os livros mostrem em uma folha de papel, muitos alunos não têm essa imaginação, então é meio complicado por que a gente não consegue enxergar, então eu não conseguiria descrever isso.*

ALN4. *Acho que estaria os átomos sendo ligados a outros, um pelo menos é o que eu acho!*

O desconhecimento do conceito de eletronegatividade é uma unanimidade entre os entrevistados.

Entrevistador- *Você saber o que significa eletronegatividade?*

ALM8- *Não estou lembrada.*

ALN4- *Eletronegatividade não é aquele que tende a ser negativo? Ou perder algum elétron por aí! É isso que eu entendo.*

Para 60% dos sujeitos, atribuir características humanas para explicar um conceito científico pode atrapalhar o processo de aprendizagem.

Entrevistador- *Em sua opinião, atribuir características humanas, por exemplo sentimento, necessidade, facilita a aprendizagem de um conceito científico?*

ALM8- *Para mim acho que atrapalha, na verdade a gente não pode usar esses termos na faculdade, nas escolas no ensino médio em uma dinâmica a gente pode até atribuir, mas não seria o termo correto de utilizar.*

Categoria 2- Obstáculo Geral

Nesta categoria, foram entrevistados quatro alunos. O uso da regra do octeto como justificativa para estabilidade atômica foi unanimidade entre dos entrevistados.

Entrevistador- *Os átomos ligam-se uns aos outros para completar o octeto na camada de valência e, assim adquirir estabilidade. Você concorda está afirmação? Por quê?*

ALM9- *De acordo com o que me ensinaram os átomos **precisam ter** oito elétrons na última camada para adquirir estabilidade, foi isso que me passaram, me ensinaram assim ensino médio.*

Mortimer et.al. (1994) revelaram que “há uma tendência generalizada no ensino de química em atribuir a estabilidade dos compostos químicos à formação do octeto eletrônico.

Podemos observar que o uso de generalizações para explicar os fenômenos químicos, causa dificuldade na elaboração de respostas pelos alunos.

Entrevistador- *Você concorda com a afirmação: a configuração eletrônica do átomo determina o número de ligações iônicas formadas. Explique sua resposta.*

ALM2- *Hum, eu não sei. Fiquei com dúvida!*

ALN12- *Não, eu não saberia te explicar essa. Eu confesso que estou tendo dificuldade em saber sobre as ligações iônicas formadas, mas pela configuração eletrônica do átomo dá para saber quantas ligações ele pode fazer.*

Os alunos desconheciam situações de exceção a essa regra, ocasionando, desta forma, uma série de dúvidas quando convidados a elaborar uma resposta que exigisse esse conhecimento. Quando solicitados para que explicasse sobre a formação do íon amônio, a partir da reação de água e amônia, os mesmos não justificaram como isso acontecia.

Os conceitos de configuração eletrônica, formação da ligação iônica, geometria molecular, forças eletrostáticas, eletronegatividade não estão bem estabelecidos, acarretando visível dificuldade para elaborar respostas condizentes com o conhecimento científico. Fernandez e Marcondes (2006) relatam que os problemas no entendimento em relação à geometria e à polaridade das moléculas é ocasionado pela dificuldade de visualização tridimensional e falta de pré-requisitos para esse conhecimento.

Entrevistador- *Você sabe me explicar o que é eletronegatividade?*

ALM9- *Eletronegatividade, nossa!*

Entrevistador- *Qual a sua compreensão sobre a afirmação: a repulsão entre os pares de elétrons ligantes determina a geometria da molécula.*

ALM9- *Não sei.*

Entrevistador- *Substâncias que vaporizam a temperatura ambiente, como solventes orgânicos, têm ligações químicas fracas. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.*

ALM- *Eu não sei essa.*

Justi e Mendonça (2008) acreditam que em virtude de o tema ligação química não fazer parte das experiências cotidianas dos alunos e os mesmos não trazerem ideias sobre como os átomos se ligam, de outra etapa de sua escolarização, é de esperar que os problemas que eles apresentam na aprendizagem de ligação química possam ser decorrentes de uma abordagem tradicional de ensino.

Categoria 3 - Obstáculo verbal

Nesta categoria, foram realizadas cinco entrevistas. Os alunos declaram, em um primeiro momento, conhecer a maioria dos termos explícitos nas questões contidas no roteiro de entrevista da Categoria 3, porém, na maioria dos casos, quando solicitados a explicarem o seu significado, as respostas apresentadas não condisseram com o conceito aceito cientificamente.

Foram relatadas dúvidas em relação aos termos: ligação covalente, ligação metálica, camada de valência, arranjos regulares, mar de elétrons, elétrons não ligantes. Os alunos demonstraram dificuldade na capacidade de abstração quando solicitados a imaginar determinadas situações apresentadas no roteiro de entrevista. Dentre as ligações químicas, a que mais sucinta dúvida entre os alunos é a ligação metálica. Contudo, a analogia do “mar de elétrons” é bem aceita pelos alunos como explicação para ligação metálica.

***Entrevistador-** A nuvem de elétrons funcionaria como uma ligação metálica mantendo os átomos unidos. Explique o que você entendeu desta afirmação sobre a ligação metálica.*

***ALM5-** Eu acho que por causa de uma animação que nos foi proposta na sala de aula, o elétron fica circulando entre os átomos, sem está parado em constate movimento, não tendo nenhuma orientação nem vertical nem horizontal, ele estaria passando entre os átomos do metal.*

***ALM16-** É acho que aqui necessariamente ele está falando sobre a atração, relacionando o elétron com o cátion, porque o que é importante a gente entender aqui, são as cargas positivas do cátion e as negativas do elétron, mostrando porque estão bem unidos, assim estão no mar de elétrons que tem cátions e assim a ligação é bem forte.*

Essa dificuldade na classificação das ligações foi igualmente identificada em um estudo realizado por Boo (1998). Carvalho e Justi (2005) também encontrou resultado semelhante ao analisar as explicações de alunos de ensino médio sobre o significado da analogia do mar de elétrons.

O uso dos termos tidos como mais didáticos e fáceis de entender é bem aceito pelos sujeitos, sendo relatado pela grande maioria como alternativas viáveis para o ensino de ligação química.

***ALM5-** Eu creio que ajuda, e muito, a entender algumas coisas que para nós são sem explicação como por exemplo, o brilho do metal, ele vai explicar através da ligação porque esse brilho ou explicar. Eu creio que esses termos ajudam sim a entender a ligação.*

***ALM16-** Para o aluno de licenciatura não, para os alunos que estão aqui na faculdade não, usar esses termos não seria correto. Para outro tipo de aluno poderia usar esses termos mais fáceis e depois falar o termo certinho.*

***Entrevistador-** Em nenhum momento você acha que isso atrapalha?*

***ALN5-** Alguns teóricos vão dizer que atrapalha, mas eu acho que ajuda.*

***Entrevistador-** Você usaria esses termos?*

***ALN5-** Sim usaria.*

4.4 Superando obstáculos epistemológicos e reconstruindo os modelos mentais

A análise dos dados coletados, por ocasião da aplicação do minicurso *Superando obstáculos epistemológicos e reconstruindo modelos mentais*, permitiu a elaboração de alegações sobre a experiência subjetiva dos indivíduos investigados na pesquisa. A reflexão dos dados obtidos, através dos instrumentos de pesquisa utilizados, aproximou-nos dos resultados do processo ensino-aprendizagem e possibilitaram responder à questão de pesquisa.

Neste tópico, apresentam e discutem-se os resultados obtidos a partir dos encontros presenciais, do material escrito produzido pelos alunos nas folhas de atividade, nos diálogos dos alunos gravados durante as atividades experimentais, das impressões e anotações do pesquisador ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

Inicia-se com a descrição geral do minicurso (Apêndice 12), em que foram realizadas as sequências didáticas direcionadas ao ensino de ligações químicas, seguida de sua análise, de acordo com os apontamentos e as reflexões decorrentes. A exposição dessas sequências tem a intenção de mostrar como as diferentes estratégias de ensino pautadas na teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird favoreceram a abordagem sobre ligações químicas. Simultaneamente à descrição, discute-se o contexto em que ocorreu a aplicação do minicurso, bem como sobre a participação e o desempenho dos alunos nas diversas atividades.

4.4.1 Descrição geral do minicurso

O módulo didático teve a participação de nove estudantes, provenientes da turma de licenciatura do período noturno, o qual foi oferecido no período das férias escolares entre os dias 09 e 17 de março de 2015, em sete encontros de 120 minutos cada e um momento para realização da avaliação da aprendizagem e do minicurso. Durante os encontros, tentou-se promover clima de confiança, liberdade e respeito, de modo que os alunos pudessem sentir-se seguros para pedir explicações, levantar hipóteses e explanar dúvidas. A intenção foi levá-los a refletir sobre a relação entre o conhecimento químico, os fenômenos do nosso mundo e a vida como a conhecemos.

Na sequência didática (SD) 1, apresentou-se a noção de obstáculo epistemológico à luz da epistemologia de Gaston Bachelard, em que se procurou evidenciar sua importância para o ensino. Na SD 2, utilizou-se situação problema para trabalhar os conceitos de interação intermolecular e intramolecular.

Na SD 3, com o uso de recursos computacionais, trabalhou-se a ligação química covalente e os conceitos envolvidos. Para o desenvolvimento da SD 4, utilizaram-se os recursos didáticos diversificados, a fim de trabalhar com os conceitos de polaridade e geometria molecular. Na SD 5, explorou-se o conceito de ponto de fusão e abordaram-se as diferenças entre ligação química covalente e iônica, através de atividade experimental.

A SD 6 teve por objetivo trabalhar com o conceito de ligação química iônica, e para tal, realizou-se experimento de condução de corrente elétrica. Finalizando os momentos didáticos, na SD 7, objetivou-se desenvolver o conceito de ligação química metálica, a qual foi precedida de atividade experimental de dilatação superficial de metais.

Ao término de todas as SD, os alunos receberam uma folha de atividades com exercícios baseados na instrução recebida. Finalizadas as atividades do minicurso, aplicou-se questionário com escala de Likert, com intuito de verificar a aprendizagem, seguida de formulário de avaliação do minicurso.

4.4.1.1 Sequência didática 1- Conhecendo os obstáculos epistemológicos

Esta sequência didática (SD) foi estruturada com o objetivo de apresentar a noção de obstáculo epistemológico sobre a ótica do epistemólogo francês Gaston Bachelard (1996) e discutir o papel desse conhecimento para o ensino de Química.

Os alunos foram recepcionados com as boas vindas pelo pesquisador e conscientizados sobre a importância da assiduidade nos dias programados para o minicurso. Em seguida, o cronograma de atividades (Apêndice 8) foi exposto, estes puderam vislumbrar o teor de todas as sequências didáticas que estariam por vir. Foi aberto espaço para que as eventuais dúvidas e/ou questionamentos fossem realizados. Sanadas todas as situações, deu-se início à primeira SD.

Iniciou-se a SD intitulada “obstáculo epistemológico: uma resistência do pensamento ao pensamento”, questionando aos alunos sobre **o quê realmente seriam obstáculos epistemológicos**. A pergunta ficou sem resposta, pois nenhum dos presentes opinou a respeito, sendo nítido o total desconhecimento sobre o tema da aula. Scriptori (2004) ressalta a importância de se considerar os saberes cotidianos, por aqueles que se propõe a ensinar, sobretudo quando se pretende, de alguma maneira, favorecer a aprendizagem.

Seguiu-se, então, com uma aula expositiva e dialogada, que perdurou por, aproximadamente, cinquenta (50) minutos. Utilizou-se como recursos didáticos o computador, projetor de slides e o programa Power Point. Estruturou-se a aula (Apêndice 12), com vistas a responder às perguntas: (i) Quais são os obstáculos epistemológicos?; (ii) Como estão presentes no nosso sistema de ensino?; e (iii) Quais as suas consequências para o ensino de Ciências/Química? apesar de apresentar e

discutir todos os obstáculos enunciados por Bachelard (2006) no livro “A formação do espírito científico”, a atividade teve como foco principal os três obstáculos mais evidenciados na coleta de dados.

Prepararam-se os slides com muitos exemplos, ilustrações, de forma a situar as mais sutis e variadas maneiras de como os obstáculos podem surgir. Lopes (1992) alerta que obstáculos epistemológicos podem aparecer sob várias formas, podendo prejudicar ou dificultar o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos pelos alunos.

Concluída a apresentação, passou-se a responder às dúvidas apresentadas. Os alunos ficaram surpresos com os exemplos expostos durante a apresentação dos slides e alguns relataram que várias vezes utilizaram certos obstáculos para explicar conceitos químicos durante a resolução de provas e exercícios escolares. Resultado semelhante foi relatado por Gibin (2009).

Finalizado o encontro, entregou-se a todos participantes a folha de atividade 1 (Apêndice 13), para que fosse resolvida e entregue no dia seguinte. Essa atividade consistiu em classificar os obstáculos epistemológicos em animista, geral ou verbal, de acordo com as imagens e proposições contidas frases.

Após analisar as folhas da atividade 1, percebeu-se que 77% dos alunos foram capazes de identificar o obstáculo geral, seguido do obstáculo verbal, com 55%, e apenas por 44% o obstáculo animista. Foi observado conjuntamente que os alunos confundiram em algumas questões o obstáculo animista com o obstáculo verbal. Para Bachelard (1996), os obstáculos epistemológicos sempre se apresentam aos pares.

Foi positiva a atividade 1, uma vez que os alunos obtiveram elevado índice de identificação do obstáculo geral, contrastando com o resultado obtido antes dessa instrução, em que ocorreu elevado grau de concordância na escala de Likert em relação a esse obstáculo, como pôde ser observado no Gráfico 5 discutido anteriormente.

4.4.1.2 Sequência didática 2- O que acontece quando a água evapora?

Dando prosseguimento ao minicurso, planejamos essa SD (Apêndice 14) com o objetivo de trabalhar uma das dificuldades apresentadas na coleta de dados, a confusão entre interação intermolecular e intramolecular. Os alunos apresentaram forte ideia de que as ligações entre os átomos eram completamente desfeitas quando

a matéria muda de estado físico, resultado relatado no trabalho de Fernandez e Marcondes (2006) e evidenciado na questão número 2 do questionário de modelos mentais, no qual 64,7% não assinalaram a alternativa correta.

Nessa perspectiva, e a fim de contribuir para evolução das ideias dos alunos, resolveu-se abordar essa temática através da resolução de uma situação-problema, intitulada “O que acontece quando a água evapora?”

Detalhe interessante a ser mencionado é que os participantes na ocasião do minicurso já haviam concluído a disciplina Química Geral ofertada no primeiro semestre de 2014/1 e apenas o aluno ALN1 obteve a aprovação na disciplina.

Para iniciar as atividades, o pesquisador utilizou o *software* Laboratório Virtual Evobooks para simular a água evaporando (Figura 1).

Figura 1- Simulação da água evaporando



Fonte: Laboratório virtual Evobooks.

Após demonstrar a simulação, o pesquisador abriu espaço para que os alunos individualmente fizessem considerações diante da situação-problema. Abaixo, transcrevem-se, de forma literal, as opiniões de alguns alunos (Todas as falas encontram-se na íntegra no Apêndice 29):

ALN10- “Ela está se transformando em micropartículas de oxigênio e está subindo para atmosfera, nesse mesmo processo ai podemos observar o processo da chuva”.

ALN13- “Eu sei que evapora, mas não sei explicar”.

ALN1- “Eu vou contradizer a opinião do ALN10, porque se as ligações quebrassem para se reagrupar eu acho que seria impossível. Eu acho que microscopicamente as moléculas de água vão se agitando como

aquecimento até saírem daquele meio, vão saindo na forma de vapor ainda sendo H₂O em momento algum ela vai quebrar”.

ALN7- *“Ela se dissocia, ela separa o hidrogênio do oxigênio essa é a minha opinião”.*

ALN9- *“Eu acho que a molécula quebrou por causa do calor”.*

ALN8- *“Eu acho que ela fica do mesmo jeito, porque um exemplo é quando a gente vai fazer comida eu coloco a água para ferver e depois coloco a tampa e a água fica toda presa na tampa, ela condensa por isso que eu acho que ela não quebra, eu acho, mas não tenho certeza”.*

ALN3- *“Eu não acho que ela quebra, mas também não sei explicar”.*

ALN2- *“Eu também não partilho da ideia que elas se separam, elas se mantêm intactas, porque a matéria muda, mas explicar o porquê eu não sei”.*

ALN4- *“Ela só muda de estado físico”.*

Apenas o ALN1 apresentou noção do que estava acontecendo microscopicamente. O ALN8 utilizou a observação macroscópica para poder explicar o que se passou a nível microscópico. Os demais alunos que consideraram que a molécula permanecia intacta, por sua vez, não souberam explicar o porquê do acontecimento. E os demais acreditavam que a molécula de água sofria fragmentação, para em seguida formar água novamente na atmosfera.

Diante das alegações expostas pelos alunos, mesmo após um semestre cursando a disciplina Química Geral, o ensino superior não promoveu aprendizagem de forma significativa, no sentido de que pudessem responder aos novos problemas, relacionando e reelaborando ideias, ou seja, continuavam expressando os mesmos modelos. Resultado semelhante foi encontrado por De Posada (1999).

Encerrado o debate de ideias, deu-se início a uma aula expositiva e dialogada que durou aproximadamente 60 minutos, estruturada de forma a abordar os conceitos de interações intermoleculares e intramoleculares. Durante vários momentos da aula, também destacou-se que os obstáculos epistemológicos poderiam surgir durante o processo de aprendizagem. Utilizou-se novamente como recurso didático o software Laboratório Virtual Evobooks para mostrar, por meio de simulação em três dimensões e a nível microscópico, o que acontece com a água quando ela ferve, além de uma

apresentação no programa Power Point, com slides figurando as diferenças entre as interações e as forças eletrostáticas.

O fechamento da problematização inicial ocorreu mediante a discussão das respostas mais recorrentes, confrontando-as com os conceitos cientificamente aceitos. Encerrado o encontro, os alunos receberam a folha de atividade 2 (Apêndice 15).

Após analisar a folha de atividade 2, verificaram-se indícios de reelaboração de modelos em relação à confusão entre interações intermoleculares e intramoleculares, uma vez que 89% dos alunos conseguiram êxito na questão 1. Essa questão havia sido aplicada anteriormente no questionário de modelos mentais (Apêndice 6) e, na ocasião, o índice de acertos foi de 35,6%.

Cerca de 77% dos alunos explicaram de maneira satisfatória a questão que solicitava uma explicação do motivo pelo qual a água possui ponto de ebulição superior aos demais líquidos, como as respostas dos alunos ALN1 e ALN9.

***ALN1-** “Porque na água há interações intermoleculares com ligações de hidrogênio”.*

***ALN9-** “A água forma pontes de hidrogênio (ligações de hidrogênio) entre suas moléculas”.*

Apenas o ALN1 apresentou noção do que estava acontecendo microscopicamente. O ALN8 utilizou a observação macroscópica para poder explicar o que se passou a nível microscópico. Os demais alunos que consideraram que a molécula permanecia intacta, por sua vez, não souberam explicar o porquê do acontecimento. E os demais acreditavam que a molécula de água sofria fragmentação, para em seguida formar água novamente na atmosfera.

Diante das alegações expostas pelos alunos, mesmo após um semestre cursando a disciplina Química Geral, o ensino superior não promoveu aprendizagem de forma significativa, no sentido de que pudessem responder aos novos problemas, relacionando e reelaborando ideias, ou seja, continuavam expressando os mesmos modelos. Resultado semelhante foi encontrado por De Posada (1999).

Encerrado o debate de ideias, deu-se início a uma aula expositiva e dialogada que durou aproximadamente 60 minutos, estruturada de forma a abordar os conceitos de interações intermoleculares e intramoleculares. Durante vários momentos da aula,

também destacou-se que os obstáculos epistemológicos poderiam surgir durante o processo de aprendizagem. Utilizou-se novamente como recurso didático o software Laboratório Virtual Evobooks para mostrar, por meio de simulação em três dimensões e a nível microscópico, o que acontece com a água quando ela ferve, além de uma apresentação no programa Power Point, com slides figurando as diferenças entre as interações e as forças eletrostáticas.

O fechamento da problematização inicial ocorreu mediante a discussão das respostas mais recorrentes, confrontando-as com os conceitos cientificamente aceitos. Encerrado o encontro, os alunos receberam a folha de atividade 2 (Apêndice 15).

Após analisar a folha de atividade 2, verificaram-se indícios de reelaboração de modelos em relação à confusão entre interações intermoleculares e intramoleculares, uma vez que 89% dos alunos conseguiram êxito na questão 1. Essa questão havia sido aplicada anteriormente no questionário de modelos mentais (Apêndice 6) e, na ocasião, o índice de acertos foi de 35,6%.

Cerca de 77% dos alunos explicaram de maneira satisfatória a questão que solicitava uma explicação do motivo pelo qual a água possui ponto de ebulição superior aos demais líquidos, como as respostas dos alunos ALN1 e ALN9.

O conceito de polaridade e forças eletrostáticas parece suscitar dúvidas entre os alunos, uma vez que os mesmos encontraram dificuldade em responder às questões 2, letra (a) e a questão 3. Observou-se também que 89% dos alunos identificaram o obstáculo geral na questão 4 da folha de atividade, o que se considerou muito positivo.

O uso da situação-problema contribuiu para evolução das ideias dos alunos. Para Meirieu (1998), a aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, acontece ao vencer obstáculos na realização da tarefa. Goi e Santos (2009), Veríssimo e Campos (2011), Lacerda, Campos e Marcelino-JR (2012) relataram êxito com uso desse tipo de abordagem no ensino de ciências.

Observou-se, também, elevada motivação e disposição para aprender, por parte dos sujeitos, quando fizemos uso dos recursos computacionais. Isto pode ter influenciado alguns resultados, pois uma vez que se tornou possível visualizar o fenômeno ocorrendo a nível microscópico, sucedeu-se ao favorecimento de uma reelaboração dos modelos mentais. Resultados semelhantes mostrando o bom aproveitamento dos alunos após o uso de laboratórios virtuais direcionados ao ensino

de química foram relatados nos trabalhos de Santos et al. (2013), Ayres (2011), Lima, Varelo e Nascimento (2012) e Moura et al. (2012).

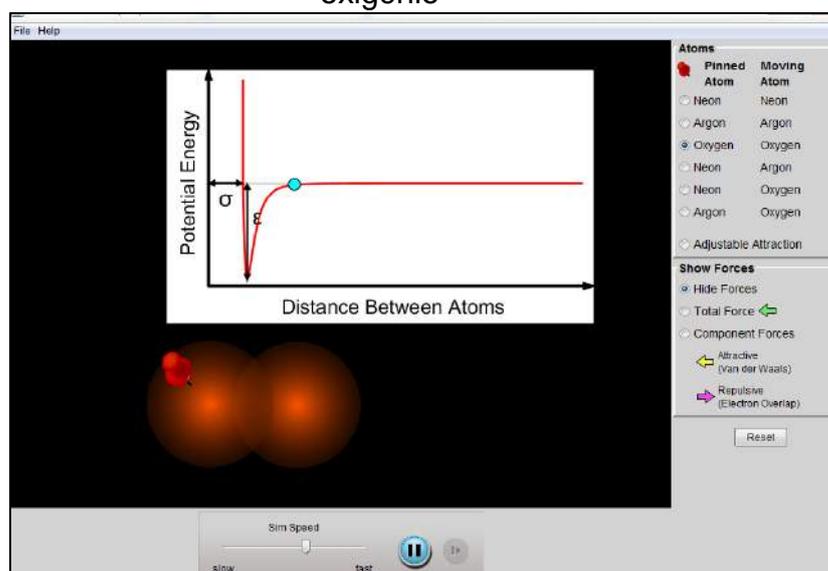
4.4.1.3 Sequência didática 3 - A ligação química covalente

Nesta SD, deu-se atenção às ligações covalentes, suas propriedades e fenômenos químicos envolvidos. Procurou-se, no primeiro momento, ressaltar para os alunos a importância do tema, pois, por causa das ligações químicas, o mundo existe como o conhecemos (Apêndice 16).

Considerou-se, porém, que, por tratar-se de um fenômeno microscópico, invisível a olho nu, os alunos podem sentir-se distantes, devido à dificuldade de imaginar como essas ligações ocorrem. De Posada (1999) relata que é muito comum o aluno aplicar conceitos claramente macroscópicos a fenômenos atômicos, levando-os a previsões e resultados incorretos.

O objetivo nessa SD foi abordar a representação da ligação covalente, teoria de ligação de valência e regra do octeto, apenas como orientação, e a exceção à regra do octeto. Utilizaram-se novamente os recursos computacionais do *software* Laboratório Virtual Evobooks, e as simulações interativas em três dimensões (3D) do projeto *PhET* da Universidade do Colorado Estados Unidos.

Figura 2 - Variação de energia potencial durante a formação da molécula de oxigênio



Fonte: Projeto PhET University of Colorado.

A intenção ao utilizar *softwares* de modelagem e animação em 3D, no ensino de ligação covalente, foi facilitar a visualização tridimensional e estimular o desenvolvimento da capacidade de abstração, uma vez que isso é uma dificuldade geralmente encontrada nos livros didáticos, cuja representação de movimento ocorre através de figuras estáticas.

Com os avanços na acessibilidade e sofisticação da tecnologia, simulações interativas de computador estão emergindo de maneira singular como poderosas ferramentas para apoiar a aprendizagem no ensino de química (PERKINS, 2014).

Durante toda a aula, os alunos manusearam as simulações, utilizando o computador do pesquisador nos momentos programados, além de se exhibir exemplos de obstáculos epistemológicos que são encontrados com frequência no ensino de ligação covalente.

Ao longo da instrução, foram perceptíveis a elevada motivação e a interação apresentada pelos sujeitos durante as ocasiões. Assim, após ouvir e discutir em conjunto as principais dúvidas, entregou-se a folha de atividade 3 (Apêndice 17). Abaixo, relato de alguns alunos quando do término da aula.

ALN7 – *“Só agora eu consegui entender como acontece uma ligação covalente”.*

ALN2 - *“Usando esses programas, facilita de mais. Deveria ser sempre assim!”.*

As questões 1 e 2 da folha de atividade foram utilizadas no questionário que verificou os modelos mentais (Apêndice 6). Ao repeti-las nessa atividade, a intenção foi a de verificar a ocorrência de alguma modificação nas ideias dos alunos. Os resultados mostraram que 67% e 89% dos alunos conseguiram êxito na questão 1 e 2, respectivamente. Verificou-se, portanto, melhora em relação à compreensão dos fundamentos e, conseqüentemente, dos modelos mentais da ligação química covalente.

Acredita-se que os índices de acerto poderiam ter sido superiores, se empregado mais tempo nessa instrução. Borges (1998) comenta que para se aproximar os modelos iniciais dos modelos aceitos cientificamente, é necessário bastante tempo, envolvimento e interesse do sujeito.

Na questão 3 da folha de atividade, 100% dos alunos acertaram a questão, o que significa que isso seja decorrente da sólida influência da regra do octeto, conforme relatado por Mortimer, Mol e Duarte (1994).

Os alunos se mostraram confusos quanto à identificação dos obstáculos epistemológicos contidos nas frases da questão 4, assim, o obstáculo mais identificado foi o animista, com 56%.

4.4.1.4 Sequência didática 4 - A polaridade e geometria molecular

Nesta SD, iniciou-se a abordagem dos conceitos de polaridade e geometria molecular, utilizando uma atividade experimental, orientados em um roteiro de aula (Apêndice 18).

As pesquisas mostram que a implementação de estratégias de ensino diversificadas permite que o estudante apreenda de maneira integrada, interdisciplinar e contextualizada (PARIZ; MACHADO, 2011). Neste sentido, fez-se uso dos kits da Experimentoteca para o ensino de Ciências da USP, que estão disponíveis no Laboratório de ensino de Química da UFAM. Optou-se, então, por utilizar o Roteiro de atividade prática - 1 (Anexo 2) do kit de compostos iônicos e moleculares. Essa atividade prática consistia em avaliar a polaridade de alguns compostos moleculares, com a utilização de uma régua eletrizada.

Para realização da atividade prevista, a turma foi dividida em três grupos contendo três alunos cada, que se organizaram de acordo com o grau de afinidade. A organização dos alunos em grupos favorece a construção da relação entre os mesmos, permitindo o diálogo e a construção de argumentos (ZABALA, 1998).

Os alunos receberam o roteiro de prática, os materiais do kit que estavam dispostos sobre a bancada (materiais e/ou substâncias) e as instruções necessárias foram todas repassadas pelo pesquisador. O objetivo da atividade era estudar a polaridade de alguns compostos.

O roteiro de prática trazia uma questão problematizadora inicial, com a finalidade de motivar os alunos ao aprendizado do conceito de polaridade. Os alunos se mostraram participativos durante a execução do experimento e após a realização da atividade, os grupos foram orientados a discutir e a opinar sobre os fenômenos observados. O fechamento da problematização inicial ocorreu mediante a apresentação das respostas pelos grupos.

Dando prosseguimento à SD, trabalhou-se com os conceitos de polaridade, eletronegatividade, geometria molecular e teoria da repulsão dos pares de elétrons no nível de valência (VSEPR). Nessa aula, mostrou-se aos alunos a relação existente entre a polaridade e a geometria das moléculas com vistas a evitar a chamada “redução funcional” descrita por Viennot (1996) apud Furió e Furió (2000).

Utilizaram-se simulações interativas do programa *PhET* como ferramenta didática. Durante vários momentos, exemplificaram-se como os obstáculos epistemológicos podem surgir durante o processo de ensino e aprendizagem de química. Ao longo da aula, confrontaram-se as respostas dos grupos com os conceitos aceitos cientificamente. Finalizadas as atividades, procedemos à entrega da folha de atividade 4 (Apêndice 19), a qual deveria ser respondida e entregue no dia seguinte.

A folha de atividade trazia duas perguntas relativas ao experimento realizando no início da SD. Verificou-se que 89% dos alunos responderam à questão de forma satisfatória. Abaixo estão explícitas as respostas dos alunos ANL8 e ANL1.

ALN8 – *“Porque a mesma ficou com a carga negativa, assim, como papel tinha carga positiva, se atraíram”.*

ALN1 - *“Devido à água possuir polos positivos e negativos, o polo negativo foi atraído pela régua carregada eletricamente com cargas positivas”.*

As questões 2, 3 e 5 também foram utilizadas no questionário de coleta de dados referente aos modelos mentais. Após conferir as respostas anteriores de cada aluno, percebeu-se evolução no índice de acerto das questões, o que pode indicar evolução das ideias dos mesmos em relação ao conceito abordado. Quanto aos obstáculos epistemológicos presentes na questão 4, o obstáculo verbal foi identificado por 78% do alunos. Observou-se confusão entre o obstáculo geral e animista, o que leva a concluir que os alunos ainda possuíam dúvidas entre a distinção dos obstáculos.

4.4.1.5 Sequência didática 5 – Diferenças entre compostos covalentes e compostos iônicos

Nesta SD, abordaram-se as diferenças entre compostos covalentes e iônicos, utilizando também atividade experimental, orientados pelo Roteiro de aula 5 (Apêndice 20). Realizou-se o experimento de Ponto de Fusão do Roteiro de atividade prática 2 (Anexo 3), adotando como referência o roteiro e os kits da Experimentoteca da USP. Similar à SD anterior, os alunos foram divididos em três grupos contendo três alunos cada, considerando o grau de afinidade entre eles.

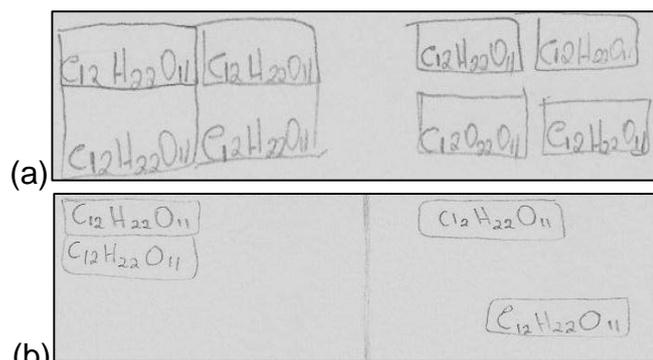
A questão problematizadora era “Como relacionar as interações químicas de compostos iônicos e de compostos moleculares analisando o ponto de fusão?” Da mesma forma que a SD anterior, foi observada atitude positiva em relação à realização do experimento e, seguindo as orientações do pesquisador, os alunos foram orientados a discutir e a opinar sobre os fenômenos observados.

Finalizada a problematização inicial, realizou-se aula expositiva e dialogada, com utilização de simulações interativas do programa *PhET*, apresentando estruturas tridimensionais de compostos iônicos e covalentes, e, ao mesmo tempo, procurou-se relacionar os achados experimentais (macroscópicos) com as animações, reproduzindo a nível microscópico.

Para abordar os obstáculos epistemológicos, apresentou-se um vídeo intitulado “O oxigênio quer fazer amigos”, para mostrar mais uma forma de como os obstáculos podem surgir, na tentativa de facilitar a aprendizagem de ligações químicas. Finalizada esta atividade, os alunos receberam a folha de atividade 5 (Apêndice 21).

Após analisar as respostas desta atividade, constatou-se que 75% dos alunos concluíram que a parafina é a substância que apresenta as mais fracas interações entre as suas partículas e o cloreto de sódio apresenta as mais fortes interações. Na questão 2, 71% dos alunos expressaram representações semelhantes, bastante simplistas em relação ao que ocorre microscopicamente, como se podem observar nos modelos dos alunos ALN10 e ALN13.

Figura 4- Representações das respostas da questão 2



Legenda: (a) resposta de ANL10, (b) resposta de ANL13.
 Fonte: Pesquisa de campo.

Os outros 29% apresentaram esboços que evidenciaram não entendimento do que ocorreu durante o experimento, além da ausência de domínio de uma linguagem simbólica.

As respostas apresentadas como explicação para a questão 3 foram restritas e sem muito sentido, fazendo concluir que os estudantes continuavam considerando que as ligações covalentes possuíam pontos de fusão baixo porque são fracas e os compostos iônicos, pontos de ebulição mais elevados, porque as suas ligações são mais fortes, exatamente como relatado por Fernandez e Marcondes (2006).

Acredita-se que influenciados pelo experimento no início da SD, os estudantes apresentaram modelo mental no qual o nível microscópico de representação é uma cópia da realidade, do observável em nível macroscópico. Eles pareciam ainda não compreender corretamente a teoria microscópica da matéria. Resultado semelhante foi encontrado no trabalho de Damasceno, Brito e Wartha (2008).

Em relação à questão 4, um quantitativo de 75% dos alunos assinalou a alternativa correta, o que levar a acreditar que os alunos possuíam boa representação da situação apresentada na questão.

4.4.1.6 Sequência didática 6 - Por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não?

Nesta SD, em um primeiro momento, realizou-se a atividade experimental demonstrativo-investigativa que consistia em verificar por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros não. O objetivo foi tentar estabelecer relações entre os objetos (materiais e/ou substâncias) de uso cotidiano e o conteúdo da ligação iônica

mediante a capacidade deste em conduzir a eletricidade. Novamente, utilizou-se como referência o Roteiro de atividade prática - 3 (Anexo 4) e os kits da Experimentoteca da USP.

De posse de todos, os materiais os alunos foram divididos em grupos, e posteriormente orientados a executarem a atividade e fazerem suas anotações. Após a realização do experimento, iniciou-se debate confrontado as anotações dos fenômenos observados com a questão problematizadora: “Quais as partículas responsáveis pela condução da corrente elétrica?”.

Nenhum dos alunos mencionou as partículas responsáveis pela condução de corrente elétrica. Sugeriram, então, três justificativas para ocorrência de correntes elétrica: a) interação entre a água e o cloreto de sódio; b) rompimento do cloreto de sódio; c) formação de pontes de hidrogênio entre a água e o cloreto de sódio. A seguir, as falas de alguns alunos.

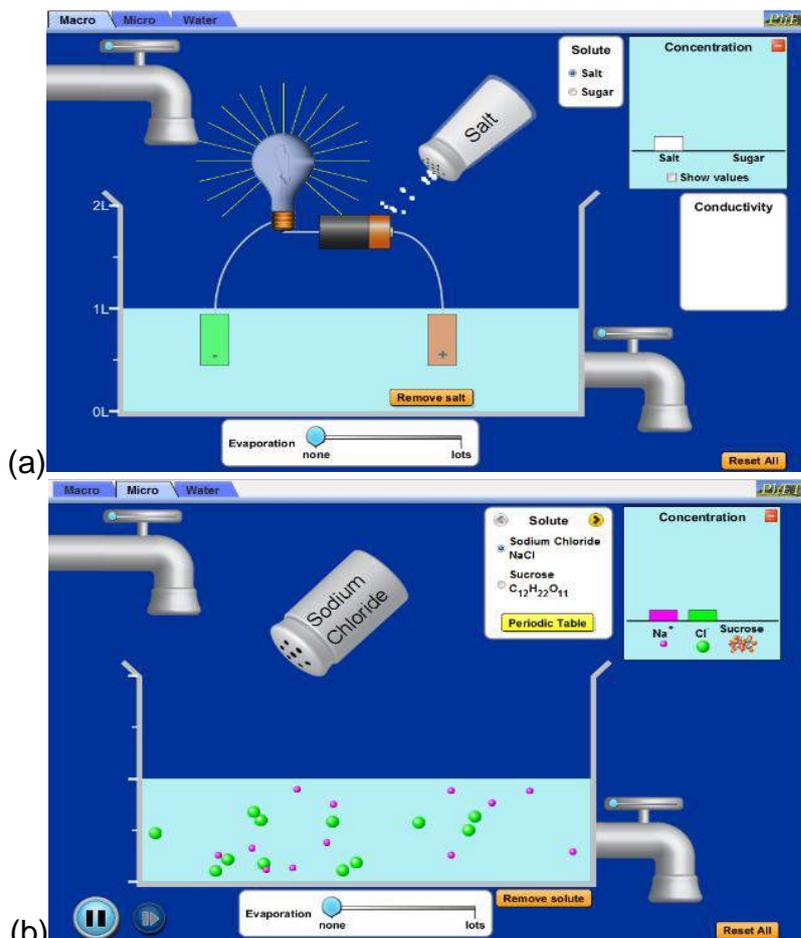
ALN3- *a união da água com o cloreto de sódio liberou uma pequena energia que fez a lâmpada acender.*

ALN9- *para mim, a água fez tipo de ponte de hidrogênio interligando com o cloreto de sódio, podendo ter algo de energia ali.*

ALN7- *aconteceu uma reação formando HCl e não, foi isso que justificou a corrente elétrica.*

Concluídas as alegações, iniciou-se a aula seguindo o planejamento definido no Roteiro de aula 06 (Apêndice 22). Começou-se, então, utilizando simulação interativa do programa *PhET*, que mostrava exatamente a resposta da pergunta problema. A simulação mostrava detalhadamente como se comportava o cloreto de sódio quando entrava em contato com a água, justificando a corrente elétrica.

Figura 5 - Dissolução cloreto de sódio em água observação



Legenda: (a) macroscópica; (b) microscópico.
Fonte: programa *PhET*

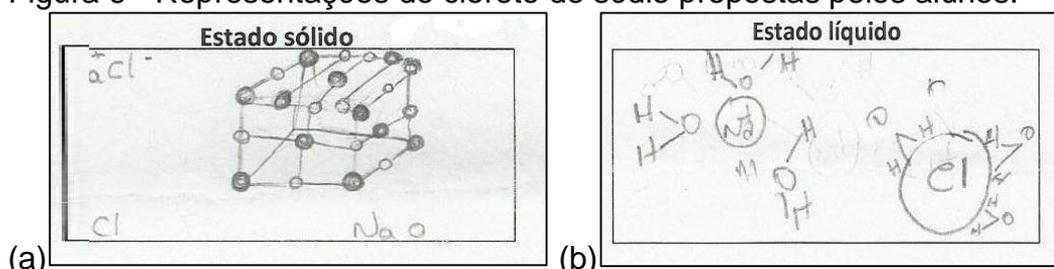
Os alunos declararam-se surpresos ao descobrir o real motivo pelo qual ocorre a condução de corrente elétrica.

Continuou-se seguindo o roteiro de aula, em que se trabalhou com os conceitos de ligação iônica, forças eletrostáticas, tabela periódica e mostrou-se a formação do cloreto de sódio, utilizando animação em 3D. Finalizada a sequência, os alunos receberam a folha de atividade 6 (Apêndice 23), para ser resolvida e entregue no dia seguinte.

Verificou-se, ao analisar as respostas das questões 1 e 2, as quais se referiam à atividade experimental, que o mecanismo de condução de corrente elétrica foi compreendido pela maioria dos alunos. Na questão 3, 63% dos alunos encontraram a alternativa correta, mostrando melhora em relação à articulação dos conceitos de polaridade e os tipos de ligação química.

Na questão 4, solicitou-se aos alunos que representassem, na forma de um desenho, o cloreto de sódio no estado sólido e quando solubilizado em água. Identificou-se que 85% das representações foram condizentes com os modelos apresentados na instrução.

Figura 6 - Representações do cloreto de sódio propostas pelos alunos.



Legenda: (a) proposta do aluno ALN13, (b) proposta do aluno ALN10.
Fonte: Pesquisa de campo.

Porém, o comentário das ilustrações foi deficiente, demonstrando falta de domínio dos conceitos químicos trabalhados na SD. Os alunos poderiam estar reproduzindo meras imagens do experimento observado e não operando de maneira sofisticada com modelos mentais. Resultado semelhante foi encontrado por Souza e Cardoso (2009).

Em relação às questões 5 e 6, os alunos apresentaram dificuldade no que se referem aos conceitos fundamentais, os quais englobam a formação da ligação iônica. Ferreira et al. (2007) relataram em artigo sobre ligação iônica que as dificuldades em relação a esse conceito estão relacionadas à exigência de uma visão mais representacional das estruturas das substâncias e das partículas, no sentido de poderem construir representações mentais adequadas.

4.4.1.7 Sequência didática 7- A ligação metálica

Esta SD foi estruturada, partindo do pressuposto de que a ligação química metálica é pouco compreendida pelos alunos, pois o nível de exigência para sua aprendizagem requer elevada capacidade de abstração, expresso no Roteiro de aula 7 (Apêndice 24). A compreensão sobre os fundamentos da ligação metálica distancia-se do mundo real vivenciado pelo aluno, logo resolveu-se utilizar um experimento no início da SD, com vista a promover melhor entendimento sobre essa ligação.

O experimento escolhido foi o de dilatação superficial de metais, o qual consta no Roteiro de atividade prática 4 (Anexo 5), utilizando objetos metálicos conhecidos pelos alunos. Antes de iniciar o experimento, solicitaram-se aos alunos que refletissem acerca da pergunta prévia: “Por que na construção de pontes, edifícios e ferrovias se utilizam ‘espaços’ conhecidos como juntas?”. De posse dos materiais e do roteiro de prática, os alunos realizaram o experimento e anotaram observações.

Após a realização da atividade, abriu-se espaço para ouvir as alegações dos alunos sobre o que tinha acontecido. Os mesmos relataram que devido à temperatura, o metal da chave tinha dilatado. Quando indagados sobre o mecanismo de dilatação, os mesmos não conseguiram responder de maneira satisfatória, apresentando respostas evasivas, demonstrando desconhecer o assunto. Algumas vezes o próprio curso de Química não explora a ligação metálica profundamente, ocasionando, por vezes, que a ligação metálica seja menos assimilada pelos alunos (FERREIRA; CAMPOS; FERNANDES, 2013).

De acordo com Pariz (2011), o modelo de ligação metálica é apresentado nos livros didáticos de forma simplista, em que o “modelo do mar de elétrons” é utilizado para explicar propriedades como a maleabilidade, a ductibilidade e a condutividade elétrica. Nesta SD, abordou-se a ligação metálica através do modelo de deslocalização dos elétrons, visto que na tentativa de facilitar o entendimento desse modelo, foi criada a analogia do “mar de elétrons”, segundo a qual os elétrons de valência, dos átomos de metais, se movimentariam livremente entre seus cátions (íons positivos), como a água em um mar.

Durante a aula, relacionaram-se as propriedades mais comuns dos metais com o modelo de deslocalização de elétrons, assim como se dedicou parte da mesma para mostrar como os obstáculos epistemológicos estão inseridos no ensino de ligação metálica.

Também, evidenciou-se para os alunos que existe outro modelo de natureza conceitual mais aprofundada que é capaz de explicar de forma clara e abrangente o comportamento dos materiais metálicos, como é o caso do modelo das bandas de valência ou bandas de energia, sendo na atualidade o modelo mais aceito cientificamente.

Utilizou-se, nesta SD, o apoio de recursos computacionais em 3D, de forma a facilitar a visualização microscópica da ligação metálica pelos alunos. Ao término da SD, entregou-se a folha de atividade 7 (Apêndice 25).

Após analisar as respostas da folha de atividade 7, observou-se que na questão 1, a qual trazia pergunta referente ao experimento, 88% dos alunos responderam de maneira satisfatória, levando a inferir que a atividade experimental, combinada com recursos computacionais, pode ajudar bastante no ensino de ligação metálica.

Identificou-se que, mesmo discutindo exaustivamente sobre obstáculos epistemológicos, o aluno ALN3 utilizou a analogia do mar de elétrons para explicar o fenômeno. De acordo com Lopes (1992), obstáculos epistemológicos nunca são definitivamente suplantados, se manifestando sempre na ocorrência de um problema novo.

Resposta do aluno ALN3:

***ALN3-** Após o aquecimento da chave, houve expansão do 'mar de elétrons', assim impossibilitou a introdução da chave no cadeado.*

Na questão 2, 78% dos alunos identificaram as representações dos modelos de ligação metálica. Essa questão também foi repetida do questionário de modelos mentais (Apêndice 6), e quando comparados aos resultados individuais de cada aluno, todos apresentaram melhora significativa, o que leva a concluir que pode ter ocorrido reorganização dos modelos anteriores.

Nas questões 3 e 4, que tratavam de conceitos fundamentais da ligação, os alunos obtiveram aproveitamento de 100%, levando a crer que os alunos conseguiram se apropriar do conceito de ligação química para esse modelo explicativo.

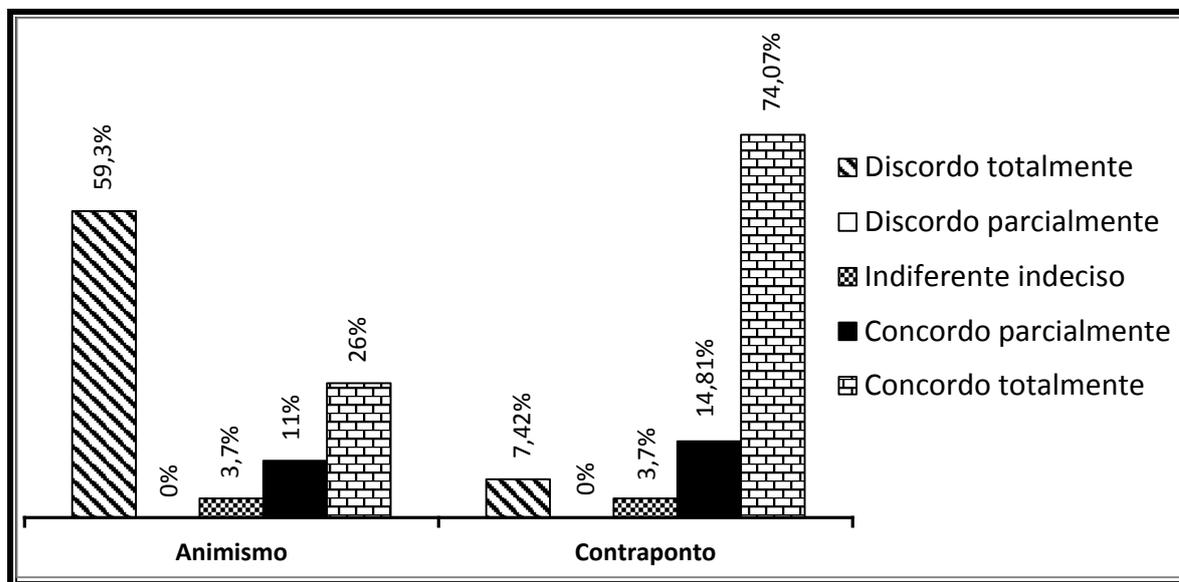
4.5 Questionário final

Ao final da intervenção didática proporcionada por meio do minicurso, os alunos foram convidados a responder a um questionário avaliativo com uma escala de Likert (Apêndice 26), semelhante ao aplicado anteriormente. O objetivo foi verificar se houve superação dos obstáculos epistemológicos que poderiam estar representando entrave na formulação dos mentais de ligações químicas.

O questionário foi estruturado em três questões de cada obstáculo (animista, geral e verbal), distribuídas aleatoriamente, assim como os respectivos contrapontos, totalizando 18 questões. As respostas foram condensadas e analisadas de forma qualitativa, considerando uma frase com obstáculo e outra que faz um contraponto.

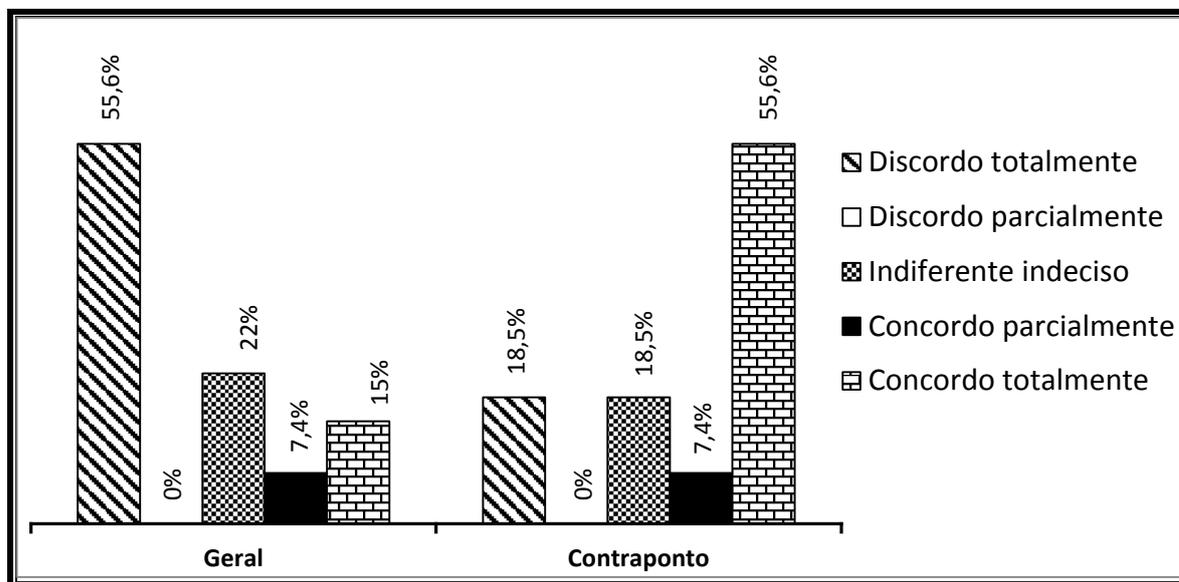
Os resultados foram expressos nos Gráficos 6, 7 e 8, mostrando média em porcentagem de cada obstáculo, de acordo com as respostas na escala de Likert.

Gráfico 6- Resultado final sobre o obstáculo animismo



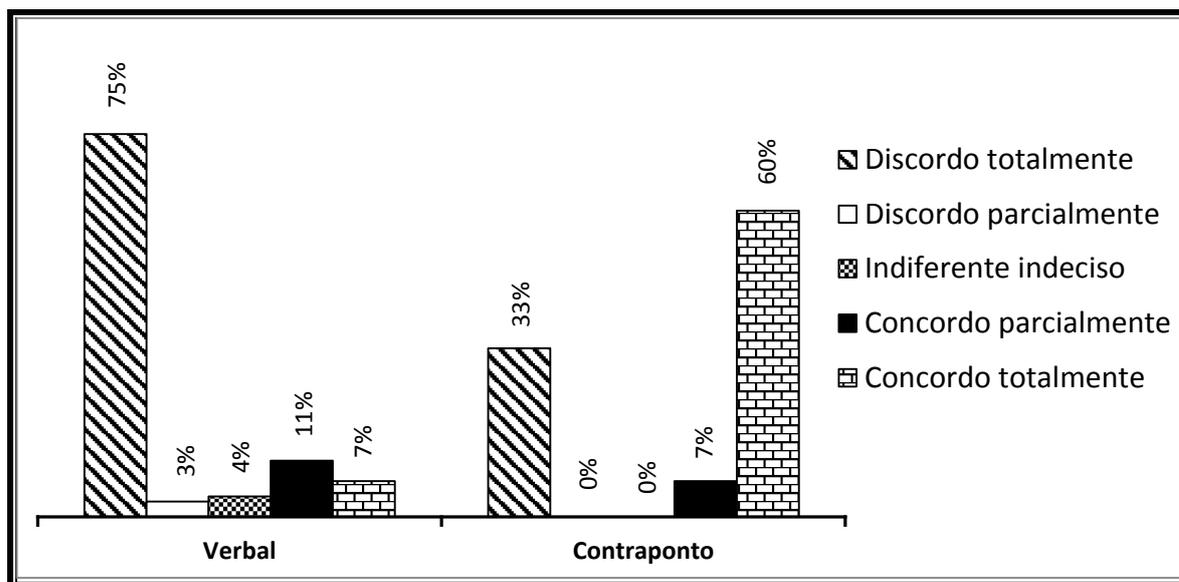
Fonte: Pesquisa de campo.

Gráfico 7- Resultado final sobre o obstáculo geral



Fonte: Pesquisa de campo.

Gráfico 8- Resultado final sobre o obstáculo verbal



Fonte: Pesquisa de campo.

Por meio dos gráficos, constatou-se que os alunos foram capazes de perceber as diferenças entre as frases-obstáculos e as frases utilizadas como contraponto, denotando que diferentes recursos didáticos e utilização de estratégias didáticas, pautadas na teoria dos modelos mentais, possui potencial para promover a superação dos obstáculos epistemológicos relacionados ao conteúdo de ligações químicas.

4.6 Avaliação do minicurso realizada pelos alunos

Após aplicação do questionário final, os alunos realizaram avaliação do minicurso (Apêndice 27), através de questionário contendo quatro perguntas.

Na questão 1, os alunos relataram que as diversificadas estratégias utilizadas no minicurso, como os recursos computacionais e as atividades experimentais, foram as mais significativas para o aprendizado do conteúdo de ligações químicas.

Na questão 2, foram citados como pontos positivos: a) utilização de programas computacionais; b) conhecimento sobre obstáculo epistemológico e suas repercussões para o ensino; c) discussão dos assuntos na sala de aula, e d) maneira direta e esclarecedora que os conteúdos foram abordados.

Na questão 3, quando solicitada aos estudantes avaliação dos aspectos que menos agradou durante o minicurso, os alunos não relataram aspectos negativos,

apenas dois participantes acharam que o minicurso poderia ter ocorrido em um período de tempo mais longo.

A última questão tratou da nota que o aluno atribuiria ao curso, de forma que 100% dos mesmos atribuíram nota 10 ao minicurso.

Com base nas anotações, percebeu-se dificuldade dos alunos em saírem do nível macroscópico para o nível microscópico. No entanto, reconhece-se que nas últimas sequências didáticas, os alunos produziram com frequência em suas falas considerações que apontaram para melhor compreensão e organização do pensamento em relação ao conteúdo.

A aplicação dos questionários possibilitou ao aluno refletir sobre o processo de ensino-aprendizagem vivenciado, sendo lhes permitido apontar percepções sobre o trabalho desenvolvido. De acordo com o posicionamento apresentado pelos alunos em relação ao trabalho desenvolvido, foi possível perceber que o trabalho realizado contribuiu positivamente para motivação dos alunos durante o processo ensino-aprendizagem do conteúdo de ligações químicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após refletir sobre as várias fases deste estudo, percebeu-se que o processo de ensino e aprendizagem é bastante complexo e vai muito mais além dos resultados obtidos pelos estudantes nas avaliações formais. Devem-se ponderar muitas variáveis que estão condicionadas às relações estabelecidas entre os recursos didáticos, ao ambiente acadêmico, às teorias da aprendizagem, às metodologias de ensino, aos métodos de avaliação e às condições externas ao ambiente universitário.

Ao iniciar as investigações, reconheceu-se que os alunos participantes deste estudo apresentaram dificuldades de aprendizagem semelhantes ao relatados em estudos de Fernandez e Marcondes (2006), De Posada (1999). Mesmo após um ensino formal, os estudantes continuavam não compreendendo os conceitos abordados em ligações químicas, uma vez que não conseguiam estabelecer relações importantes entre os conceitos. Desta forma, desenvolviam apenas e tão somente uma aprendizagem mecânica/memorística dos conceitos químicos.

Na busca de investigar e tentar solucionar os problemas de aprendizagem apresentados sobre o tema em estudo, tão importante para a Química, utilizou-se como suporte teórico a epistemologia de Gaston Bachelard e sua noção de obstáculos epistemológicos. Esses obstáculos são inerentes ao processo de ensino-aprendizagem e podem ser entendidos como uma acomodação frente ao novo conhecimento.

A abordagem do conteúdo de ligações químicas ocorreu mediante a utilização de diferentes estratégias e recursos didáticos apoiados pela teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird, com vistas a promover superação desses obstáculos, pois quando os mesmos não são superados, podem estancar novos conhecimentos científicos.

O desenvolvimento deste trabalho, dada a complexidade do tema, sempre foi um desafio, entretanto se esse conteúdo for aprendido corretamente, será de grande valia, não somente para compreensão dos inúmeros conhecimentos químicos que estão por vir, como também por contribuir para melhoria no ensino de Química, pois hoje os alunos de licenciatura em Química serão amanhã educadores.

A utilização de diferentes recursos didáticos (recursos computacionais diversos, experimentação, aulas expositivas, debates, vídeos) durante o desenvolvimento das sequências didáticas foi avaliada pelos alunos e apontada como

fator motivacional, pois os levaram a desenvolver pensamento crítico, a debater e a justificar ideias, tornando-se perceptível a melhora nas explicações do nível macroscópico, no entanto, ainda existem dúvidas relacionadas a alguns conceitos químicos, o que dificulta as interpretações microscópicas.

Os resultados obtidos antes e depois da aplicação do minicurso levam a concluir que, de posse dos conhecimentos prévios dos alunos, utilizando estratégias e recursos pedagógicos diversificados e orientados pela teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird, é possível promover ruptura com o conhecimento anterior, reordená-los e introduzi-los em uma nova ordem de racionalidade, e assim construir um novo, ou seja, superar os obstáculos epistemológicos.

Espera-se que as informações apresentadas nesta dissertação possam contribuir para subsidiar o planejamento de ações pedagógicas, com vistas a uma prática docente de qualidade, apresentando compreensões sobre as possíveis correlações existentes entre o desenvolvimento dos modelos mentais acerca de um conceito químico e os obstáculos epistemológicos à aprendizagem desse conceito e, ainda, colaborar para aprendizagem dos conceitos de ligações químicas, na vivência de situações de aprendizagens inovadoras, e na reflexão acerca do processo de aprendizagem de licenciandos em Química.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- AMARAL, E.M.R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo horizonte. V. 1, n. 3, p. 1-16, nov. 2001. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/185/170>>. Acesso em: 12 out. 2013.
- ANDRADE, B. L.; FERRARI, N.; ZILBERSZTAJN, A. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio pesquisa em educação em ciências**. V. 2, n. 2, p. 231-45, dez. 2002. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129518326006>>. Acesso em: 05 out. 2013.
- ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia da prática escolar**. Campinas: Papirus, 2003.
- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Platano Edições Técnicas, 2003. Tradução do original *The acquisition and retention of Knowledge (2000)*.
- AYRES, C. **Uso do recurso multimídia no ensino de química para alunos do ensino médio sobre o conteúdo de forças intermoleculares**. São Paulo, 2011. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2011.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARNEA, N.; DORI, Y. J. High-school chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. **Journal of Science Education and Technology**. V. 8, n. 4, p. 257-271, 1999.
- BARROS, S. A. M. Obstáculos epistemológicos: O conceito de Quantização de energia nos livros didáticos de química do ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DO ENSINO DE QUÍMICA, 15, 2010, Brasília. **Anais eletrônicos**...Brasília: UnB, 2010. Disponível em: <http://www.xvneq2010.unb.br/lista_area_08.htm>. Acesso em: 23 out. 2013.
- BOO, H. K. Student's understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. **Journal of Research in Science Teaching**, v.35, p.569-581, 1998.
- BORGES, A.T. Modelos mentais de eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. V. 15, n. 1, p. 7-31, 1998.
- CARROL, J. M.; OLSON, J. R. Mental models in human-computer interaction. In M. Helander (Ed.) **Handbook of Human-Computer Interaction**. Amsterdam: Elsevier, 1988.

CARVALHO, N.B.; JUSTI, R.S. Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. In: VII CONGRESSO. **Enseñanza de las ciencias**. N. extra, 2005. Disponível em:<http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp228papan.a.pdf>. Acesso em: 23 out. 2013.

CHRISTIDOU, V.; KOULALIDIS, V.; CHRISTIDIS, T. Children’s use of metaphors in relation in their mental models: the case of ozone layer and its depletion. **Research in Science Education**. V. 27, n. 4, p. 541-552, 1997.

COLL, R. K.; TAYLOR, N. Mental models in chemistry: senior chemistry students’ mental models of chemical bonding. **Chemistry Education: Research And Practice In Europe**. V. 3, n. 2, p. 175-184, 2002.

COLL, R. K.; TREAGUST, D. F. Learners’ mental models of metallic bonding: a crossage study. **Science Education**. V. 87, p. 685-707, set. 2003. Disponível em:<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.v87:5/issuetoc>>. Acesso em: 15 out. 2013.

COLL, R.K.; TREAGUST, D.F. Learners’ use of analogy and alternative conceptions for chemical bonding: a cross-age study. **Australian Science teachers’ Journal**. V. 48, n. 1, p. 24- 32, mar. 2002. Disponível em:<<http://eric.ed.gov/?id=EJ647933>>. Acesso em: 15 out. 2013.

COOPER, M. M.; CORLEY, L. M.; UNDERWOOD, S. M. An investigation of college chemistry students’ understanding of structure–property relationships. **Journal of Research in Science Teaching**. V. 50, n. 6, p. 699–721, ago. 2013.

COUTINHO, F. A.; MORTIMER, E. F.; ELHANI, C. N. Construção de um perfil para o conceito biológico de vida. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 12, n. 1, p. 115-137, 2007. Disponível em:<http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID164/v12_n1_a2007.pdf>. Acesso em: 10 out. 2013.

CRUZ, D. **Ciências e Educação Ambiental: química e física**. 27 ed. São Paulo: Ática, 2000.

DAMASCENO, H. C.; BRITO, M. S.; WARTHA, E. J. As representações mentais e a simbologia química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA DA UFPR, 14., 2008, Curitiba, PR. **Anais eletrônicos...** Curitiba, PR: UFPR, 2008.

DE POSADA, J. M. Conceptions of High School Students Concerning the internal Structure of Metals and Their Electric Conduction: Structure and Evolution. **Science Education**. V. 84, n. 4, p. 445-467, 1997.

DE POSADA, J. M. The presentation of metallic bonding in high school science textbooks during three decades: science educational reforms and substantive changes of tendencies. **Science Education**. v. 83, p. 423-447, 1999. Disponível em:<[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199907\)83:4%3C%3E1.0.CO;2-1/issuetoc](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1098-237X(199907)83:4%3C%3E1.0.CO;2-1/issuetoc)>. Acesso em: 24 out. 2013.

DE POSADA, J.M. Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido. **Enseñanza de las Ciencias**. V. 11, n. 1, p. 12-19, 1993. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/39771/93222>>. Acesso em: 22 out. 2013.

DORI, Y. J.; BARAK, M.; ADIR, N. A web based chemistry course as a means to foster freshman learning. **Journal of Chemical Education**. V. 80, n. 9, p. 1084-1092, 2003.

Ebenezer, J. V. A hypermedia environment to explore and negotiate students' conceptions: animation of the solution process of table salt. **Journal of Science Education and Technology**. V. 10, n. 1, p. 73–92, mar. 2001. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1016672627842>>. Acesso em: 22 out. 2013.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**. Nº 3, maio 1996.

ESTRADA, R. J. S.; FLORES, G. T.; VASCONCELO, F. A Influência dos Modelos Mentais no Processo de Mudança e no Desempenho Organizacional: Uma Proposição de Perfil de Modelo Mental. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO FEA-USP DA USP, 12., 2009, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: 2009.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. A abordagem de ligação química numa perspectiva de ensino por situação-problema. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 9., set. 2013, Girona. **Anais eletrônicos...** Girona, Set. 2013.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. MARCELINO JÚNIOR, C. A. C. Concepções alternativas dos estudantes sobre ligação química. **Experiências em Ensino de Ciências**. V.5, n. 3, p. 19-27, 2010.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas. **Química Nova**. N. 24, p. 20-4, nov. 2006. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/af1.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2013.

FERREIA, P. F. M. et al. Modelagem e representações no ensino de ligações iônicas: análise em uma estratégia de ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis, SC. **Anais eletrônicos...** Florianópolis, SC: 2007.

FERREIRA, I. M., CAMPOS, A. F., FERNANDES, L. S. Concepções alternativas dos alunos sobre ligação metálica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 9., set. 2013, Girona. **Anais eletrônicos...** Girona, Set. 2013.

FRANCO, A. G.; RUIZ, A. G. Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. **Enseñanza de las ciencias**. V. 24, n. 1, p. 111–124, 2006.

FREITAS, L. P. S. R.; LIMA, A. A. Potenciais e limites das analogias no ensino de equilíbrio químico na educação básica: uma discussão no processo formativo de futuros professores de química. **Experiências em Ensino de Ciências**. V.9, n. 2, 2014.

FURIÓ, C.; CALATAYUD, M. L. Difficulties with the geometry and polarity of molecules: Beyond misconceptions. **Journal of Chemical Education**. V. 73, p. 36-41, 1996.

FURIÓ, C.; FURIÓ, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. **Educación Química**. V.11, n.3, p.300-305, 2000.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las ciencias**. V. 19, n. 2, p. 231-242, 2001. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21735/21569>>. Acesso em: 10 out. 2013.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Quim. Nova**. V. 27, n. 2, p. 326-331, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n2/19283.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2013.

GARCÍA, J. J. G. La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química. **Enseñanza de las ciencias**. V. 18, n. 1, p. 113-129, 2000.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009.

GIBIN, G. B. **Investigação sobre a construção de modelos mentais para o conceito de soluções por meio de animações**. São Carlos, 2009. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, 2009.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. A Formação inicial em química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. **Química Nova**. V. 33, n. 8, p. 1809-1814, 2010;

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Reações de combustão e impacto ambiental por meio de resolução de problemas e atividades experimentais. **Química Nova na Escola**. V. 31, n. 3, p. 203-209, 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/09-RSA-5008.pdf>. Acesso em: 04 out. 2013.

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciência e Cognição**. V. 12, p. 96-109, 2007. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347194.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2013.

HARRISON, A.G.; TREAGUST, D.F. Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: a case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. **Science Education**. V. 84, n. 3, p. 352-381, 2000. Disponível em: <[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3%3C%3E1.0.CO;2-W/issuetoc](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3%3C%3E1.0.CO;2-W/issuetoc)>. Acesso em: 17 out. 2013.

HERMAN, W. Assessing the impact of computer- based learning in science. **Journal of Research on Computing in Education**. V. 28, n. 4, p. 461–486, 1996. Disponível em: <<http://connection.ebscohost.com/c/articles/9609115666/assessing-impact-computer-based-learning-science>>. Acesso em: 10 out. 2013.

JIMOYIANNIS, A.; KOMIS, V. Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of trajectory motion. **Computers and Education**. V. 36, n.2, p. 183–204, fev. 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131500000592>>. Acesso em: 27 out. 2013.

JOHNSON-LAIRD, P. N. Mental models and human reasoning. **PNAS Early Edition**. Set. 2010.

JOHNSON-LAIRD, P.N. Mental models and deduction. **Trends in Cognitive Sciences**. V. 5, n. 10, out. 2001. Disponível em: <[http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/abstract/S1364-6613\(00\)01751-4](http://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/abstract/S1364-6613(00)01751-4)>. Acesso em: 16 out. 2013.

JUSTI, R.; MENDONÇA, P.C.C. Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química. **Educació Química**. V. 1, n. 1, p. 24-29, 2008. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/EduQ/article/viewFile/220186/300963>>. Acesso em: 10 out. 2013.

KASSEBOEHMER, A. C.; FERREIRA, L. H. Elaboração de hipóteses em atividades investigativas em aulas teóricas de química por estudantes de ensino médio. **Química Nova na Escola**. V. 35, n. 3, p. 158-165, ago. 2013. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc35_3/04-RSA-15-12.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2013.

KRAPAS, S. et al. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 2, n. 3, p. 185-205, set. 1997. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID33/v2_n3_a1997.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2013.

LABATI-TERRA, L. et al. Identificação de obstáculos epistemológicos em um artigo de divulgação científica: entraves na formação de professores de ciências?. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**. V. 13, n. 3, p. 318-333, 2014.

LACERDA, C. C.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO-JR, C. A. C. Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico

numa perspectiva de ensino por situação-problema. **Química nova na escola**. V. 34, n. 2, p. 75-82, maio 2012.

LIMA, M. A.; VARELO, M. F. F.; NASCIMENTO, A. Q. O uso de simuladores virtuais para o ensino de Química. In: CONGRESSO NORTE E NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÕES, 7., 2012, Palmas, Tocantins. **Anais eletrônicos...** Palmas, Tocantins: 2012.

LOPES, A. R. C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. **Enseñanza de las ciencias**. V. 11, n. 3, p. 324-330, 1993.

LOPES, A. R. C. Livro didático: Obstáculo ao Aprendizado da Ciência: obstáculos animista e realista. **Química Nova**. V. 15, n. 3, p. 254 – 261, mar. 1992.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, A. F. P.; PACCA, J. L. A. O conceito de tempo entre estudantes do ensino fundamental e médio: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 10, n. 3, p. 299-336, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID133/v10_n3_a2005.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2013.

MARTINS, E.; GOWDAK, D. **Ciências: novo Pensar**. São Paulo: FTD, 2002.

MEIRIEU, P. **Aprender... Sim, mas como?**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MELO, M. R. **Estrutura atômica e ligações químicas: uma abordagem para o ensino médio**. Campinas, SP, 2002. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, UNICAMP, 2002.

MELZER, E. E. M. et al. Modelos Atômicos nos Livros Didáticos de Química: Obstáculos à aprendizagem?. In: Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências, 7., 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: VII Enpec, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/399.pdf>>. Acesso em: 20 ago 2013.

MILARÉ, T. Da Química disciplinar à Química do Cidadão. Florianópolis, 2008. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

MONTEIRO, G. I.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**. V.5, n. 2, p. 67-91, 2000. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID59/v5_n2_a2000.pdf>. Acesso em: 15 ago 2013.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora e Livraria Física, 2011.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**. V.1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MORGIL, I. et al. The factors that affect computer assisted education implementations in the chemistry education and comparison of traditional and computer assisted education methods in redox subject. **The Turkish Online Journal of Educational Technology**. V. 2, n. 4, p. 35-43, 2003. Disponível em: <<http://www.tojet.net/articles/v2i4/246.pdf>>. Acesso em: 15 ago 2013.

MORGIL, I. et al. Traditional and computer-assisted learning in teaching acids and bases. **Chemistry Education Research and Practice**. V. 6, n. 1, p. 52-63. 2005. Disponível em: <http://www.rsc.org/images/p4_Morgil_tcm18-31136.pdf>. Acesso em: 15 ago 2013.

MORTIMER, E. F.; MOL, G.; DUARTE, L. P. Regra do octeto e a teoria da ligação química no ensino médio: Dogma ou Ciência?. **Química Nova**. V. 2, n. 17, 1994. Disponível em: <http://quimicanova.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=5481>. Acesso em: 11 ago 2013.

MOURA, P. H. B. et al. Aplicação de softwares educacionais em Química: um estudo de caso em uma turma do Ensino Médio em uma escola estadual da cidade de Belém-PA. In: ENCONTO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA DA BAHIA, 16., 10., 2012, Salvador, Bahia. **Anais eletrônicos...** Salvador, Bahia: 2012.

NICOLL, G. A report of undergraduates' bonding misconceptions. **International Journal of Science Education**. V. 23, n. 7, p. 707-730, 2001. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690010025012?journalCode=tsed20#.VcvnL_IViko>. Acesso em: 11 ago 2013.

NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Eds.). **Mental models**. Hillsdale, NY: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. p. 6-14.

NUÑES. I. B.; RAMALHO. B. L. **Aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004.

OLIVA, J. M. Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. V. 2, n. 1, p. 31-44, 2003. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_1_2.pdf>. Acesso em: 11 ago 2013.

OLIVEIRA, R. J.; SANTOS, J. M. A energia e a química. **Química Nova na Escola**. N. 8, nov. 1998.

ÖZMEN, H.; DEMIRCIUGLU, H.; DEMIRCIUGLU, G. The effect of conceptual change texts accompanied with animations on overcoming 11th grade students' alternative conceptions of chemical bonding. **Computers e Education**. V. 52, n. 3, p. 681-695, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131508001851>>. Acesso em: 17 ago 2014.

PALMERO. M. L. R.; ACOSTA. J. M.; MOREIRA. M.A.; La teoría de los modelos mentales de johnson-laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula enestudiantes del curso de orientación universitária. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 6, n. 3, p. 243-268, 2001. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID76/v6_n3_a2001.pdf>. Acesso em: 15 jun 2014.

PARIZ, E.; MACHADO, P. F. Lootens. Martelando materiais e ressignificando o ensino de ligações químicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8. 2011, Capinas, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Capinas, São Paulo: 2011.

PARIZ. E. **Ligação metálica: uma proposta de material didático de apoio ao professor em sala de aula**. Brasília, 2011. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, 2011.

PERKINS, K. et al. PhET interactive simulations: new tools for teaching and learning chemistry. **Journal of Chemical. Education**. V. 91, n. 8, p. 1191-1197, 2014.

QUEIROZ, M. P.; SILVA, J. R. SILVA. S. A. Modelos mentais de alunos de uma escola da rede pública sobre o fenômeno físico e químico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14. 2008, Paraná. **Anais eletrônicos...** Paraná, 2008.

RAUPP, D. et al. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. V. 9, n. 1, p. 18-34, 2010. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART2_VOL9_N1.pdf>. Acesso em: 15 jun 2014.

RAVILOLO, A.; GARRITZ, A. Analogias no Ensino do Equilíbrio Químico. **Química Nova na Escola**. N. 27, fev. 2008. Disponível em: <<http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc27/04-ibero-3.pdf>>. Acesso em: 24 jul 2014.

REZENDE, F. S. Modelos mentais de átomos e moléculas em graduandos de nutrição: implicações para o ensino superior. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 30., 2007, Águas de Lindoia, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Águas de Lindoia, São Paulo, 2007.

ROSA, M. V. F. P. C.; ARNOLDI, M. A. G. C. **A entrevista na pesquisa qualitativa: mecanismos para validação dos resultados**. Belo Horizonte: Autêntica, 2008.

ROUSE, W. B.; MORRIS, N. M. **On looking into the black box: prospects and limits in the search for mental models.** Psychological Bulletin, v. 100, n. 3, p 349-363, 1986.

SALÉM, S. et al. **Vivendo Ciências.** São Paulo: FTD, 1999.

SAMPAIO, F. F. A modelagem dinâmica computacional no processo de ensino-aprendizagem: algumas questões para reflexão. **Ciência em tela.** V. 2, n.1, 2009. Disponível em: <<http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0109sampaio.pdf>>. Acesso em: 29 out 2014.

SANTOS, A. C. O. et al. O estudo de modelos mentais sobre equilíbrio químico dos licenciandos da UFS. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 11., 2013, Paraná. **Anais eletrônicos...** Paraná, 2013.

SANTOS, D. O.; WARTHA, Edson José. SILVA FILHO, Juvenal Carolino da. Softwares educativos livres para o ensino de química: análise e categorização. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15., 2010, Brasília, DF. **Anais eletrônicos...** Brasília, DF: 2010.

SCRIPTORI, C. C. Conhecimento escolar, modelos organizadores de pensamento e docência. **Universidade e Conhecimento: desafios e perspectivas no âmbito da docência, pesquisa e gestão.** Campinas: Editora Mercado de Letras, 2004.

SILVA JÚNIOR, A. G.; TENÓRIO, A. C.; BASTOS, H. F. B. N. O perfil epistemológico do conceito de tempo a partir de sua representação social. **Ensaio.** V. 9, n. 2, 2007.

SILVA JÚNIOR, S. D. COSTA, F. J. Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion. **Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia.** V. 15, p. 1-16, out. 2014.

SOUZA, E. S. R. A formação de modelos mentais na sala de aula. **Revista Exitus.** V.3, n. 1, jan./jun. 2013.

SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. A formação em Química discutida com base nos modelos proposto por estudantes de pós-graduação para o fenômeno de dissolução. **Química. Nova.** V. 32, n. 1, p. 237-243, 2009.

STADLER, J. P. et al. Análise de obstáculos epistemológicos em livros didáticos de química do ensino médio do PNLD 2012. **HOLOS.** Ano 28, v. 2, 2012. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/863>>. Acesso em: 23 out 2014.

STERNBERG, R.J. **Psicologia Cognitiva.** Porto Alegre: Artmed Editora, 2010.

STIEFF, M.; WILENSKY, U. Connected chemistry-incorporating interactive simulations into the chemistry classroom. **Journal of Science Education and Technology.** V. 12,n. 3, p. 285-302, set. 2003. Disponível em:

<<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1025085023936>>. Acesso em: 15 jun 2014.

TABER, K. S. Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. **Science Education**. V. 87, n. 5, p. 732–758, 2003. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.v87:5/issuetoc>>. Acesso em: 13 nov 2014.

TRINDADE, J. O.; HARTWIG, D. R. Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas. **Química Nova na Escola**. V. 34, n. 2, p. 83-91, maio 2012. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_2/06-PE-70-11.pdf>. Acesso em: 18 nov 2014.

VERÍSSIMO, V. B.; CAMPOS, A. F. Abordagem das propriedades coligativas das soluções numa perspectiva de ensino por situação problema. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. V. 4, n. 3, set./dez. 2011.

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**. V. 38, n. 7, p. 821-842, 2001.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA



Convidamos o (a) Sr (a) para participar da Pesquisa **“Estudo do desenvolvimento de modelos mentais sobre o conceito de ligações químicas e sua relação com obstáculos epistemológicos”**, sob a responsabilidade do pesquisador **Dayan de Araujo Marques**, a qual pretende verificar **“Como a teoria de modelos mentais pode orientar a atividade docente na superação de obstáculos epistemológicos relacionados à aprendizagem do conceito de ligações químicas”**.

Sua participação é voluntária e se dará por meio de **entrevistas, resolução de questionários e participação de atividades em sala de aula**.

Sua participação na pesquisa não acarreta em nenhum risco de saúde ou exposição de nenhuma forma. Se você aceitar participar, estará contribuindo para **geração de dados que poderão ser úteis para o aprofundamento de pesquisas futuras em relação a este tema**.

Se depois de consentir sua participação o Sr (a) desistir de continuar participando, tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa.

O (a) Sr (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração.

Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com o pesquisador no endereço; **Departamento de Química, localizado no Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas, situada na Av. General Rodrigo Otavio Jordão Ramos, 3000 – Campus Universitário Setor Norte-Coroado cidade de Manaus estado do Amazonas**, pelo telefone **(92)3305 2872**, ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, telefone (92) 3305-5130.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Eu, _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Manaus- AM Data: ___/ ___/ _____

Assinatura do Participante da Pesquisa

Dayan de Araujo Marques
Mestrando PPGQ/UFAM
l.quimica@hotmail.com

Profª Dra. Sidilene Aquino de Farias
Departamento de Química/ICE/UFAM
Orientadora
Sidilene.ufam@gmail.com

APÊNDICE 2 - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA



Convidamos você para participar da Pesquisa “**Estudo do desenvolvimento de modelos mentais sobre o conceito de ligações químicas e sua relação com os obstáculos epistemológicos**”, sob a responsabilidade de **Dayan de Araujo Marques (aluno de mestrado vinculado ao Programa de Pós Graduação em Química)** e da **Profª Dra. Sidilene Aquino de Farias (orientadora)**, os quais tem como objetivo de verificar “Como a teoria de modelos mentais pode orientar a atividade docente na superação de obstáculos epistemológicos relacionados à aprendizagem do conceito de ligações químicas”.

Sua participação é voluntária e se dará por meio de **entrevistas, resolução de questionários e participação de atividades em sala de aula.**

Para participar desta pesquisa, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento.

Os riscos decorrentes de sua participação são pequenos, porem poderão ocorrer durante os procedimentos de coleta de dados algum(s) constrangimento(s) decorrente da não compreensão do conceito abordado na pesquisa. Contudo deixamos claro que nossa intenção não é verificar o certo ou errado e sim as respostas mais adequadas a seu contexto. Todas as dúvidas poderão ser esclarecidas a qualquer momento quando solicitado ou quando percebida pelo pesquisador.

Se você aceitar participar dessa pesquisa, estará contribuindo com subsídios que servirão para justificar a importância do conhecimento da teoria dos modelos mentais aplicadas ao Ensino de Química.

O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa.

Você não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração.

Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. **O material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você.** Para qualquer outra informação, você poderá entrar em contato com os pesquisadores no endereço: **Programa de Pós Graduação em Química, localizado no Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas, situada na Av. General Rodrigo Otavio Jordão Ramos, 6200 – Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Coroado I. CEP: 69077-000. Manaus - Amazonas - Brasil**, pelo telefone **(92)3305 2872**, ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, telefone (92) 3305-5130.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Eu, _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Manaus- AM Data: __/ __/ __

Assinatura do Participante da Pesquisa

Dayan de Araujo Marques
Mestrando PPGQ/UFAM
l.quimica@hotmail.com

Profª Dra. Sidilene Aquino de Farias
Departamento de Química/ICE/UFAM
Orientadora
Sidilene.ufam@gmail.com

APÊNDICE 3 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA



O menor _____, sob sua responsabilidade, está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa “**Estudo do desenvolvimento de modelos mentais sobre o conceito de ligações químicas e sua relação com os obstáculos epistemológicos**”, sob a responsabilidade de **Dayan de Araujo Marques (aluno de mestrado vinculado ao Programa de Pós Graduação em Química)** e da **Profª Dra. Sidilene Aquino de Farias (orientadora)**, os quais tem como objetivo de verificar “Como a teoria de modelos mentais pode orientar a atividade docente na superação de obstáculos epistemológicos relacionados à aprendizagem do conceito de ligações químicas”.

A participação dele é voluntária e se dará por meio de **entrevistas, resolução de questionários e participação de atividades em sala de aula**.

Os riscos decorrentes da participação do menor são pequenos, porém poderão ocorrer durante os procedimentos de coleta de dados algum(s) constrangimento(s) decorrente da não compreensão do conceito abordado na pesquisa. Contudo deixamos claro que nossa intenção não é verificar o certo ou errado e sim as respostas mais adequadas a seu contexto. Todas as dúvidas poderão ser esclarecidas a qualquer momento quando solicitado ou quando percebida pelo pesquisador.

Se o senhor(a) consentir a participação do menor nessa pesquisa, ele estará contribuindo com subsídios que servirão para justificar a importância do conhecimento da teoria dos modelos mentais aplicadas ao Ensino de Química.

Você, como responsável pelo menor, poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação dele a qualquer momento da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa e a do menor participante.

O (a) Sr (a) e o menor não terão nenhuma despesa e também não receberão nenhuma remuneração. A participação dele é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade pelo pesquisador, que irá tratar a identidade do menor com padrões profissionais de sigilo. O menor não será identificado em nenhuma publicação.

Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com os pesquisadores no endereço; **Programa de Pós Graduação em Química, localizado no Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas, situada na Av. General Rodrigo Otavio Jordão Ramos, 6200 – Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Coroado I. CEP: 69077-000. Manaus - Amazonas - Brasil**, pelo telefone **(92)3305 2872**, ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, telefone (92) 3305-5130.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____, responsável pelo menor _____, Fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em consentir a participação no projeto do menor o qual sou responsável, sabendo que não vou ganhar nada e que posso retirar o consentimento quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Manaus- AM Data: ____/____/____

Assinatura do Responsável

Dayan de Araujo Marques
Mestrando PPGQ/UFAM
l.quimica@hotmail.com

Profª Dra. Sidilene Aquino de Farias
Departamento de Química/ICE/UFAM
Orientadora
Sidilene.ufam@gmail.com

APÊNDICE 5 - Dinâmica das caixas

O DESAFIO DA CONSTRUÇÃO DE UM MODELO CIENTÍFICO

Introdução

A compreensão dos conceitos químicos encontra-se diretamente relacionado com a capacidade de diferentes habilidades, dentre elas, a capacidade de construir modelos. Um modelo é uma imagem mental simplificada e idealizada, que permite representar, com maior ou menor precisão, o comportamento de um sistema.

Objetivo:

Ajudar os alunos a entenderem que evidências indiretas podem ser imprescindíveis para a descoberta de propriedades e características do que não se pode ver nem pegar, assim como ocorreu na evolução dos conhecimentos sobre a constituição da matéria.

Material:

Três caixas (que possam ficar bem fechadas), identificadas com as letras A,B e C. Cada caixa recebe objetos pequenos e de formatos e tamanhos diferentes uma das outras.

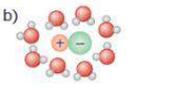
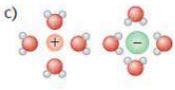
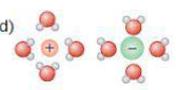
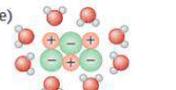
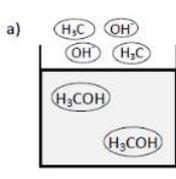
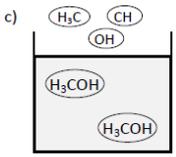
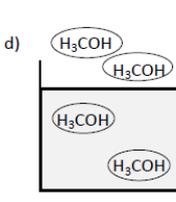
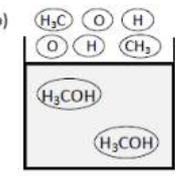
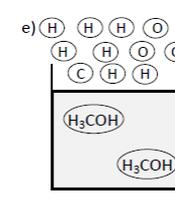
Procedimento:

1. Dividir a sala em três grupos;
2. Dar uma caixa para cada grupo e pedir que os mesmos elaborem uma conclusão sobre a composição dos os objetos presentes nas caixas.
3. Os grupos deveram trocar as caixas entre si de forma que todos os grupos tenham acesso às três caixas.
4. Após cada grupo anotar as suas observações e ideias, os grupos revelam, por fim, o que acreditam ser os objetos surpresa.
5. Após anotar as observações dos grupos, o professor revela aos alunos o conteúdo de cada uma das caixas faz uma comparação com as observações achadas pelos alunos.

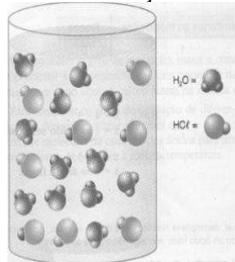
Conclusão:

A partir dessa atividade o professor pode demonstrar para os alunos que da mesma forma que eles usaram de informações indiretas (como o barulho que fazia quando balançavam a caixa e o peso que sentiam) para descobrir quais eram os objetos dentro da caixa; os cientistas também conseguiram por meio dos resultados de seus experimentos deduzir qual seria a constituição da matéria; sem precisar vê-la nem tocá-la.

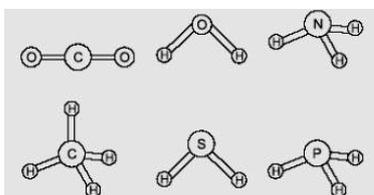
APÊNDICE 6 - Questionário modelos metais

<p>1. Entre as figuras abaixo, identifique a que melhor representa a distribuição das partículas de soluto e do solvente em uma solução aquosa diluída de cloreto de sódio.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>a) </p> <p>b) </p> <p>c) </p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>d) </p> <p>e) </p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">Legenda</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border: 1px solid black;"> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">Na⁺</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">Cl⁻</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">H₂O</td> </tr> </table> </div>	+	Na ⁺	-	Cl ⁻		H ₂ O	<p>2. A figura que melhor representa a evaporação do metanol (H₃C – OH) é:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>a) </p> <p>c) </p> <p>d) </p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>b) </p> <p>e) </p> </div> </div>				
+	Na ⁺										
-	Cl ⁻										
	H ₂ O										
<p>3. As ligações químicas nas substâncias K(s), HCl(g), KCl(s) e Cl₂(g), são, respectivamente:</p> <p>a) Metálica, covalente polar, iônica, covalente apolar. b) Iônica, covalente polar, metálica, covalente apolar. c) Covalente apolar, covalente polar, metálica, covalente apolar. d) Metálica, covalente apolar, iônica, covalente polar. e) Covalente apolar, covalente polar, iônica, metálica.</p>	<p>4. Para adquirir configuração eletrônica de gás nobre, o átomo de número atômico 16 deve:</p> <p>a) Perder dois elétrons. b) Receber seis elétrons. c) Perder quatro elétrons. d) Receber dois elétrons. e) Perder seis elétrons.</p>										
<p>5. Em 1916, G. N. Lewis publicou o primeiro artigo propondo que átomos podem se ligar compartilhando elétrons. Esse compartilhamento de elétrons é chamado, hoje, de ligação covalente. De modo geral, podemos classificar as ligações entre átomos em três tipos genéricos: ligação iônica, ligação metálica e ligação covalente. A alternativa que apresenta substâncias que contêm apenas ligações covalentes é:</p> <p>a) H₂O, C (diamante), Ag e LiH. b) O₂, NaCl, NH₃ e H₂O. c) CO₂, SO₂, H₂O e Na₂O. d) C (diamante), Cl₂, NH₃ e CO₂. e) C (diamante), O₂, Ag e KCl.</p>	<p>6. Considere as seguintes fórmulas e ângulos de ligações.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Fórmula</th> <th>H₂O</th> <th>NH₃</th> <th>CH₄</th> <th>BeH₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Ângulo</th> <td>105°</td> <td>107°</td> <td>109°28'</td> <td>180°</td> </tr> </tbody> </table> <p>As formas geométricas dessas moléculas são, respectivamente:</p> <p>a) angular, piramidal, tetraédrica, linear. b) angular, piramidal, tetraédrica, angular. c) angular, angular, piramidal, trigonal. d) trigonal, trigonal, piramidal, angular. e) tetraédrica, tetraédrica, tetraédrica, angular.</p>	Fórmula	H ₂ O	NH ₃	CH ₄	BeH ₂	Ângulo	105°	107°	109°28'	180°
Fórmula	H ₂ O	NH ₃	CH ₄	BeH ₂							
Ângulo	105°	107°	109°28'	180°							
<p>7. Observa-se que, exceto o hidrogênio, os outros elementos do grupo IA a VIIIA da tabela periódica tendem a formar ligações químicas de modo a preencher oito elétrons na última camada. Esta é a regra do octeto. Mas, como toda regra tem exceção, assinale a opção que mostra somente moléculas que não obedecem a esta regra:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td style="border: 1px solid black;">BH₃</td> <td style="border: 1px solid black;">CH₄</td> <td style="border: 1px solid black;">H₂O</td> <td style="border: 1px solid black;">HCl</td> <td style="border: 1px solid black;">XeF₆</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">I</td> <td style="border: 1px solid black;">II</td> <td style="border: 1px solid black;">III</td> <td style="border: 1px solid black;">IV</td> <td style="border: 1px solid black;">V</td> </tr> </tbody> </table> <p>a) I, II e III. b) II, II e IV. c) IV e V. d) I e IV. e) I e V.</p>	BH ₃	CH ₄	H ₂ O	HCl	XeF ₆	I	II	III	IV	V	<p>8. Assinale a alternativa correta. O que ocorre quando a água entra em ebulição?</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="flex: 1;"> <p>a) Uma transformação química, caracterizada por uma decomposição da água em hidrogênio e oxigênio. b) Uma transformação física, caracterizada por uma mudança de estado, também chamada de vaporização. c) Uma transformação química, caracterizada pela formação de uma nova substância. d) Uma transformação química, caracterizada por uma mudança de estado. e) Nenhuma das alternativas.</p> </div> </div>
BH ₃	CH ₄	H ₂ O	HCl	XeF ₆							
I	II	III	IV	V							

9. A ilustração mostra moléculas de HCl em solução aquosa. Esta ilustração representa com fidelidade o que ocorre na solução? Justifique.



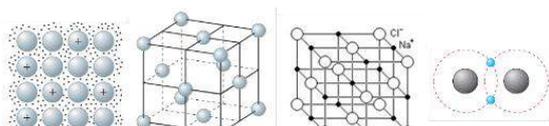
10. O conhecimento das estruturas das moléculas é um assunto bastante relevante, já que as formas das moléculas determinam propriedades das substâncias como odor, sabor, coloração e solubilidade. As figuras abaixo representam a estrutura das seguintes moléculas: CO₂, H₂O, NH₃, CH₄, H₂S e PH₃.



Quanto à polaridade, quais moléculas são consideradas apolares?

- H₂O e CH₄.
- CH₄ e CO₂.
- H₂S e PH₃.
- NH₃ e CO₂.
- H₂S e NH₃.

11. Identifique o tipo de ligação química existente nos modelos abaixo:

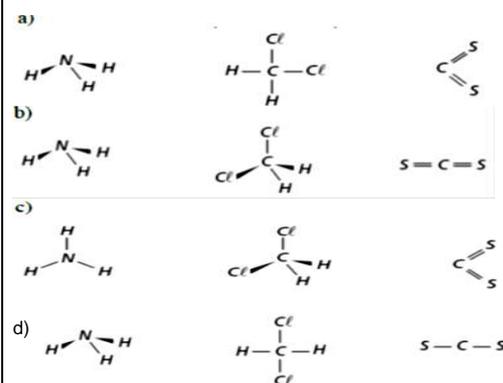


A _____ B _____ C _____ D _____

- Iônica
- Covalente
- Metálica

12. Sabendo-se que:

- A substância amônia (NH₃) é constituída por moléculas polares e apresenta boa solubilidade em água.
 - O diclorometano (CH₂Cl₂) não possui isômeros. Sua molécula apresenta polaridade, devido à sua geometria e à alta eletronegatividade do elemento Cl.
 - O dissulfeto de carbono (CS₂) é um solvente apolar com baixa temperatura de ebulição.
- As fórmulas estruturais que melhor representam essas três substâncias são, respectivamente:



APÊNDICE 7 - Questionário obstáculos epistemológicos

Para responder as questões abaixo marque com X à alternativa que melhor revela a sua opinião, levando em consideração as seguintes legendas: **(1) Discordo Totalmente (2) Discordo Parcialmente (3) Indiferente/Indeciso (4) Concordo Parcialmente (5) Concordo Totalmente.**

1) Na molécula de oxigênio (O_2), os dois átomos se unem compartilhando dois pares eletrônicos, de modo que cada átomo exerça domínio sobre oito elétrons dando estabilidade a molécula.	(1) (2) (3) (4) (5)
2) Os gases são, em geral, pouco solúveis em líquidos, dessa forma aumentando a temperatura da água, a solubilidade do oxigênio dissolvido tende a diminuir, dificultando a sobrevivência dos peixes.	(1) (2) (3) (4) (5)
3) Na ligação covalente os átomos trocam elétrons entre si ou usam elétrons em parceria, procurando atingir a configuração eletrônica de um gás nobre.	(1) (2) (3) (4) (5)
4) A adição de partículas de um soluto não-volátil a um solvente provoca maior elevação da temperatura de ebulição do solvente.	(1) (2) (3) (4) (5)
5) Os gases nobres já nascem estáveis e têm pouca vontade de se unir a outros elementos, uma vez que sua camada de valência é completa.	(1) (2) (3) (4) (5)
6) Substância polar tende a se dissolver em outra substância polar e substância apolar tende a se dissolver em outra substância apolar.	(1) (2) (3) (4) (5)
7) Uma molécula é a menor parte da substância capaz de guardar suas propriedades.	(1) (2) (3) (4) (5)
8) Temos uma macromolécula quando a ligação covalente origina compostos com grande número de átomos.	(1) (2) (3) (4) (5)
9) A ligação iônica é forte, pois mantém os íons fortemente presos no reticulado.	(1) (2) (3) (4) (5)
10) Na ligação metálica os elétrons ligantes estão relativamente deslocalizados movendo-se pela estrutura tridimensional do metal.	(1) (2) (3) (4) (5)
11) A nuvem de elétrons funciona como uma ligação metálica, mantendo os átomos unidos.	(1) (2) (3) (4) (5)
12) A força da ligação iônica esta relacionada a forte atração existente entre íons de cargas opostas no reticulo cristalino.	(1) (2) (3) (4) (5)
13) Macromoléculas covalentes, são estruturas gigantes, nas quais se encontra um número enorme de átomos reunidos por ligações covalentes.	(1) (2) (3) (4) (5)
14) A molécula é a reunião de dois ou mais átomos interagindo firmemente entre si, comportando-se em vários aspectos como um objeto único e inconfundível.	(1) (2) (3) (4) (5)
15) Semelhante dissolve semelhante.	(1) (2) (3) (4) (5)
16) Os gases nobres por apresentarem a camada de valência completa possuem grande estabilidade e pequena capacidade de se combinar com outros elementos.	(1) (2) (3) (4) (5)
17) A ebulição da água é interrompida imediatamente quando adicionamos açúcar.	(1) (2) (3) (4) (5)
18) Na ligação covalente os átomos podem adquirir a configuração eletrônica de gás nobre pelo compartilhamento de elétrons com outros átomos.	(1) (2) (3) (4) (5)
19) Peixes não vivem bem em águas quentes.	(1) (2) (3) (4) (5)
20) A estabilidade da molécula de oxigênio (O_2) ocorre devido há um equilíbrio entre as forças de atração.	(1) (2) (3) (4) (5)

APÊNDICE 8 - Cronograma das Atividades de Pesquisa

SD*	Atividades Desenvolvidas	CH*	Metodologia
01	Apresentação da pesquisa. Preenchimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Questionário inicial.	3 h	Dinâmica da caixa fechada; Aplicação de dois questionários iniciais visando conhecer os modelos mentais e os possíveis obstáculos epistemológicos à aprendizagem relacionados aos conceitos de ligação química.
02	Aprofundamento da investigação inicial sobre os obstáculos epistemológicos.	5 h	Realização de entrevista semiestruturada.
03	Apresentação do minicurso. Conhecendo obstáculos epistemológicos.	2 h	Aula expositiva dialogada.
04	Identificando os obstáculos epistemológicos.	2 h	Aplicação de atividade didática 01.
05	O que acontece quando a água vaporiza? Modelo explicativo da vaporização da água.	2 h	Aula expositiva com utilização de simulações em 3D.
06	Investigando a vaporização da água.	2 h	Aplicação de atividade didática 02.
07	Representação da ligação covalente. Teoria da ligação de valência: regra do octeto apenas uma orientação.	2 h	Aula expositiva dialogada com utilização de recursos audiovisuais (imagens).
08	Formação da ligação covalente e Ressonância.	2 h	Aplicação de atividade didática 03.
09	Como é possível avaliar a polaridade de um composto, utilizando uma régua eletrizada? Teoria da repulsão dos pares eletrônicos.	2 h	Experimento e aula expositiva dialogada com utilização de recursos audiovisuais.
10	Investigando o comportamento dos compostos covalentes.	2 h	Aplicação da atividade didática 04.
11	Como relacionar as interações químicas de compostos iônicos e de compostos moleculares analisando o ponto de fusão?	2 h	Experimento e aula expositiva dialogada com utilização de recursos audiovisuais e experimento.
12	Investigando a diferença entre ligação covalente e ligação iônica.	2 h	Aplicação da atividade didática 05.
13	Quais as partículas responsáveis pela condução da corrente elétrica? Representação da ligação iônica. Formação das ligações iônicas: energias envolvidas.	2 h	Aula expositiva com utilização de simulações em 3D e imagens. Realização de experimento.
14	Investigando a condução da corrente elétrica.	2 h	Aplicação da atividade didática 06.
15	Porque na construção de pontes, edifícios e ferrovias, utilizam-se "espaços" conhecidos como juntas"? Ligação metálica: conceito, representação e propriedades dos compostos metálicos.	2 h	Realização de experimento. Aula expositiva dialogada com utilização simulações em 3D e imagens.
16	Investigando a ligação metálica.	2 h	Aplicação de atividade didática 07.
17	Questionário final. Questionário de avaliação do curso.	4 h	Aplicação dos questionários sobre os obstáculos epistemológicos e avaliação do projeto (online).

SD*- Sequencia didática. C.H*- Carga Horária.

APÊNDICE 9 - Roteiro da entrevista semiestruturada: Categoria 1**OBSTÁCULO ANIMISTA**

1. As forças de atração que unem dois ou mais átomos é denominada Ligação Química. Os átomos devem sempre ligar-se com o objetivo de possuir oito elétrons na última camada? Você concorda que completar o octeto é adquirir prestígio na sociedade atômica? Explique sua resposta.
2. Os gases nobres são encontrados na natureza na forma de átomos isolados porque eles apresentam a última camada da eletrosfera completa, ou seja, com 8 elétrons. Os átomos dos outros elementos, precisam imitar os gases nobres, pois necessitam completar 8 elétrons na última camada para adquirirem estabilidade, por meio de ligação química. Você concorda com essa afirmação? Por quê?
3. Os átomos que formam ligações covalentes são aqueles que gostam de elétrons. Explique o que você entendeu dessa afirmação.
4. Nas ligações covalentes das substâncias, ácido clorídrico, HCl, e água, H₂O, o par de elétrons sente maior atração por átomos mais eletronegativos, como o cloro e oxigênio, pois estes têm maior tendência de puxar para si numa ligação, o par de elétrons. Você entendeu essa afirmação? Justifique sua resposta.
5. A ligação iônica ocorre entre átomos com vontade de perder elétrons e átomos com vontade de receber. Você concorda com essa afirmação? Por que?
6. Se fosse possível visualizar a estrutura de um metal de forma nítida, como você a descreveria?
7. Em sua opinião, atribuir características humanas, por exemplo sentimento, necessidade, facilita a aprendizagem de um conceito científico?

Obrigado pela participação!

APÊNDICE 10 - Roteiro da entrevista semiestruturada: Categoria 2**OBSTÁCULO CONHECIMENTO GERAL**

1. Os átomos ligam-se uns aos outros para completar o octeto na camada de valência e, assim adquirir estabilidade. Você concorda está afirmação? Por quê?
2. Você concorda com a afirmação: a configuração eletrônica do átomo determina o número de ligações iônicas formadas. Explique sua resposta.
3. Toda substância formada por ligação iônica é sólida isso implica que essa ligação é mais forte que a ligação covalente. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.
4. É correto afirmar que a diferença de eletronegatividade entre átomos em uma molécula explica a polaridade da substância. Justifique sua resposta.
5. A vaporização é passagem de uma substância no estado líquido para o estado gasoso. Substâncias que vaporizam a temperatura ambiente, como solventes orgânicos, têm ligações químicas fracas. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.
6. Qual a sua compreensão sobre a afirmação: a repulsão entre os pares de elétrons ligantes determina a geometria da molécula.
7. A ligação covalente ocorre pelo compartilhamento de elétrons, isso explica a formação do íon amônio NH_4^+ quando a substância amônia (NH_3) reage com a água? Justifique sua resposta.

Obrigado pela participação!

APÊNDICE 11 - Roteiro da entrevista semiestruturada: Categoria 3:**OBSTÁCULO VERBAL**

1. A quantidade de elétrons na camada de valência de um átomo é determinante do tipo de ligação que será formada. Quando os elétrons de valência são compartilhados entre os átomos a ligação é covalente, sendo formada uma molécula. Nessa afirmação tem algum termo que não está claro para você? Qual a sua compreensão sobre esta afirmação?
2. Ligações iônicas são mais comumente encontradas em sólidos iônicos. Estes sólidos são formados por arranjos regulares de um grande número de cátions e ânions unidos entre si por ligações iônicas. O termo “arranjos regulares” ajudou você a entender a ligação iônica? Qual a sua compreensão sobre esse termo?
3. A ligação covalente também pode ocorrer entre um átomo que já atingiu a estabilidade eletrônica e que possui pares de elétrons não ligantes, que possa compartilhar com outro, ou outros átomos, que necessitem de dois elétrons para completar sua camada de valência. Você consegue visualizar mentalmente essa situação? Se sim, explique e apresente um exemplo. Se não, destaque termos que você não compreendeu na afirmação.
4. A teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência está baseada na ideia de que os pares eletrônicos ao redor de um átomo central, quer estejam ou não participando das ligações, comportam-se como nuvens eletrônicas que se repelem entre si, de forma a ficarem orientadas no espaço com a maior distância angular possível. Destaque nessa afirmação termos que para você são difíceis de compreender.
5. No modelo explicativo sobre a ligação metálica, o metal seria um aglomerado de átomos neutros e cátions, mergulhados em uma nuvem (mar) de elétrons livres. A nuvem de elétrons funcionaria como uma ligação metálica mantendo os átomos unidos. Explique o que você entendeu desta afirmação sobre a ligação metálica.
6. As perguntas acima apresentaram vários termos que tinham a finalidade de tornar as afirmações sobre as ligações químicas mais didáticas e compreensíveis. Para você estes termos ajudaram ou confundiram seu entendimento sobre o assunto? Por quê?

Obrigado pela participação!

APÊNDICE 12 - Roteiro de aula 01

CONHECENDO OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Apresentação do tema:

- ▶ **Obstáculo epistemológico- Uma resistência do pensamento ao pensamento**

Perguntas a serem respondidas:

- ▶ Quais são os obstáculos epistemológicos?
- ▶ Como estão presentes no nosso sistema de ensino?
- ▶ Quais as suas consequências para o ensino de Ciências/Química?

Como se formam:

- ▶ Estão relacionados ao processo da obtenção do conhecimento.
- ▶ São estudados pela Teoria do Conhecimento.
- ▶ Gaston Bachelard (1996) se apresenta como um exemplo. Na sua visão, o conhecimento científico só pode se desenvolver quando supera obstáculos. Estes são entraves no âmbito do próprio ato de conhecer.

No que diz respeito principalmente às ciências exatas, Bachelard comenta que é necessário haver uma transposição de uma série de obstáculos epistemológicos, isto é, entraves à aprendizagem, para que a construção do espírito científico se efetive.

Os professores devem estar atentos, para que estes obstáculos não estejam presentes em seu método de ensino, seja no ambiente da sala de aula ou nos recursos didáticos utilizados, como por exemplo, o livro didático. O professor também precisa estar ciente do que se trata cada um desses obstáculos, pois somente assim poderá identificá-los e superá-los, e dessa forma ajudar os seus alunos. Desse modo, alguns dos principais obstáculos epistemológicos, enumerados por Gaston Bachelard, que não só causam a estagnação da construção do pensamento científico, mas também contribuem para o seu retrocesso, os quais são apresentados a seguir:

1 A Experiência Primeira:

Descrito como o obstáculo relacionado com o conhecimento já adquirido pelo aluno acerca dos temas estudados, ou seja, como as ideias e explicações populares entendem os fenômenos.

2 O Conhecimento Geral:

A ausência da explicação, no obstáculo citado anteriormente, faz com que haja uma generalização. Todas as outras explicações vão derivar desse primeiro conhecimento geral; as mesmas respostas são dadas a todas as questões. São, portanto, generalizações pré-científicas, que podem tornar-se um conhecimento extremamente vago. O conhecimento geral é sempre vago, não possui precisão e é limitado ao fenômeno observado e a quem observou.

- ▶ São conhecimentos gerais que se tornam certezas que imobilizam a razão, privando os questionamentos sobre os aspectos particulares dos fenômenos.
Ex:
- ▶ Semelhante dissolve semelhante.
- ▶ As plantas já recebem os alimentos prontos pelas raízes.
- ▶ Os metais, em geral, são bons condutores de calor e eletricidade.

3 Conhecimento unitário e pragmático:

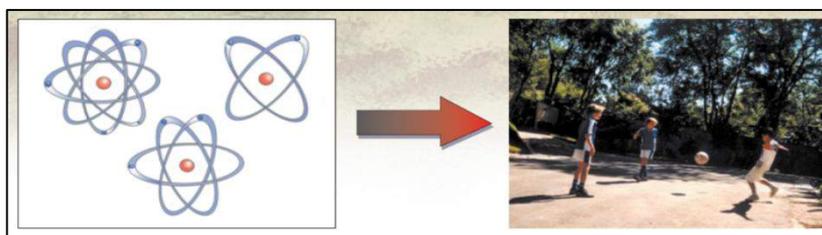
Trata-se da crença numa unidade harmônica do mundo; assim, diversas atividades naturais se tornam manifestações de uma só natureza, “traduz-se na procura do caráter utilitário de um fenômeno como princípio de explicação”.

4 Obstáculo Verbal:

Nesse obstáculo há uma tendência de se associar uma palavra concreta a uma abstrata. O professor na busca de tentar facilitar a compreensão do conteúdo a ser estudado, por parte dos alunos, muitas vezes usa algumas analogias, metáforas, entre outros. No entanto, o mau uso destes recursos pode, muitas vezes, dificultar e criar obstáculos para o aprendizado. O uso de metáforas e analogias no ensino, devem ser usadas depois da teoria e não antes, pois devem ser um auxílio e não o foco principal.

- ▶ Os obstáculos verbais “configuram-se pelo uso descuidado da linguagem científica, fora do contexto em que ela foi produzida” (AIRES; GUIMARÃES; LARA, 2009);

Figura 1- Exemplo de obstáculo verbal



Fonte: USBERCO, 2002, P. 94.

- ▶ Imagine que ele atirasse com uma metralhadora em um caixote de madeira fechado com conteúdo desconhecido. Se as balas ricocheteassem, não atravessando o caixote, concluiríamos que dentro dele deveria conter algum material como concreto ou ferro maciço. Mas, se as balas o atravessassem, chegaríamos à conclusão de que ele estaria vazio ou então que conteria materiais menos densos como algodão, serragem ou similares [...] A ‘metralhadora usada’ por ele lançava pequenas partículas [...] para saber se essas ‘balas’ atravessavam em linha reta [...]” (PERUZZPO; CANTO, 2010, p. 86).

Ex:

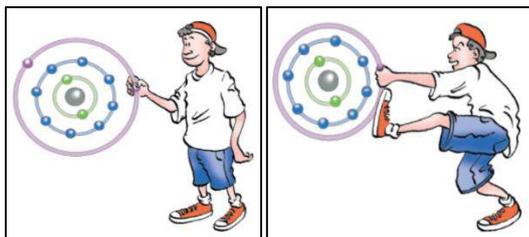
- ▶ Devido à dificuldade de se prever a posição exata de um elétron na eletrosfera, o cientista Erwin Schrödinger (1926) foi levado a calcular a região onde haveria maior probabilidade de se encontrar o elétron. Essa região do espaço foi denominada orbital.
- ▶ Orbital é a região do espaço ao redor do núcleo onde é máxima a probabilidade de encontrar um determinado elétron.

Figura 2- Analogia sobre orbitais



Fonte: FELTRE, 2004, p. 95.

Figura 3- Analogia demonstrando a retirada de um elétron da camada de valência



Fonte: USBERCO, 2002, P. 86

5 Realismo:

Para o realista, a substância de um objeto é aceita como um bem pessoal. Esse obstáculo consiste na geração de imagens e diálogos concretos, utilizados na tentativa de facilitar a compreensão de fenômenos abstratos, empobrecendo o conhecimento científico.

- Supervaloriza os aspectos táteis e visuais. O aluno se contenta com a explicação concreta de um fenômeno, não conseguindo promover a abstração necessária para obter uma explicação completa. O obstáculo realista pode ser entendido como “imagens concretas, que são geradas pela mente do indivíduo na tentativa de explicar fenômenos abstratos”.

6 Substancialismo:

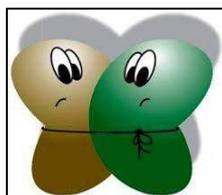
Esse obstáculo em parte oriundo do materialismo, promovido pelo uso de imagens ou da atribuição de qualidades únicas as substâncias. O obstáculo substancialista, como todos os obstáculos epistemológicos, é polimorfo e um dos mais difíceis de ser superado, porque se apoia em uma filosofia de fácil explicação das propriedades pela substância.

Aquele que demonstra mais as qualidades de uma determinada substância do que a propriedade da mesma, às vezes estas qualidades podem ser consideradas exclusiva desta substância.

7 Animismo:

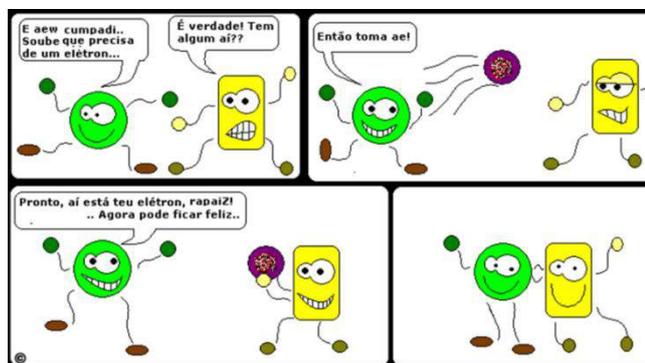
O obstáculo animista se traduz na tendência de animar, atribuir vida e muitas vezes propriedades antropomórficas a objetos inanimados.

Figura 4- Representação da ligação química



Fonte: Google imagens

Figura 5- Representação da ligação iônica



Fonte: Google imagens

Figura 6-Representação da ligação iônica



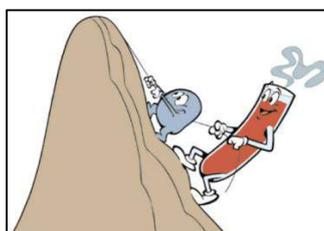
Fonte: Google imagens

Figura 7- Representação Animista da ligação entre átomos



Fonte: Google imagens

Figura 8- Representação animista dos esforços dos átomos



Fonte: Google imagens

Como superar os obstáculos epistemológicos

- ▶ O desenvolvimento da ciência se dá por um processo descontínuo, onde há a necessidade de se romper com o senso comum/conhecimento anterior, para poder assim construir um novo.

Considerações finais

- ▶ Compreender como estes obstáculos se apresentam no processo de ensino-aprendizagem pode contribuir para superá-los, em busca de uma educação verdadeiramente científica.
- ▶ Um novo conhecimento sempre se dá contra um conhecimento já estabelecido.
- ▶ Se o mesmo se mostrar verdadeiro respondendo às perguntas, estará se fortalecendo, caso contrário, abrirá as portas para o desenvolvimento de um novo conceito

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ANDRADE, B. L.; FERRARI, N.; ZILBERSZTAJN, A. **As analogias e metáforas no Ensino de Ciências**. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, n. 2, 2002, p. 231-245.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

MELZER, E. E. M., CASTRO, L.; AIRES, J. A. et al. Modelos Atômicos nos Livros Didáticos de Química: Obstáculos à aprendizagem?. In: Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências, 7., 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: VII Enpec. Disponível em: < <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/399.pdf>>. Acesso em: 20 ago 2013.

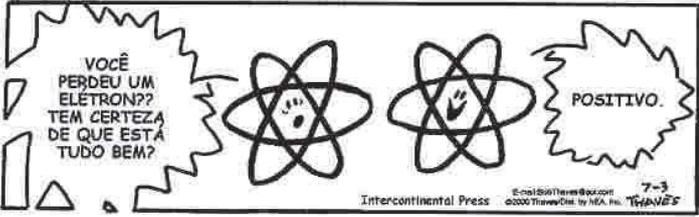
STADLER, J. P.; SOUSA JÚNIOR, F. S.; GEBARA, M. J. F.; HUSSEIN, R. G. S. Análise de obstáculos epistemológicos em livros didáticos de química do ensino médio do PNLD 2012. **HOLOS**, Ano 28, v. 2, 2012.

APÊNDICE 13 – Folha de atividade 01

1 - IDENTIFICANDO OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Aluno _____

Classifique os obstáculos epistemológicos em animista, geral ou verbal, de acordo com as imagens e proposições.

	Os números quânticos são usados para definir os estados de energia, os orbitais disponíveis para o elétron. São análogos a um "código postal atômico", fornecendo a energia relativa e a posição aproximada do elétron.
	"O átomo não é mais uma esfera, como pensavam, mas uma entidade que tem um padrão de comportamento difuso..."
	As plantas já recebem os alimentos prontos pelas raízes.
 <p>(a) (b)</p>	A energia potencial de uma pessoa subindo uma rampa (a) aumenta de maneira uniforme e contínua, ao passo que a de uma pessoa subindo escada (b) aumenta de maneira gradual e
	Uma solução de sacarose não conduz corrente elétrica.
	Imagine uma onda em uma corda de violão, que se espalha por toda a corda, sem se localizar em um ponto determinado. Uma partícula com um momento linear determinado tem comprimento de onda determinado, mas, como não faz sentido falar da localização de uma onda, não é possível especificar a localização da partícula que tem um momento linear determinado.
	
	A água desaparece quando evapora.
	Na prática, quando dois átomos vão se unir, eles "trocamos elétrons entre si" ou "usamos elétrons em parceria", procurando atingir a configuração eletrônica de um gás nobre. Surgem daí os três tipos comuns de ligação química — iônica, covalente e metálica.

APÊNDICE 14 - Roteiro de aula 02

O que será abordado: **Mostrar a diferenças entre ligação química e forças intermoleculares**

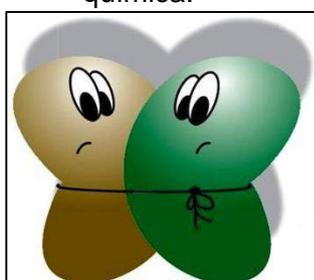
Apresentação do tema:

- ▶ O que acontece quando a água evapora?

Simulação Interativa

- ▶ Ligações químicas

Figura 1- Representação de ligação química.



Fonte: Google imagens

Figura 2- Representação da molécula de água.



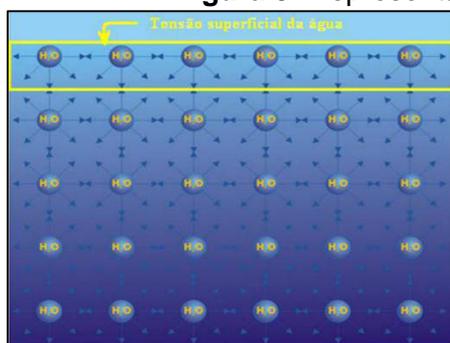
Fonte: Google imagens

- ▶ Forças intermoleculares

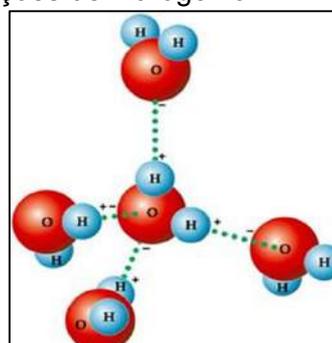
Nos líquidos as forças atrativas intermoleculares são fortes o suficiente para manter as moléculas juntas. Portanto, os líquidos são muito mais densos e muito menos compressíveis que os gases. Diferente dos gases, os líquidos possuem volumes definidos, independentes do tamanho e de forma do recipiente que os contêm.

Nos sólidos as forças atrativas intermoleculares são fortes o suficiente para mantê-las no lugar. Os sólidos não são muito compressíveis porque as moléculas possuem pouco espaço livre entre elas. Os sólidos são estruturas altamente ordenadas, sendo então, chamados de cristalinos.

Figura 3- Representação das ligações de hidrogênio.



(a)



(b)

Legenda: (a) Tensão superficial da água; (b) Pontes de hidrogênio entre as moléculas de água.

Fonte: Google imagens

Figura 4- Estados físicos da matéria.



Aumento das forças intermoleculares

Fonte: Google imagens

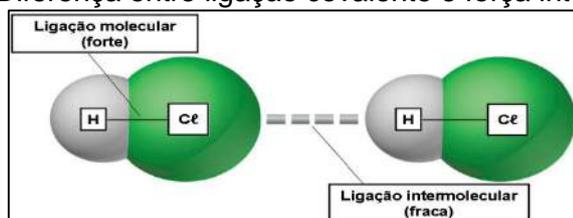
1. Demonstração de simulação interativa:

- **Estados básicos da matéria (PhET) / Evo Books.**

► **Diferença entre forças intermoleculares e ligação química**

A intensidade das forças intermoleculares em diferentes substâncias, varia em grande faixa, mas elas são muito mais fracas que as ligações iônicas e covalentes. Dessa forma é necessário menos energia para vaporizar um líquido ou fundir um sólido, do que quebrar ligações covalentes em moléculas.

Figura 5- Diferença entre ligação covalente e força intermolecular.

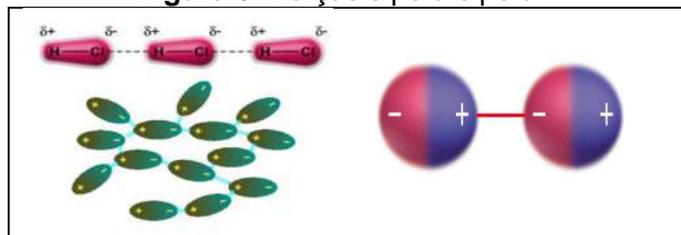


Fonte: Google imagens

► **Forças dipolo-dipolo**

Moléculas polares neutras se atraem quando o lado positivo de uma molécula está próximo do lado negativo de outra. Essas forças dipolo-dipolo são efetivas tão somente quando as moléculas polares estão muito mais próximas, sendo elas geralmente mais fracas que as forças íon-dipolo. Para moléculas de polaridade comparável, consequentemente, as com menores volumes moleculares, geralmente sofrem forças mais atrativas dipolo-dipolo.

Figura 6- Forças dipolo-dipolo.

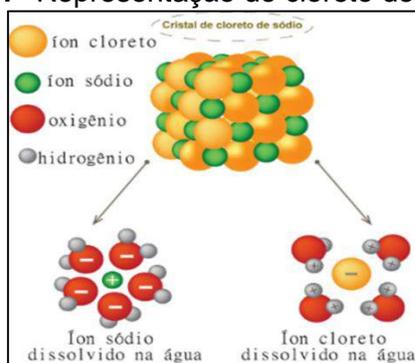


Fonte: Google imagens

► Forças íon-dipolo

Existe entre um íon e a carga oposta parcial em um certo lado da molécula polar. As moléculas polares são dipolos; elas possuem um lado negativo e um lado positivo. Os íons positivos são atraídos pelo lado negativo de um dipolo, enquanto os negativos são atraídos pelo lado positivo. A magnitude da atração aumenta conforme a carga do íon. As forças íon-dipolo são especialmente importantes em soluções de substâncias iônicas em solventes líquidos polares, como a solução de NaCl em água.

Figura 7- Representação do cloreto de sódio em água.



Fonte: Google imagens

► Forças de Dispersão de London

Quando duas moléculas apolares aproximam-se, ocorre uma repulsão entre suas nuvens eletrônicas, sendo que os elétrons vão se acumular numa região da molécula, deixando a outra região com deficiência de cargas negativas. Ao acontecer esta repulsão, cria-se na molécula um dipolo induzido, que faz a indução nas outras moléculas apolares, dando origem a uma pequena força de atração entre elas.

Figura 8 -Representações esquemáticas dos dipolos instantâneos em átomos de hélio adjacentes, mostrando a atração eletrostática entre eles.



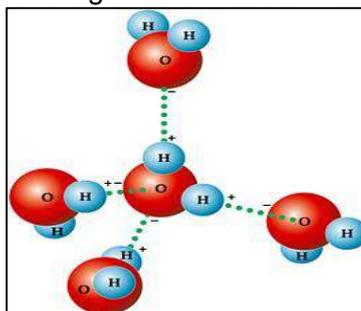
Fonte: Google imagens

► Ligação de hidrogênio

As ligações de hidrogênio são forças de atração mais intensas que as de forças dipolo-dipolo e as de forças de dispersão de London. A ligação ocorre quando a molécula possui o hidrogênio ligado a um elemento bastante eletronegativo, como o flúor, por exemplo. A atração ocorre pelo hidrogênio de uma molécula com o elemento eletronegativo da outra molécula. Sendo uma atração bastante forte, as moléculas que são atraídas por pontes de hidrogênio possuem altos pontos de fusão e ebulição.

As ligações de hidrogênio ocorrem entre muitas substâncias orgânicas, conferindo diferentes propriedades a elas, como solubilidade em água e temperaturas de fusão e ebulição mais elevadas.

Figura 9 -Ligações de hidrogênio formada entre as moléculas de água.

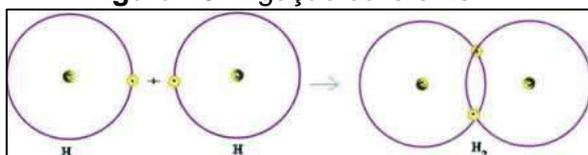


Fonte: Google imagens

► **Ligação covalente**

Resulta do compartilhamento de elétrons entre átomos. Os exemplos mais comuns são as interações entre os elementos químicos não metálicos.

Figura 10- Ligação covalente

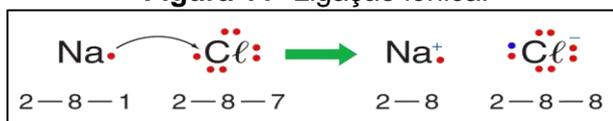


Fonte: Google imagens

► **Ligação iônica**

Refere-se as forças eletrostáticas que existem entre íons de cargas opostas. Os íons devem ser formados pela transferência de um ou mais elétrons de um átomo para o outro. As substâncias iônicas são geralmente resultantes da interação de metais do lado esquerdo da tabela periódica com não metais do lado direito (excluindo-se os gases nobres).

Figura 11- Ligação iônica.



Fonte: Google imagens

Figura 12 -Cloreto de sódio em uma rede tridimensional.



Fonte: Google imagens

Figura 13 -Representação animista da ligação iônica.

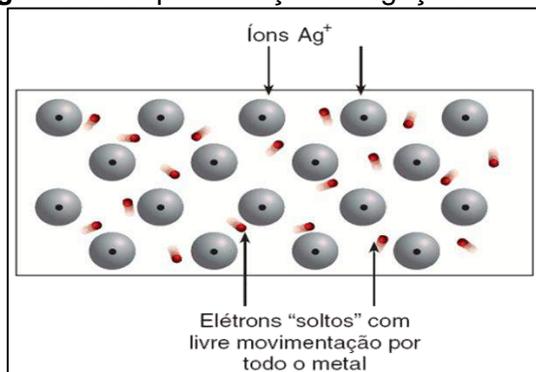


Fonte: Google imagens

► Ligação metálicas

São encontradas em metais. Cada átomo está ligado a vários a vários outros átomos em suas proximidades. Os elétrons ligantes estão relativamente livres para mover-se pela estrutura tridimensional do metal.

Figura 14- Representação da ligação metálica.



Fonte: Google imagens

REFERÊNCIAS

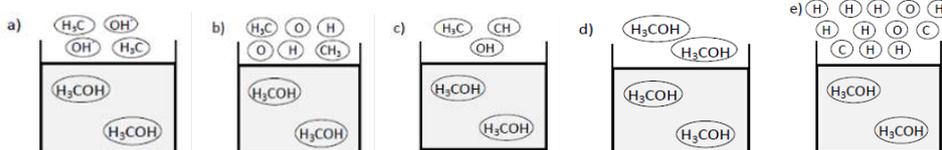
- BROWN, T. L.; LEMAY JR, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- MELZER, E. E. M., CASTRO, L; AIRES, J. A. et al.; Modelos Atômicos nos Livros Didáticos de Química: Obstáculos à aprendizagem?. In: Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências, 7., 2009, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: VII Enpec. Disponível em: < <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/399.pdf>>. Acesso em: 20 ago 2013.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 4 ed. Artmed, 2006.
- SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W.; LANGFIRD, C. H. **Química Inorgânica**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008

APÊNDICE 15 - Folha de atividade 02

2- INVESTIGANDO A EVAPORAÇÃO DA ÁGUA

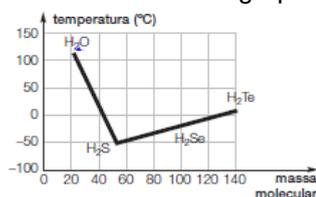
Aluno _____

1. A figura que melhor representa a evaporação do metanol ($\text{H}_3\text{C} - \text{OH}$) é:



Resposta: Alternativa

2. A volatilização de uma substância está relacionada com o seu ponto de ebulição, que por sua vez é influenciado pelas interações moleculares. O gráfico a seguir mostra os pontos de ebulição de compostos binários do hidrogênio com elementos do subgrupo VIA, à pressão de 1 atm.



a) Identifique a substância mais volátil entre as representadas no gráfico. Justifique sua resposta.

b) Explique por que a água tem um ponto de ebulição tão alto, quando comparado com os das demais substâncias indicadas no gráfico.

3. O dióxido de carbono, presente na atmosfera e nos extintores de incêndio, apresenta ligação entre seus átomos do tipo _____ e suas moléculas estão unidas por _____. Os espaços acima são corretamente preenchidos pela alternativa:

- covalente apolar — atração dipolo-dipolo.
- covalente polar — pontes de hidrogênio.
- covalente polar — forças de Van der Waals.
- covalente polar — atração dipolo-dipolo.
- covalente apolar — forças de Van der Waals.

4. Identifique e classifique o obstáculo epistemológico presente no enunciado abaixo:

A mãe de Joãozinho, ao lavar a roupa do filho após uma festa, encontrou duas manchas na camisa: uma de gordura e outra de açúcar. Ao lavar apenas com água, ela verificou que somente a mancha de açúcar desaparecera completamente. Isso pode ser justificado pela regra do semelhante dissolve semelhante.

APÊNDICE 16 - Roteiro de aula 03

Sequência didática – 06

O que será abordado: Representação da ligação covalente; teoria de ligação de valência; Regra do octeto apenas uma orientação.

► A regra do Octeto

Os átomos frequentemente ganham, perdem ou compartilham seus elétrons para atingir o número de elétrons do gás nobre mais próximo deles na tabela periódica. Os gases nobres possuem distribuições eletrônicas muito estáveis e dessa forma são pouco reativos. Os gases nobres (exceto o He) têm oito elétrons na camada de valência, e muitos átomos sofrendo reações também terminam com oito elétrons na camada de valência. Através dessa observação, levou-se a uma norma conhecida como regra do octeto: **Os átomos tendem a ganhar, perder ou compartilhar elétrons até que eles estejam circundados por oito elétrons na camada de valência.**

Um octeto de elétrons constitui-se de subníveis **S** e **P** completos em um átomo. Em termos de símbolo de Lewis, um octeto pode ser definido como quatro pares de elétrons de valência distribuídos ao redor do átomo, como na configuração do Neônio (Ne). O entanto existem várias exceções à regra do octeto, e dessa forma a mesma deve ser utilizada, como uma orientação e não um dogma.

Figura 1- Símbolos de Lewis.

TABELA Símbolos de Lewis					
Elemento	Configuração eletrônica	Símbolo de Lewis	Elemento	Configuração eletrônica	Símbolo de Lewis
Li	[He]2s ¹	Li·	Na	[Ne]3s ¹	Na·
Be	[He]2s ²	·Be·	Mg	[Ne]3s ²	·Mg·
B	[He]2s ² 2p ¹	·B·	Al	[Ne]3s ² 3p ¹	·Al·
C	[He]2s ² 2p ²	·C·	Si	[Ne]3s ² 3p ²	·Si·
N	[He]2s ² 2p ³	·N·	P	[Ne]3s ² 3p ³	·P·
O	[He]2s ² 2p ⁴	·O·	S	[Ne]3s ² 3p ⁴	·S·
F	[He]2s ² 2p ⁵	·F·	Cl	[Ne]3s ² 3p ⁵	·Cl·
Ne	[He]2s ² 2p ⁶	·Ne·	Ar	[Ne]3s ² 3p ⁶	·Ar·

Fonte: BROWN, 2005. P.254.

► Exceções à regra do octeto

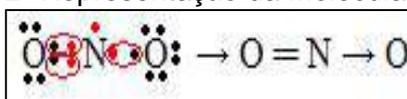
São observadas algumas limitações em lidar com compostos iônicos de metais de transição. A regra do octeto também falha em muitas situações envolvendo ligações covalentes. Essas exceções à regra do octeto são dos três principais tipos:

1. Moléculas com número ímpar de elétrons;
2. Moléculas nas quais um átomo tem menos de um octeto, ou seja, moléculas deficientes de elétrons;
3. Moléculas nas quais um átomo tem mais de um octeto, ou seja, moléculas com expansão de octeto.

► Número ímpar de elétrons

Na maioria das moléculas, o número de elétrons é par e ocorre um completo emparelhamento de elétrons. Se a quantidade de elétrons na camada de valência der um número ímpar, significa que tal elemento não segue a regra do octeto. Um exemplo é o (NO₂)

Figura 2- Representação da molécula de NO₂.



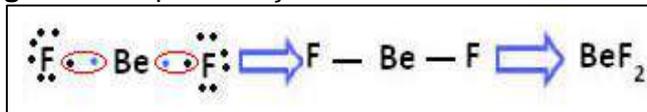
Fonte: Google imagens

Nesse caso o nitrogênio ficou com 7 elétrons em sua camada de valência.

► Deficiência de elétrons

Isso acontece com o berílio (Be) e com o boro (B). Por exemplo, na molécula abaixo o berílio realiza duas ligações covalentes com o hidrogênio, mas ele fica com apenas 4 elétrons na camada de valência:

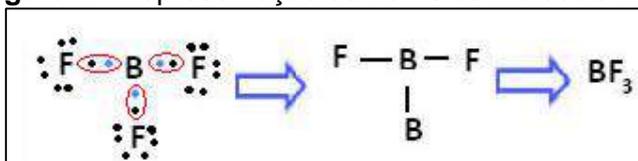
Figura 3- Representação de Lewis da molécula BeF_2 .



Fonte: Google imagens

Já no caso do boro, no composto a seguir, ele fica estável com 6 elétrons:

Figura 4- Representação de Lewis da molécula BF_3 .

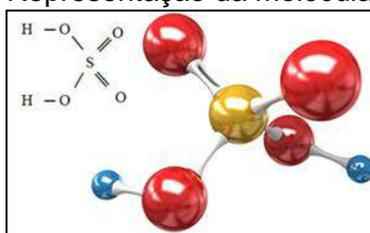


Fonte: Google imagens

► Expansão do octeto

Essa expansão do octeto ocorre exclusivamente com elementos do terceiro período, principalmente o enxofre (S) e o fósforo (P), porque esses átomos são relativamente grandes para acomodar tantos elétrons ao seu redor. Um exemplo é o sulfato de hidrogênio (que em solução aquosa forma o ácido sulfúrico):

Figura 5- Representação da molécula de H_2SO_4 .



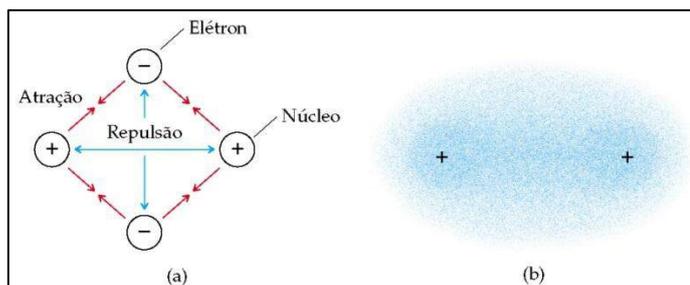
Fonte: Google imagens

Observe que o enxofre compartilha seus elétrons com quatro átomos de oxigênio, ficando com um total de 12 elétrons na camada de valência.

► Ligação covalente

A molécula de hidrogênio H_2 , fornece o exemplo mais simples possível de ligação covalente. Quando dois átomos de hidrogênio estão bem próximos o suficiente um do outro, ocorrem interações eletrostáticas entre eles. Os dois núcleos carregados positivamente repelem-se mutuamente, assim como os dois elétrons carregados negativamente, enquanto o núcleo e os elétrons atraem um ao outro.

Figura 6- Formação da ligação covalente.



Fonte: BROWN, 2005. P.259

Legenda: (a) Atrações e repulsões entre elétrons e núcleos na molécula de hidrogênio. (b) distribuição eletrônica na molécula de H₂.

EXPLICAÇÃO DA LIGAÇÃO COVALENTE ENCONTRADA EM UMA PÁGINA DA INTERNET

LIGAÇÃO COVALENTE- É o tipo de interação na qual os átomos se mantêm unidos através de elétrons que são atraídos, simultaneamente, por mais de um núcleo. Resultado de forças atrativas e repulsivas

Cada par eletrônico é constituído por um elétron de cada átomo e pertence simultaneamente aos dois átomos. Esse tipo de ligação ocorre quando os átomos envolvidos tendem a receber elétrons. É como se dois carros tivessem que dividir apenas quatro rodas.

Figura 7- Obstáculo Verbal.



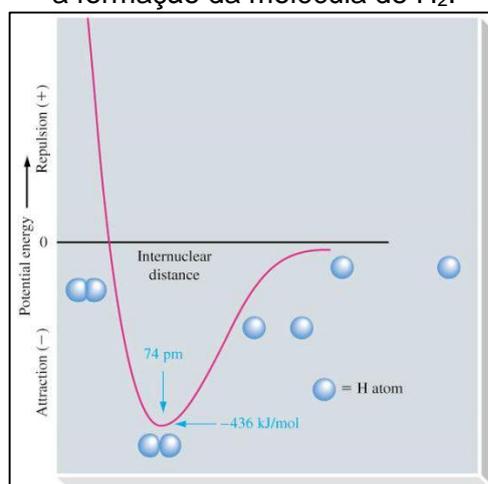
Fonte: Google imagens

Figura 8- Obstáculo animista.



Fonte: Google imagens

Figura 9- Variação de energia potencial durante a formação da molécula de H₂.



Fonte: Google imagens

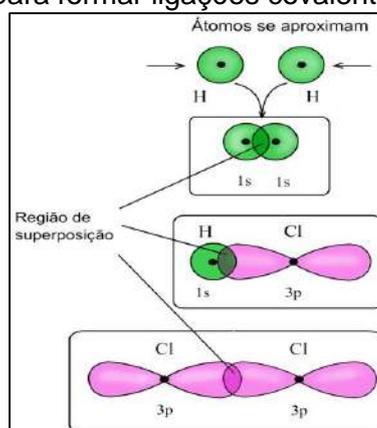
A existência de um “mínimo” de energia numa curva de energia potencial para uma molécula caracteriza uma situação de maior estabilidade (menor energia) que os átomos isolados. Em outras palavras, um poço de energia potencial representa um estado ligado. Nesse ponto, é considerada a formação de uma ligação química.

- **Simulação em 3D.**

► Teoria de ligação de valência (TLV)

Na TLV, o acúmulo de densidade eletrônica entre dois núcleos pode ser considerado como o que ocorre quando um orbital atômico de valência de um átomo se funde com o outro átomo. Diz-se, então que os orbitais compartilham uma região do espaço, ou superpõem-se. A superposição de orbitais permite que dois elétrons de spins contrários compartilhem um espaço comum entre os núcleos, formando uma ligação covalente.

Figura 10- A superposição de orbitais para formar ligações covalentes.



Fonte: Google imagens

► Orbitais híbridos

Para explicar as geometrias, frequentemente supomos que os orbitais atômicos em um átomo misturam-se para formar novos orbitais chamados orbitais híbridos. Estes têm formas diferentes dos orbitais atômicos. O processo de misturar e, por meio disso, variar os orbitais atômicos à proporção que os átomos se aproximam um do outro para formar ligações é chamado de hibridização.

- **Simulação em 3D (hibridização de orbitais).**

► Força das ligações covalentes

A estabilidade de uma molécula está relacionada a com a força das ligações covalentes que a ela contém. A força de uma ligação covalente entre dois átomos é determinada pela energia necessária para romper (quebrar) a ligação.

A energia de ligação é a variação de entalpia, ΔH , para (quebrar) romper uma ligação em particular em mol de substância gasosa.

Figura: 11- Força das ligações covalentes.

A força das ligações covalentes			
Entalpias médias de ligação (em kJ/mol)			
Bond	Average bond dissociation energy	Bond	Average bond dissociation energy
C—H	412	C—I	238
C—C	348	N—H	388
C=C	612	N—N	163
C—C*	518	N=N	409
C=C	837	N—O	210
C—O	360	N=O	630
C=O	743	N—F	195
C—N	305	N—Cl	381
C—F	484	O—H	463
C—Cl	338	O—O	157
C—Br	276		

* In benzene.

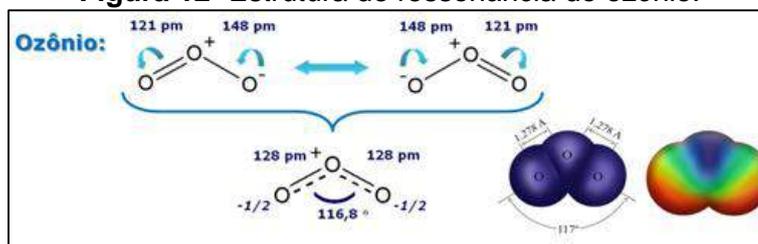
Fonte: Google imagens

► Estruturas de ressonância

Algumas vezes encontramos moléculas nos quais o arranjo conhecido dos átomos não é descrito adequadamente por uma única estrutura de Lewis. Considere o ozônio, O_3 , que consiste de moléculas angulares com duas distâncias O-O iguais. Uma vez que cada átomo contribui com seis elétrons no nível de valência, a molécula de ozônio tem 18 elétrons no nível de valência. Ao escrevermos a estrutura de Lewis, descobrimos que devemos ter uma ligação dupla para atingir o octeto de elétrons em cada átomo:

Para descrever adequadamente a estrutura do ozônio, escrevemos as duas estruturas de Lewis e indicamos que a molécula real é descrita pela média das duas estruturas de ressonância.

Figura 12- Estrutura de ressonância do ozônio.



Fonte: Google imagens

REFERÊNCIAS

BROWN, T. L.; LEMAY JR, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
 SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W.; LANGFIRD, C. H. **Química Inorgânica**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

APÊNDICE 17 - Folha de atividade 03

3- FORMAÇÃO DA LIGAÇÃO COVALENTE

Aluno _____

1. De modo geral, podemos classificar as ligações entre átomos em três tipos genéricos: ligação iônica, ligação metálica e ligação covalente.

A alternativa que apresenta substâncias que contêm apenas ligações covalentes é:

- a) H₂O, C (diamante), Ag e LiH. d) C (diamante), Cl₂, NH₃ e CO₂.
 b) O₂, NaCl, NH₃ e H₂O. e) C (diamante), O₂, Ag e KCl.
 c) CO₂, SO₂, H₂O e Na₂O.

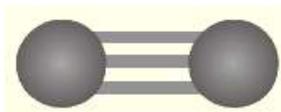
Resposta: Alternativa

2. Observa-se que, exceto o hidrogênio, os outros elementos do grupo IA a VIIIA da tabela periódica tendem a formar ligações químicas de modo a preencher oito elétrons na última camada. Esta é a regra do octeto. Mas, como toda regra tem exceção, assinale a opção que mostra somente moléculas que não obedecem a esta regra:

BH ₃	CH ₄	H ₂ O	HCl	XeF ₆
I	II	III	IV	V

- a) I, II e III. b) II, II e IV. c) IV e V. d) I e IV. e) I e V. Resposta: Alternativa

3. O modelo abaixo serve para representar as ligações covalentes na molécula de ...
 Dados: H (Z = 1); N (Z = 7); O (Z = 8); F (Z = 9).



- a) HF b) N₂ c) O₂ d) F₂ e) H₂

4. Classifique os obstáculos epistemológicos presentes nas frases abaixo:

a) Embora tenhamos dito que os gases nobres têm “pouca vontade” de se unir a outros elementos, a partir de 1962 foram produzidos vários compostos de gases nobres.

b) Na prática, quando dois átomos vão se unir, eles “**trocaram elétrons entre si**” ou “**usam elétrons em parceria**”, procurando atingir a configuração eletrônica de um gás nobre. Surgem daí os três tipos comuns de ligação química: iônica, covalente e metálica.

c) Quando pensamos em transformações químicas, podemos ser levados a crer que estas se passam sempre em laboratórios, mas a natureza é o maior “**laboratório**” que existe.

APÊNDICE 18 - Roteiro de aula 04

O que será abordado: Polaridade e geometria molecular

Questão prévia: **Como é possível avaliar a polaridade de algum composto, utilizando uma régua eletrizada.**

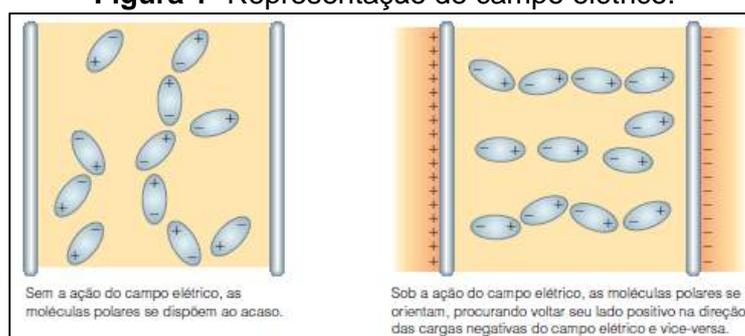
Realização do experimento: Analisando a polaridade de alguns Compostos.

► Polaridade da Ligação

Diferentes materiais têm diferentes tendências de ceder ou receber elétrons. Ao atritar vigorosamente dois materiais, estamos fornecendo energia para que haja transferência de elétrons de um material para outro. O material que recebeu fica com carga negativa e o que cedeu com carga positiva.

As moléculas polares se orientam sob a ação de um campo elétrico externo, conforme o esquema abaixo:

Figura 1- Representação de campo elétrico.



Fonte: Google imagens

► Simulação interativa PhET

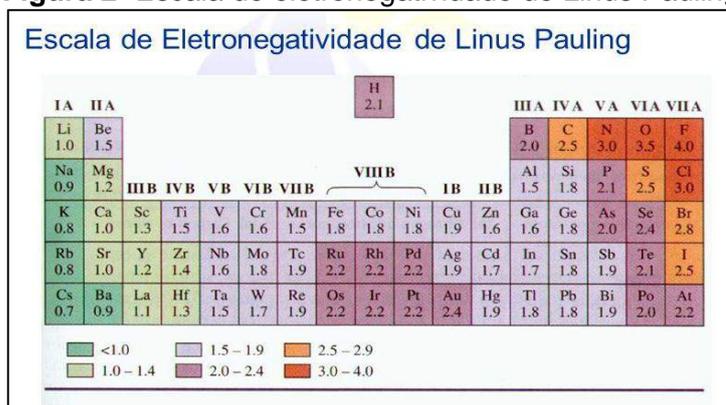
Capacidade de a molécula se orientar é maior ou menor dependendo da diferença de eletronegatividade e do comprimento da ligação entre os átomos. Por isso, a medida da polaridade das ligações é feita pelo chamado momento dipolar, que é representado pela letra grega μ (μ).

Uma ligação covalente pura, em que os átomos dividem igualmente um par de elétrons, ocorre somente quando dois átomos idênticos se ligam. Temos, assim, a ligação covalente apolar. Quando dois átomos diferentes se ligam, o par de elétrons será compartilhado de forma desigual. O resultado é uma ligação covalente polar. O par de elétrons fica mais próximo a um dos átomos. Assim, os átomos adquirem cargas parciais. O átomo que atrai mais fortemente o par de elétrons adquire uma carga parcial negativa e o outro átomo, adquire uma carga parcial positiva.

► Eletronegatividade

É definida como uma medida da habilidade de um átomo, em uma molécula, em atrair elétrons para si. Esse parâmetro foi proposto por Linus Pauling na década de 1930 e, permitiu decidir se uma ligação é polar, qual átomo tem carga parcial negativa ou positiva e se uma ligação é mais polar que a outra. A eletronegatividade aumenta da esquerda para a direita ao longo de um período e diminui grupo abaixo.

Figura 2- Escala de eletronegatividade de Linus Pauling.



Fonte: Google imagens

Figura 3-

Moléculas	Interações intermoleculares
Polares	Dipolo-dipolo ou dipolo permanente-dipolo permanente Ligações (pontes) de hidrogênio
Apolares	Dipolo instantâneo-dipolo induzido

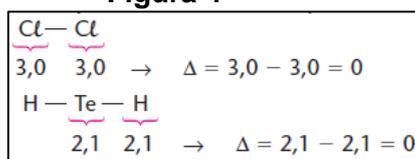
Fonte: Google imagens

► **Ligações apolares e ligações polares**

Uma decorrência importante do estudo da eletronegatividade dos elementos é que, em função da diferença de eletronegatividade (Δ) entre os átomos envolvidos, podemos classificar as ligações covalentes como:

Ligações apolares: são as que apresentam diferença de eletronegatividade igual a zero (ou muito próximo de zero). Exemplos:

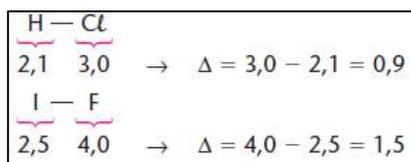
Figura 4-



Fonte: Google imagens

Ligações polares: são as que apresentam diferença de eletronegatividade diferente de zero. Exemplos:

Figura 5-



Fonte: Google imagens

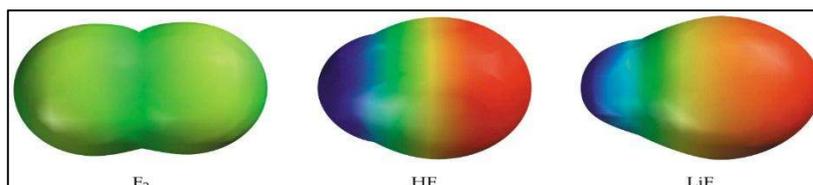
Agora é importante salientar o seguinte: quando essa diferença ultrapassa o valor 1,7, a atração exercida por um dos átomos sobre o par eletrônico é tão grande que a ligação covalente se "rompe", tornando-se uma ligação iônica. Exemplos:

Figura 6-

Na ⁺	Cl ⁻		
0,9	3,0	→	$\Delta = 3,0 - 0,9 = 2,1$ (Ligação iônica)
K ⁺	F ⁻		
0,8	4,0	→	$\Delta = 4,0 - 0,8 = 3,2$ (Ligação iônica)

Fonte: Google imagens

Figura 7- Polaridade da ligação covalente.



Fonte: BROWN, 2005.

► Geometria molecular

As moléculas têm formas espaciais e tamanhos definidos pelos ângulos e pelas distâncias entre os núcleos de seus átomos constituintes. A forma e o tamanho de uma molécula, com a força e a polaridade de suas ligações, determinam enormemente as propriedades daquela substância.

Teoria da repulsão dos pares de Elétrons no nível de valência (VSEPR)

Ao redor do átomo central, os pares eletrônicos ligantes e os não-ligantes se repelem, tendendo a ficar tão afastados quanto possível.

Um par ligante de elétrons define uma região no espaço, na qual é mais provável que os elétrons sejam encontrados. Essas regiões são chamadas de domínios de elétrons. Igualmente, um par não-ligante (ou par solitário) de elétrons define um domínio de elétrons localizado em certo átomo. Cada ligação múltipla em uma molécula também constitui um domínio único de elétron. Em geral, um domínio de elétron consiste em um par não-ligante, uma ligação simples ou uma ligação múltipla. Uma vez que os domínios de elétrons são carregados negativamente, eles se repelem e os domínios de elétrons tentam ficar fora do caminho do outro. A melhor disposição de determinado número de domínios de elétrons é a que minimiza as repulsões entre eles.

Elétrons Ligantes: são aqueles que fazem parte de uma ligação covalente.

Elétrons não-ligantes: são aqueles que não fazem parte de uma ligação covalente.

Os elétrons que contribuem para a geometria das moléculas são os que fazem parte da camada de valência do “átomo central” da molécula. Essa teoria explica as estruturas espaciais vistas na tabela abaixo.

Assim, temos as seguintes estruturas:

Figura 7- Estruturas espaciais mais comuns.

Fórmula molecular	Modelo "de bolas"	Modelo "de preenchimento espacial" ou de Stuart	Tipo de estrutura molecular	Número de átomos ao redor do átomo central
BeH_2			Linear (é plana)	2
BF_3			Trigonal (é plana)	3
CH_4			Tetraédrica (é espacial)	4
PCl_5			Bipirâmide trigonal (é espacial)	5
SF_6			Octaédrica (é espacial)	6

Fonte: Google imagens

- **Simulação Interativa PhET**
Estamos diante de qual obstáculo?

Repulsão dos pares eletrônicos utilizando bexigas

Procedimento

De acordo com o número de nuvens eletrônicas envolvidas em cada caso, você deve unir as bexigas e, em seguida, jogá-las para cima, observando a forma que elas assumem quando chegam ao chão. Considere o local de união como sendo o átomo central (A).

Figura 8- Representação dos orbitais utilizando balões.



Fonte: Google imagens

REFERÊNCIAS

BROWN, T. L.; LEMAY JR, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W.; LANGFIRD, C. H. **Química Inorgânica**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

APÊNDICE 19 - Folha de atividade 04

4- INVESTIGANDO O COMPORTAMENTO DOS COMPOSTOS COVALENTES

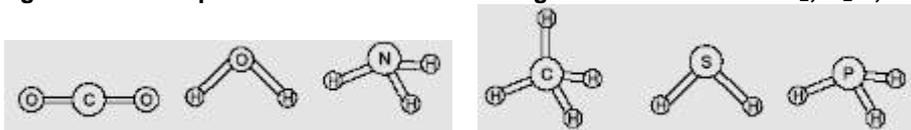
Aluno _____

1. Com base em suas observações e anotações obtidas no experimento realizado explique:

a) Porque a régua depois de eletrizada por atrito atraiu os papéis picados?

b) Porque a régua depois de atritada desviou o curso da água?

2. O conhecimento das estruturas das moléculas é um assunto bastante relevante, já que as formas das moléculas determinam propriedades das substâncias como odor, sabor, coloração e solubilidade. As figuras abaixo representam a estrutura das seguintes moléculas: CO_2 , H_2O , NH_3 , CH_4 , H_2S e PH_3 .



Quanto à polaridade, quais moléculas são consideradas apolares?

a) H_2O e CH_4 . b) CH_4 e CO_2 . c) H_2S e PH_3 . d) NH_3 e CO_2 . e) H_2S e NH_3 .

Resposta: Alternativa

3. Considere as seguintes fórmulas e ângulos de ligações.

Fórmula	H_2O	NH_3	CH_4	BeH_2
Ângulo	105°	107°	$109^\circ 28'$	180°

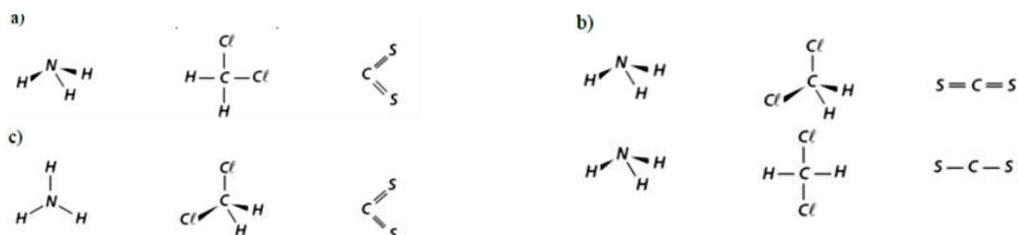
As formas geométricas dessas moléculas são, respectivamente:

- a) angular, piramidal, tetraédrica, linear. d) trigonal, trigonal, piramidal, angular.
 b) angular, piramidal, tetraédrica, angular. e) tetraédrica, tetraédrica, tetraédrica, angular.
 c) angular, angular, piramidal, trigonal

Resposta: Alternativa

5. Sabendo-se que: A substância amônia (NH_3) é constituída por moléculas polares e apresenta boa solubilidade em água. O diclorometano (CH_2Cl_2) não possui isômeros. Sua molécula apresenta polaridade, devido à sua geometria e à alta eletronegatividade do elemento Cl. O dissulfeto de carbono (CS_2) é um solvente apolar com baixa temperatura de ebulição.

As fórmulas estruturais que melhor representam essas três substâncias são, respectivamente:



Resposta: Alternativa

4. Classifique os obstáculos epistemológicos presentes nas frases abaixo:

a) Compostos polares “gostam” de compostos polares e são miscíveis com eles e compostos não polares “gostam” de compostos não polares e são miscíveis com eles.

b) O urso branco é um urso polar porque ele é solúvel em água.

APÊNDICE 20- Roteiro de aula 05

Como relacionar as interações químicas de compostos iônicos, moleculares analisando o ponto de fusão?

O que será abordado: As evidências sobre a natureza das ligações químicas conhecendo a temperatura de fusão dos materiais.

- **Realização do experimento de ponto de fusão.**

▶ **Apresentação do tema**

Analisando o comportamento das substâncias sob aquecimento, verificamos que algumas mudam de estado físico em temperaturas elevadas, como cobre, o cloreto de sódio e o diamante. Já o açúcar (sacarose) e a naftalina fundem-se em temperaturas relativamente baixas. **Porque isso acontece?**

▶ **Propriedades térmicas de materiais**

- **Apresentação do vídeo “o oxigênio que fazer amigos” onde serão enfatizados os obstáculos epistemológicos presentes no mesmo.**

Figura 1- Trecho vídeo “o oxigênio quer fazer amigos”.



Fonte: You Tube

Quando falamos de propriedade térmica de um material, devemos entender que é a resposta ou reação do material à aplicação de calor. Do ponto de vista microscópico, os dois tipos principais de energia térmica na maioria dos sólidos são a energia vibracional dos átomos da rede ao redor de suas posições de equilíbrio e a energia cinética dos elétrons livres dos átomos. Na medida em que o sólido absorve calor, sua temperatura se eleva e a energia interna aumenta. Um modelo de ligação química é utilizado para explicar essas e outras

propriedades das substâncias. No caso do cobre, cloreto de sódio e do diamante, quando a substância muda de estado físico, rompem-se as interações entre as partículas que constitui a substância. Como a temperatura para realizar essas modificações é elevada, podemos imaginar que essas interações sejam muito fortes.

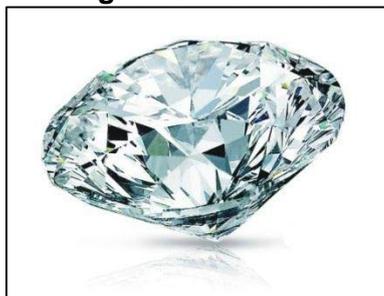
Figura 2- Propriedades de alguns compostos sólidos

Sólido	Comportamento Sob Aquecimento	Solubilidade em água	Condutividade elétrica
Cobre	Funde-se a 1.083 °C	Insolúvel	Bom condutor
Cloreto de sódio	Funde-se a 801 °C	Solúvel	Mau condutor
Sacarose	Funde-se a 185 a 186 °C	Solúvel	Mau condutor
Naftalina	Funde-se a 80 °C	Insolúvel	Mau condutor
Diamante	Convivem diamante grafite sólidos e carbono líquido 900 °C à pressão de 12,5 Gpa	Insolúvel	Mau condutor

Fonte: Google imagens

No caso do diamante, temos a ligação covalente, que é a mesma, presente nas moléculas de hidrogênio, oxigênio, naftalina, sacarose, álcool, água e etc. Ao observar essas substâncias, verificamos que elas mudam de estado físico em temperaturas relativamente baixas em comparação com o diamante. Como explicar isso?

Figura 3- Diamante



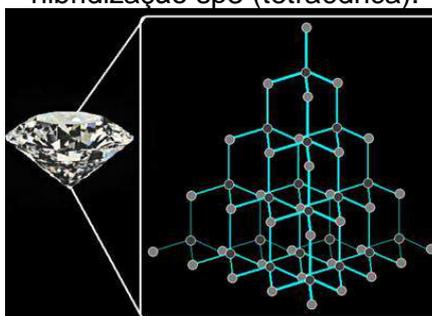
Fonte: Google imagens

Verifica-se que em todas as substâncias (hidrogênio gasoso, oxigênio gasoso, naftalina, sacarose, álcool, água), a ligação covalente é a responsável pela formação da molécula. Quanto mais fortes forem as forças de atração entre as moléculas, maiores serão os PF e os PE, pois será necessário, uma maior quantidade de energia para separar as moléculas. Moléculas mais polarizadas terão forças de atração, entre suas moléculas, mais intensas que as moléculas de baixa polaridade ou entre moléculas apolares. Como consequência, podemos concluir que moléculas ligadas por pontes de hidrogênio, terão PF e PE mais elevados que as moléculas com ligação do tipo dipolo - dipolo permanente, sendo menores

os PF e PE das substâncias apolares, com ligação do tipo forças de London ou dipolo instantâneo.

No caso do diamante não existe a formação de moléculas individuais. A agregação das partículas para formar o material é formada pela ligação covalente entre os átomos de carbono muito forte o que explica a elevada temperatura para romper as ligações e fundir o diamante. Em termos de energia de ligação, a mais alta energia de ligação é a covalente do carbono para formar o diamante, os átomos do carbono ligam-se para formar uma molécula gigante.

Figura 4- Estrutura molecular do diamante
hibridização sp^3 (tetraédrica).

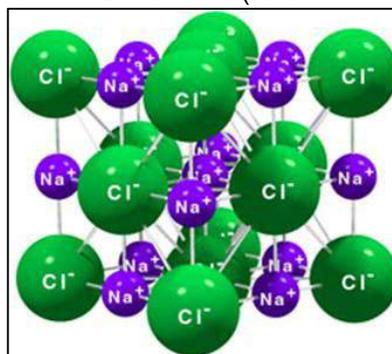


Fonte: Google imagens

- **Animação em 3D do diamante**

Na ligação iônica, depende do potencial eletrostático, que é esfericamente simétrico. Logo não há direção preferencial para este tipo de ligação. O mesmo ocorre para a ligação metálica. Isto influi bastante na estrutura dos materiais formados a partir de tais ligações. Os sólidos iônicos apresentam estruturas que dependem dos tamanhos relativos de cada íon e da carga deles. O ajuntamento mais estável é aquele que apresenta a maior energia de ligação. Entretanto, as energias das ligações iônicas são também muito elevadas. Isto explica as altas temperaturas de fusão de muitos compostos iônicos.

Figura 5- Sólido iônico (cloreto de sódio).



Fonte- Google Imagens

Figura 6- Ilustração da ligação iônica em um site Português.



Fonte: Google imagens

► **Propriedades físicas das substâncias iônicas**

- Altos pontos de fusão e ebulição.
- Condutividade elétrica quando fundidos ou dissolvidos em água.
- Solubilidade em água (a maioria).
- Apresentam aspecto cristalino.
- São sólidos e possuem brilho (a maioria).

► **Propriedades físicas das substâncias moleculares:**

- Existem nos estados gasoso, líquido e sólido. Quando no estado sólido, geralmente possuem pontos de fusão e ebulição mais baixos se comparados com os das substâncias iônicas ou metálicas.
- Algumas são solúveis em água (polar), outros são solúveis em solventes apolares e outros, ainda, são solúveis em ambos.
- Normalmente, não são condutoras de eletricidade, nem puros, nem quando dissolvidos em água. A exceção ocorre por conta dos ácidos, que quando em solução, conduzem corrente elétrica.

• **Simulação interativa em 3D/PhET**

REFERÊNCIAS

BROWN, T. L.; LEMAY JR, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W.; LANGFIRD, C. H. **Química Inorgânica**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

APÊNDICE 21 - Folha de atividade 05

5- INVESTIGANDO A DIFERENÇA ENTRE LIGAÇÃO IÔNICA E COVALENTE

Aluno _____

1. De acordo com suas observações e anotações à cerca do experimento realizado, responda:

a) Quais dos materiais possuem as **mais fortes** interações entre partículas?

b) Quais dos materiais possuem as **mais fracas** interações entre as partículas?

2. Explique através de uma representação, o que ocorre com a interação entre as partículas de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) durante a fusão?

Explicação da representação

3. Com base na resposta anterior, explique porque algumas substâncias apresentam temperaturas de fusão elevadas, ao passo que outras apresentam valores baixos para essas propriedades.

4. A tabela a seguir traz os pontos de fusão e ebulição, em °C, sob pressão de 1 atm, de alguns materiais. Com base nas informações da tabela, assinale a alternativa que indica quais materiais estão no estado de agregação líquido à temperatura ambiente (cerca de 25°C):

Substância	Fusão (°C)	Ebulição (°C)
Oxigênio	-218,4	-183
Amônia	-77,7	-33,4
Metanol	-97	64,7
Acetona	-94,6	56,5
Mercúrio	-38,87	356,9
Alumínio	660	2 056

Tabela com pontos de fusão e ebulição de várias substâncias

a) Oxigênio e Metanol

b) Metanol, acetona e mercúrio

c) Metanol e mercúrio

d) Amônia, acetona, mercúrio e alumínio

e) Nenhuma das alternativas

APÊNDICE 22- Roteiro de aula 06

O que será abordado: Formação da ligação iônica e energias envolvidas

Realização do experimento: **Condução de corrente elétrica**

- **Simulação interativa**

Apresentação do tema

A ligação iônica resulta da transferência quase completa de um ou mais elétrons de um átomo para outro: Estudaremos as energias de formação de substâncias iônicas e descreveremos a energia de rede.

Ligação iônica

O termo ligação iônica refere-se às forças eletrostáticas que existem entre íons de cargas e sinais contrários. Os íons devem ser formados a partir de átomos pela transferência de um ou mais elétrons de um átomo para outro. As substâncias iônicas geralmente são resultantes da interação de metais do lado esquerdo da tabela periódica com não metais do lado direito excluindo-se os gases nobres.

Figura 1- Tabela periódica

Legenda da Tabela Periódica:

- Metais alcalinos (laranja)
- Metais alcalino-terrosos (amarelo)
- Metais de transição (verde)
- Lantanídeos (roxo)
- Actinídeos (roxo escuro)
- Metais representativos (verde claro)
- Semi-metais (verde escuro)
- Não-metais (verde muito escuro)
- Halogênios (azul claro)
- Gases nobres (azul escuro)
- Sólido (C)
- Líquido (Hg)
- Gasoso (H)
- Desconhecido (Rf)

1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8B	1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A	8A		
1 H Hidrogênio	2 He Hélio																
3 Li Lítio	4 Be Berílio									5 B Boro	6 C Carbono	7 N Nitrogênio	8 O Oxigênio	9 F Flúor	10 Ne Neônio		
11 Na Sódio	12 Mg Magnésio									13 Al Alumínio	14 Si Silício	15 P Fósforo	16 S Enxofre	17 Cl Cloro	18 Ar Argônio		
19 K Potássio	20 Ca Cálcio	21 Sc Escândio	22 Ti Titânio	23 V Vanádio	24 Cr Cromo	25 Mn Manganês	26 Fe Ferro	27 Co Cobalto	28 Ni Níquel	29 Cu Cobre	30 Zn Zinco	31 Ga Gálio	32 Ge Germânio	33 As Arsênio	34 Se Selênio	35 Br Bromo	36 Kr Criptônio
37 Rb Rubídio	38 Sr Estrôncio	39 Y Ítrio	40 Zr Zircônio	41 Nb Níbio	42 Mo Molibdênio	43 Tc Técncio	44 Ru Rútenio	45 Rh Ródio	46 Pd Paládio	47 Ag Prata	48 Cd Cádmio	49 In Índio	50 Sn Estanho	51 Sb Antimônio	52 Te Telúrio	53 I Iodo	54 Xe Xenônio
55 Cs Césio	56 Ba Bário	57-71 * Lantanídeos	72 Hf Háfnio	73 Ta Tântalo	74 W Tungstênio	75 Re Rênio	76 Os Ósmio	77 Ir Íridio	78 Pt Platina	79 Au Ouro	80 Hg Mercúrio	81 Tl Tálio	82 Pb Chumbo	83 Bi Bismuto	84 Po Polônio	85 At Astatato	86 Rn Radônio
87 Fr Frâncio	88 Ra Rádio	89-103 ** Actinídeos	104 Rf Rutherfordio	105 Db Dubnio	106 Sg Seabórgio	107 Bh Bório	108 Hs Hársio	109 Mt Meitnério	110 Ds Darmstádio	111 Rg Roentgênio	112 Cn Copernício	113 Uut Ununtrio	114 Uuq Ununquádio	115 Uup Ununpêntio	116 Uuh Ununhexídeo	117 Uus Ununseptio	118 Uuo Ununoctio
			57 La Lantânio	58 Ce Cério	59 Pr Praseodímio	60 Nd Neodímio	61 Pm Promécio	62 Sm Samário	63 Eu Európio	64 Gd Gadolínio	65 Tb Térbio	66 Dy Disprósio	67 Ho Hólmio	68 Er Érbio	69 Tm Túlio	70 Yb Ítrio	71 Lu Lutécio
			89 Ac Actínio	90 Th Tório	91 Pa Protactínio	92 U Urânio	93 Np Neptúnio	94 Pu Plutônio	95 Am Americio	96 Cm Cúrio	97 Bk Berquélio	98 Cf Califórnia	99 Es Einsteinio	100 Fm Férmio	101 Md Mendelevio	102 No Nobelio	103 Lr Laurêncio

www.tabelaperiodicaCompleta.com

Fonte: Google imagens

Formação do cloreto de sódio (NaCl)

Quando o sódio metálico, Na(s), é colocado em contato com o gás cloro, Cl₂(g), ocorre uma forte reação. O produto da reação é o cloreto de sódio.

O cloreto de sódio é composto de íons Na⁺ e Cl⁻, arranjados em uma rede tridimensional regular. A formação de Na⁺ a partir de Na e de Cl⁻ a partir de Cl₂ indica que o átomo de sódio perdeu um elétron e um átomo de cloro ganhou um. A transferência de elétrons para formar íons de cargas opostas ocorre quando os átomos envolvidos diferem enormemente em suas atrações por elétrons. O NaCl é um composto iônico comum que consiste em um metal de baixa energia de ionização e um não metal com alta afinidade de elétrons.

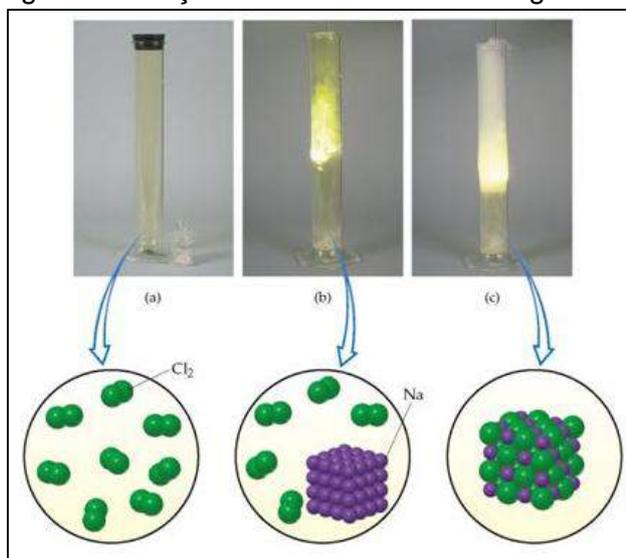
Figura 2- Afinidades eletrônicas

H -73								He >0
Li -60	Be >0	B -27	C -122	N >0	O -141	F -328		Ne >0
Na -53	Mg >0	Al -43	Si -134	P -72	S -200	Cl -349		Ar >0
K -48	Ca -2	Ga -30	Ge -119	As -78	Se -195	Br -325		Kr >0
Rb -47	Sr -5	In -30	Sn -107	Sb -103	Te -190	I -295		Xe >0
1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A		8A

Fonte: Google imagens



Figura 3- Reação entre sódio metálico e gás cloro



Fonte: BROWN, 2005. P. 254

Figura 4 - Representação da ligação iônica através de história em quadrinhos



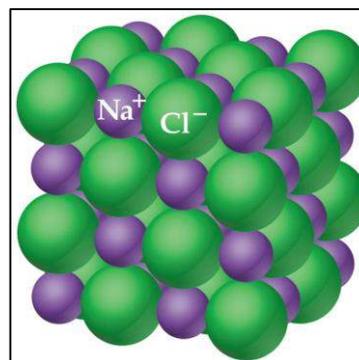
Fonte: Google imagens

Figura 5 - Representação animista da ligação iônica?



Fonte: Google imagens

Figura 6- Estrutura cristalina do cloreto de sódio



Fonte: Google imagens

- **Animação em 3D estrutura da ligação iônica –IQ/ UNICAMP**
- **Animação em 3D Formação da ligação iônica –IQ/ UNICAMP**

Energias envolvidas na formação da ligação iônica

A ordem de grandeza das interações é medida energia de rede, que é a energia necessária para separar a rede iônica em íons gasosos. A energia de rede aumenta com o aumento da carga dos íons e com a diminuição da distância entre eles.

TABELA 8.2 Energias de rede para alguns compostos iônicos

Composto	Energia de rede (kJ/mol)	Composto	Energia de rede (kJ/mol)
LiF	1.030	MgCl ₂	2.326
LiCl	834	SrCl ₂	2.127
LiI	730		
NaF	910	MgO	3.795
NaCl	788	CaO	3.414
NaBr	732	SrO	3.217
NaI	682		
KF	808	ScN	7.547
KCl	701		
KBr	671		
CsCl	657		
CsI	600		

Fonte: Google imagens

REFERÊNCIAS

1. BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. Química: a ciência central. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.
2. SHRIVER & ATKINS. Química Inorgânica. 4 ed. Guanabara Koogan, 2008.

APÊNDICE 23 - Folha de atividade 06

6- INVESTIGANDO A CONDUÇÃO DE CORRENTE ELÉTRICA

Aluno _____

Considerando os conhecimentos adquiridos durante o experimento de condução de corrente elétrica, responda as questões 1 e 2.

1. Quais as partículas responsáveis pela condução da corrente elétrica?

2. Você verificou que o cloreto de sódio sólido e a água, quando estão separados, não conduzem eletricidade. Por quê quando misturados conduzem corrente elétrica?

3. As ligações químicas nas substâncias K(s), HCl(g), KCl(s) e Cl₂(g), são, respectivamente:

- | | |
|--|--|
| <p>a) Metálica, covalente polar, iônica, covalente apolar.</p> <p>b) Iônica, covalente polar, metálica, covalente apolar.</p> <p>c) Covalente apolar, covalente polar, metálica, covalente apolar.</p> | <p>d) Metálica, covalente apolar, iônica, covalente polar.</p> <p>e) Covalente apolar, covalente polar, iônica, metálica</p> |
|--|--|

4. Desenhe modelos para o cloreto de sódio no estado sólido e no estado líquido e explique com base nesses modelos, a ocorrência ou não de condutividade elétrica nesses materiais?

Estado sólido

Estado líquido

5. Um composto iônico é geralmente formado a partir de elementos que possuem:

- | | |
|---|--|
| <p>a) energias de ionização muito distintas entre si.</p> <p>b) elevadas energias de ionização.</p> <p>c) raios atômicos semelhantes.</p> | <p>d) elevadas afinidades eletrônicas.</p> <p>e) massas atômicas elevadas.</p> |
|---|--|

6. Um composto apresenta as propriedades a seguir:

- 1 — Alto ponto de fusão e de ebulição;
- 2 — Bom condutor de corrente elétrica no estado líquido ou em solução aquosa;
- 3 — Sólido à temperatura ambiente.

Esse composto deve ser formado pelos seguintes elementos:

- | | |
|---|--|
| <p>a) Sódio e potássio.</p> <p>b) Magnésio e flúor.</p> <p>c) Cloro e oxigênio.</p> | <p>d) Oxigênio e nitrogênio.</p> <p>e) Carbono e hidrogênio.</p> |
|---|--|

APÊNDICE 24 - Roteiro de aula 07

Sequência didática – 15

O que será abordado: Ligação metálica e propriedades dos metais

Pergunta: Porque na construção de pontes e edifícios e ferrovias, utilizam-se “espaços” conhecidos como juntas.

Experimento: Dilatação superficial de metais

Apresentação do tema

Os elementos metálicos são os mais numerosos dos elementos, e suas propriedades químicas são de grande importância tanto para a indústria quanto para a pesquisa contemporânea.

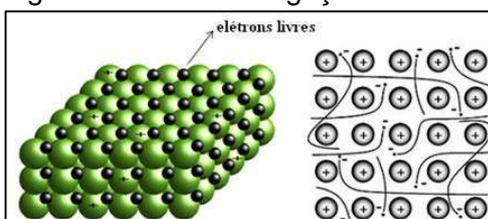
As ligações metálicas são encontradas em metais como cobre, ferro e alumínio. Nesses metais cada átomo está ligado a vários átomos vizinhos. Os eletrônicos ligantes estão relativamente livres para se deslocarem pela estrutura tridimensional do metal. As ligações metálicas são responsáveis pelas propriedades dos metais, como elevada condutividade elétrica, brilho, ductibilidade, maleabilidade. Examinaremos essas propriedades a partir de agora.

Modelo do mar de elétrons: Obstáculo verbal

Um modelo muito simples que explica algumas das características dos metais é o modelo do “mar de elétrons”. Nesse modelo o metal é visualizado como uma rede de cátions metálicos em um “mar” rede de elétrons de valência. Os elétrons estão confinados ao metal por meio de atrações eletrostáticas aos cátions; eles estão uniformemente distribuídos na estrutura. Entretanto os elétrons de valência são moveis e nenhum elétron individual está confinado a qualquer íon metálico específico. Quando um fio metálico é conectado aos terminais de uma bateria, os elétrons fluem pelo metal no sentido do terminal positivo para dentro do metal a partir da bateria.

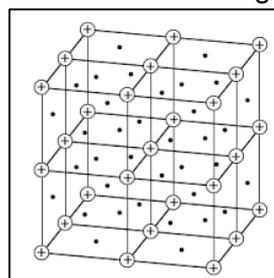
- **Animação em 3D da ligação metálica- IQ/ UNICAMP**
- **Animação em 3D do mar de elétrons TED/ed**

Figura- Estrutura da ligação metálica



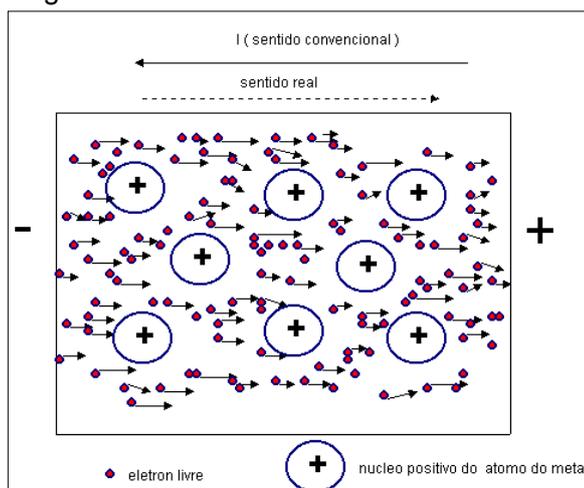
Fonte: Google imagens

Figura- Estrutura cristalina da ligação metálica



Fonte: Google imagens

Figura- Metal submetido a corrente elétrica



Fonte: Google imagens

Propriedades Gerais

A maioria dos metais possui condutividades elétrica e térmica elevadas, e são maleáveis e dúcteis. Entretanto, existe uma gama de propriedades dentro dessa uniformidade geral. Um aspecto dessa diversidade é a força de coesão entre átomos, como indicado pela variação nas entalpias de vaporização.

Brilho e cor

Os metais quando polidos apresentam-se brilhantes devido ao fato de refletirem a luz. Se o metal refletir todas as cores do espectro eletromagnético sua coloração será prateada. Se o metal não refletir todas as cores do espectro eletromagnético, refletirá a cor que não absorve, razão pela qual o ouro é amarelo e o cobre é avermelhado.

A presença de elétrons livres permite aos metais a reflexão da luz, já que podem ser excitados por absorção de fótons e voltar ao estado inicial emitindo fótons.



(a)



(b)



(c)

Bons condutores de calor e eletricidade

A boa condutividade de calor, se deve pelo fato dos elétrons deslocalizados transmitirem a energia de vibração de um íon aos íons vizinhos. A grande capacidade de conduzir energia, ocorre porque os elétrons deslocalizados possuem grande mobilidade comunicando o impulso elétrico com rapidez.

Dureza

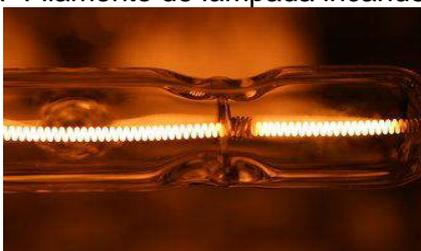
A dureza de um metal é definida como a resistência do metal a deformação, ao risco e a abrasão. A dureza confere a capacidade de resistir a deformação (encurvar, partir ou mudar de forma), quando sujeito a carga (força).

Essa propriedade se deve ao fato dos átomos presentes nos metais estarem fortemente próximos na rede cristalina.

Elevados pontos de fusão e ebulição

Propriedade decorrente da grande força de atração entre as partículas. É necessário um valor elevado de energia térmica para superar as forças de atração entre os átomos.

Figura- Filamento de lâmpada incandescente



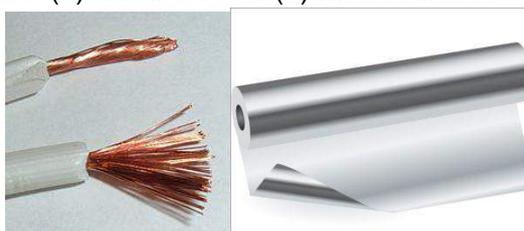
Fonte: Google imagens

Maleabilidade e ductibilidade

A maleabilidade é uma propriedade que junto a ductilidade apresentam os corpos ao serem moldados por deformação. A diferença é que a ductibilidade se refere a formação de filamentos e a maleabilidade permite a formação de delgadas lâminas do material sem que este se rompa.

Isso ocorre porque a distorção não rompe a ligação metálica, porque a sua natureza não é direcional, pois o deslocamento dos átomos não altera significativamente as forças de ligação.

Figura- (a) ductibilidade. (b) Maleabilidade



(a)

(b)

Fonte: Google imagens

- **Animação em 3D propriedade dos metais**

REFERÊNCIAS

1. BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. Química: a ciência central. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.
2. SHRIVER & ATKINS. Química Inorgânica. 4 ed. Guanabara Koogan, 2008.

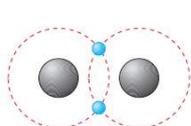
APÊNDICE 25 - Folha de atividade 07

7 - INVESTIGANDO A LIGAÇÃO METÁLICA

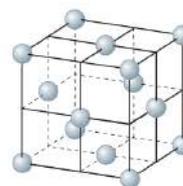
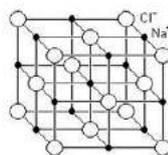
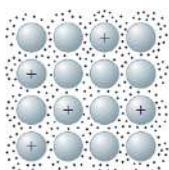
Aluno _____

1. Após a realização do experimento de dilatação superficial de metais, explique porque você não conseguiu introduzir a chave depois de aquecida no cadeado.

2. Identifique a ligação metálica nos modelos abaixo:



(a)



Resposta

3. O cobre metálico é bastante utilizado na confecção de fios condutores de eletricidade. Baseado na propriedade de condutividade elétrica dos metais, pode-se afirmar, a respeito do fio de cobre, que:

- É constituído de íons metálicos positivos em posições ordenadas, com os elétrons de valência movimentando-se em todo o fio.
- É constituído de moléculas.
- Seus átomos estão unidos por ligações iônicas.
- As forças eletrostáticas que unem os átomos de cobre no fio são resultantes das interações dipolo-dipolo.
- As ligações nele existentes são covalentes.

Resposta

4. A condutibilidade elétrica dos metais é explicada admitindo-se:

- ruptura de ligações iônicas.
- ruptura de ligações covalentes.
- existência de prótons livres.
- existência de elétrons livres.
- existência de nêutrons livres.

APÊNDICE 26- Questionário final

Para responder as questões abaixo marque com X à alternativa que melhor revela a sua opinião, levando em consideração as seguintes legendas: **(1) Discordo Totalmente (2) Discordo Parcialmente (3) Indiferente/Indeciso (4) Concordo Parcialmente (5) Concordo Totalmente.**

1. Na molécula de oxigênio (O_2), os dois átomos se unem compartilhando dois pares eletrônicos, de modo que cada átomo exerça domínio sobre oito elétrons dando estabilidade a molécula.	(1) (2) (3) (4) (5)
2. Numa solução, as partículas do soluto dificultam a movimentação das partículas do solvente e alteram a pressão máxima de vapor alterando a temperatura de ebulição e a temperatura de congelação.	(1) (2) (3) (4) (5)
3. A pressão em um recipiente aumenta devido agitação das moléculas do gás. Podemos comparar a bolas de bilhar; durante uma partida essas bolas colidem umas com as outras contra as laterais da mesa.	(1) (2) (3) (4) (5)
4. A pressão atmosférica diminui com o aumento da altitude. Havendo menor pressão, a água consegue evaporar com maior facilidade e, como consequência, a ebulição torna-se mais fácil.	(1) (2) (3) (4) (5)
5. Em locais muito frios, colocam-se anticongelantes na água dos radiadores dos automóveis para evitar que durante a noite, com o carro estacionado, a água venha a se congelar danificando o radiador.	(1) (2) (3) (4) (5)
6. A estabilidade da molécula de oxigênio (O_2) ocorre devido há um equilíbrio entre as forças de atração e repulsão elétrica.	(1) (2) (3) (4) (5)
7. Os gases nobres já nascem estáveis e têm pouca vontade de se unir a outros elementos, uma vez que sua camada de valência é completa.	(1) (2) (3) (4) (5)
8. Substância polar tende a se dissolver em outra substância polar e substância apolar tende a se dissolver em outra substância apolar.	(1) (2) (3) (4) (5)
9. Thomsom propôs, em 1903, um novo modelo de átomo, formado por uma pasta positiva recheada pelos elétrons de carga negativa. Esse modelo ficou conhecido como pudim de passas.	(1) (2) (3) (4) (5)
10. Na ligação metálica os elétrons estão confinados ao metal por meio de atrações eletrostáticas aos cátions; eles estão uniformemente distribuídos pela estrutura.	(1) (2) (3) (4) (5)
11. Em um balão estratosférico, a grande altitude, a água poderá ferver na palma de nossa mão, aproveitando o calor de nosso corpo.	(1) (2) (3) (4) (5)
12. Inicialmente achava-se que o átomo era como uma esfera positiva uniforme de matéria onde os elétrons estariam embutidos no átomo.	(1) (2) (3) (4) (5)
13. Quanto maior for o número de choques realizado pelas partículas do gás em um recipiente, maior será a pressão exercida por ele.	(1) (2) (3) (4) (5)
14. O átomo não é mais uma esfera, como pensavam, mas uma entidade que tem um padrão de comportamento difuso.	(1) (2) (3) (4) (5)
15. O metal seria um aglomerado de átomos neutros e cátions, mergulhados em uma nuvem mar de elétrons livres. A nuvem de elétrons, mantem os átomos unidos.	(1) (2) (3) (4) (5)
16. Os gases nobres por apresentarem a camada de valência completa possuem grande estabilidade e pequena capacidade de se combinar com outros elementos.	1) (2) (3) (4) (5)
17. Semelhante dissolve semelhante.	1) (2) (3) (4) (5)
18. O modelo atômico formulado pela mecânica quântica é o mais moderno e complexo, ele baseia-se na forma matemática da estrutura atômica.	(1) (2) (3) (4) (5)

Nome do aluno _____

APÊNDICE 27 - Avaliação do projeto

Caro aluno(a), gostaríamos de conhecer as suas impressões sobre o minicurso que você acabou de participar. Seu depoimento é de fundamental importância para esse projeto.

1. As atividades educacionais realizadas durante minicurso (aulas expositivas, atividades experimentais, material de Informática) ajudaram a organizar melhor as suas ideias, facilitando a compreensão sobre as Ligações Químicas?

2. Para você, quais foram os aspectos positivos proporcionados pelo projeto?

3. Em sua opinião quais foram os aspectos negativos do projeto?

4. Em uma escala de 0 a 10, qual nota você atribui ao minicurso?

Obrigado pela participação!

APÊNDICE 28 - Diálogo das entrevistas realizadas com os sujeitos

Categoria 1 - Obstáculo Animista

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALM8- Obstáculo Animista

Entrevistador- As forças de atração que unem dois ou mais átomos é denominada Ligação Química. Os átomos devem sempre ligar-se com o objetivo de possuir oito elétrons na última camada? Você concorda que completar o octeto é adquirir prestígio na sociedade atômica? Explique sua resposta.

ALM8- Silêncio.

Entrevistador leu a pergunta novamente.

ALM8- E não concordo com isso!

Entrevistador- Você não concorda com que parte da pergunta?

ALM8- Os átomos devem sempre ligar-se com o objetivo de possuir oito elétrons na última camada.

Entrevistador- Você não concorda com isso?

ALM8- Não!

Entrevistador- Na sua opinião existe algum átomo estável?

ALM8- Não

Entrevistador- Os gases nobres são encontrados na natureza na forma de átomos isolados porque eles apresentam a última camada da eletrosfera completa, ou seja, com 8 elétrons. Os átomos dos outros elementos, precisam imitar os gases nobres, pois necessitam completar 8 elétrons na última camada para adquirirem estabilidade, por meio de ligação química. Você concorda com essa afirmação? Por que?

ALM8- Porque os elementos querem ser estáveis, então eles têm que ter essa ligação química, eles têm que receber elétrons.

Entrevistador- Toda vez ele recebe elétron? Em que situação ele recebe elétron?

ALM8- Na ligação iônica.

Entrevistador- O que acontece na ligação iônica?

ALM8- Eles compartilham elétrons entre eles.

Entrevistador- E na ligação covalente?

ALM8- Eles compartilham aliás, na ligação iônica eles doam e recebem.

Entrevistador- Existe algum termo nessa questão que você não conhece?

ALM8- Não.

Entrevistador- O que significa camada de valência?

ALM8- São aquelas K, L, M.

Entrevistador- Camada de valência! Não lembra?

ALM8 - Não.

Entrevistador- Os átomos que formam ligações covalentes são aqueles que gostam de elétrons. Explique o que você entendeu dessa afirmação.

ALM8 - Por isso, para ganhar estabilidade!

Entrevistador- Na sua opinião o que seria estabilidade?

ALM8- Silêncio

Entrevistador- Quando um átomo é instável?

ALM8- Quando não possui oito elétrons na camada de valência!

Entrevistador- Você concorda que os átomos que formam ligações covalentes são aqueles que gostam de elétrons?

ALM8- Não, as ligações covalentes são aquelas que os átomos compartilham.

Entrevistador- Nas ligações covalentes das substâncias, ácido clorídrico, HCl, e água, H₂O, o par de elétrons sente maior atração por átomos mais eletronegativos, como o cloro e oxigênio, pois estes têm maior tendência de puxar para si numa ligação, o par de elétrons. Você entendeu essa afirmação? Justifique sua resposta.

ALM8- Silêncio.

Entrevistador- Você saber o que significa eletronegatividade?

ALM8- Não estou lembrada.

Entrevistador- A ligação iônica ocorre entre átomos com vontade de perder elétrons e átomos com vontade de receber. Você concorda com essa afirmação? Por que?

ALM8- Na verdade na ligação iônica eles tendem a perder e receber elétrons, por isso que existe ligação iônica.

Entrevistador- Então você concorda?

ALM8- Sim.

Entrevistador- Se fosse possível visualizar a estrutura de um metal de forma nítida, como você a descreveria?

ALM8- Por mais que os livros mostrem em uma folha de papel, muitos alunos não têm essa imaginação, então é meio complicado por que a gente não consegue enxergar, então eu não conseguiria descrever isso.

Entrevistador- Você não tem elementos suficientes para descrever como seria?

ALM8- Não, não teria.

Entrevistador- Em sua opinião, atribuir características humanas, por exemplo sentimento, necessidade, facilita a aprendizagem de um conceito científico?

ALM8- Para mim acho que atrapalha, na verdade a gente não pode usar esses termos na faculdade, nas escolas no ensino médio em uma dinâmica a gente pode até atribuir, mas não seria o termo correto de utilizar.

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALN3- Obstáculo Animista

Entrevistador - As forças de atração que unem dois ou mais átomos é denominada Ligação Química. Os átomos devem sempre ligar-se com o objetivo de possuir oito elétrons na última camada? Você concorda que completar o octeto é adquirir prestígio na sociedade atômica? Explique sua resposta.

ALN3- Pelo que eu estudei no primeiro período de química geral eu não lembro de nenhum momento o professor ter citado que no final da última camada tinha que ter oito elétrons para completar o octeto, nunca, eu não lembro muito bem. Agora para adquirir prestígio na sociedade atômica eu acho que seria na sociedade de química, para atingir esse nível nesse caso, é porque eu não estou lembrando muito bem o que eu aprendi no primeiro período, foi o que eu entendi, para mim não existe octeto completo na última camada de elétrons, para mim é sobre aquele Linus Pauling, que tem as camadas um 2s assim em diante, um não sei se tem oito elétrons, fiquei com muita dúvida.

Entrevistador- Você sabe o que é regra do octeto?

ALN3- Um elemento tem esta completo com oito pares de elétrons de cada lado, formando o octeto.

Entrevistador. Quando um átomo está com seu octeto completo! o que significa isso para você.

ALN3- Significa que está instável!

Entrevistador- Instável!

ALN3- Sim, instável na sua forma! Não sei se é difícil de manipular ele depois, ou de separa-los dos elementos que rodeiam ele, como o cloro é o melhor exemplo que eu tenho, do sódio com o cloro, foi isso que me lembro.

Entrevistador- Os gases nobres são encontrados na natureza na forma de átomos isolados porque eles apresentam a última camada da eletrosfera completa, ou seja, com 8 elétrons. Os átomos dos outros elementos, precisam imitar os gases nobres, pois necessitam completar 8 elétrons na última camada para adquirirem estabilidade, por meio de ligação química. Você concorda com essa afirmação? Por que?

ALN3- Eu não sei dizer, como lhe falei eu não lembro se tem oito elétrons na última camada, mas para uma forma de octeto eu acho que teria.

Entrevistador. Os átomos que formam ligações covalentes são aqueles que gostam de elétrons. Explique o que você entendeu dessa afirmação.

ALN3- Não sei dizer, mas na minha opinião o que eu sei assim, ligações covalentes são da mesma família, eu acho! Carbono ligando com oxigênio.

Entrevistador- Se eu perguntar o que é uma ligação covalente, o que você me responderia?

ALN3- São ligações da mesma classe de família, gases nobres, não metais, eu não sei lhe explicar! Desculpe!

Entrevistador. Nas ligações covalentes das substâncias, ácido clorídrico, HCl, e água, H₂O, o par de elétrons sente maior atração por átomos mais eletronegativos, como o cloro e oxigênio, pois estes têm maior tendência de puxar para si numa ligação, o par de elétrons. Você entendeu essa afirmação? Justifique sua resposta.

ALN3- Um mais ou menos.

Entrevistador- Você saberia me dizer o que é eletronegatividade?

ALN3- Para mim seria quando um átomo tivesse cargas, um querendo puxar o outro, tipo um maior do que o outro, não sei muito bem explicar não.

Entrevistador. A ligação iônica ocorre entre átomos com vontade de perder elétrons e átomos com vontade de receber. Você concorda com essa afirmação? Por que?

ALN3- Concordo! Agora explicar eu não sei explicar. Eu lembro de ter feito um exercício como está descrito aqui nessa pergunta que tinha um elétron cedendo.

Entrevistador. O que é uma ligação iônica?

ALN3- É que faz um átomo perder elétron, faltando um elétron na sua camada, por exemplo um que é sete na camada dele acho que é o sódio! Não se lhe dizer.

Entrevistador. Se fosse possível visualizar a estrutura de um metal de forma nítida, como você a descreveria?

ALN3- Eu acho que vi em um livro que seria assim cheio de moléculas, assim cheio de bolinhas dependendo do tamanho do metal a mais ou menos assim todos juntos cheio de bolinhas, só que não tem nem positivo nem negativo, só reunidos num lugar só.

Entrevistador. Em sua opinião, atribuir características humanas, por exemplo sentimento, necessidade, facilita a aprendizagem de um conceito científico?

ALN3- Dependendo para que está ensinando, se for para uma bancada, apresentar um trabalho científico eu não vou falar isso, até porque eles já sabem do que eu estou falando, mas para dar aula a gente está se preparando para isso, sim eu usaria. Eu fazia cursinho antes de entrar aqui, eu tinha uma professora que fazia isso, tipo botava sentimento nos elementos e brincava, isso eu acho que ajudou muita gente a aprender.

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALN4- Obstáculo Animista

Entrevistador- As forças de atração que unem dois ou mais átomos é denominada Ligação Química. Os átomos devem sempre ligar-se com o objetivo de possuir oito elétrons na última camada? Você concorda que completar o octeto é adquirir prestígio na sociedade atômica? Explique sua resposta.

ALN4- É prestígio sim, pois formar o octeto deixa ela mais estável e seria assim mais um diferencial do átomo, para ele ficar mais estabilizado naquela ligação que ele está fazendo.

Entrevistador- Você concorda com as afirmativas?

ALN4- Sim

Entrevistador- Os gases nobres são encontrados na natureza na forma de átomos isolados porque eles apresentam a última camada da eletrosfera completa, ou seja, com 8 elétrons. Os átomos dos outros elementos, precisam imitar os gases nobres, pois necessitam completar 8 elétrons na última camada para adquirirem estabilidade, por meio de ligação química. Você concorda com essa afirmação? Por que?

ALN4- Essa eu não sei! Vamos passar para próxima!

Entrevistador. O que é que você não sabe? Você não entendeu a pergunta?

Entrevistador. O entrevistador leu a e pergunta novamente!

ALN4- Para mim é verdadeiro sim, porque os outros átomos não estão devidamente caracterizados certo com os elétrons, acho que sempre vai faltar, vai tipo meio que emprestar ou doar um elétron para o outro para poder ficar estável. Eu concordo sim com essa afirmação.

Entrevistador- Os átomos que formam ligações covalentes são aqueles que gostam de elétrons. Explique o que você entendeu dessa afirmação.

ALN4- Acho que aqui está dizendo que atraem muitos elétrons nessas ligações covalentes, fazem com que se unam cada vez mais, foi pelo menos o que eu estou entendendo aqui.

Entrevistador- Nas ligações covalentes das substâncias, ácido clorídrico, HCl, e água, H₂O, o par de elétrons sente maior atração por átomos mais eletronegativos, como o cloro e oxigênio, pois estes têm maior tendência de puxar para si numa ligação, o par de elétrons. Você entendeu essa afirmação? Justifique sua resposta.

ALN4- Eu não vou consigo responder essa quatro!

Entrevistador- Você entendeu o que a questão?

ALN4- Silêncio

Entrevistador- O que significa para você eletronegatividade?

ALN4- Eletronegatividade não é aquele que tende a ser negativo? Ou perder algum elétron por ai! É isso que eu entendo.

Entrevistador- É isso que você entende por eletronegatividade.

ALN4- Sim

Entrevistador- A ligação iônica ocorre entre átomos com vontade de perder elétrons e átomos com vontade de receber. Você concorda com essa afirmação? Por que?

ANL4- Essa quinta eu concordo sim! Porque os átomos tendem a perder elétrons e a receber também elétrons. Então vai depender de cada átomo, porque um pode precisar e o outro não, um pode acabar até doando, então essa aqui eu concordo sim.

Entrevistador- Se fosse possível visualizar a estrutura de um metal de forma nítida, como você a descreveria?

ALN4- Essa eu não sei como eu poderia descrever.

Entrevistador leu a pergunta novamente.

ALN4. Acho que estaria os átomos sendo ligados a outros, um pelo menos é o que eu acho!

Entrevistador- Você não consegue visualizar isso?

ALN4- Não eu não consigo visualizar, por isso que estou com dificuldade de responder essa pergunta.

Entrevistador- Em sua opinião, atribuir características humanas, por exemplo sentimento, necessidade, facilita a aprendizagem de um conceito científico?

ALN4- Na minha opinião acho que vai depender de cada pessoa, acho que isso pode sim ajudar mais eu acho que não ficaria tão legal atribuir sentimento aos átomos. Acho que explicando de uma forma mesmo que eles entendam sem falar a, o átomo está triste, está feliz com isso, eles vão conseguir entender do mesmo jeito mais, pode ser que atinja certas pessoas, não uma grande maioria, acho que isso não seria uma forma que facilitaria a aprendizagem, poderia até atrapalhar.

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALN8- Obstáculo Animista

Entrevistador- As forças de atração que unem dois ou mais átomos é denominada Ligação Química. Os átomos devem sempre ligar-se com o objetivo de possuir oito elétrons na última camada? Você concorda que completar o octeto é adquirir prestígio na sociedade atômica? Explique sua resposta.

ALN8- Silêncio

Entrevistador leu a pergunta novamente

ALN8- Eu não entendi essa palavra “prestígio na sociedade atômica”.

ALN8- Acho que poderia ser outra palavra.

Entrevistador- Você sabe o que é a regra do octeto?

ALN8- O que eu lembro é que o octeto tem que ter oito elétrons na última camada para ficar estável.

Entrevistador- Os gases nobres são encontrados na natureza na forma de átomos isolados porque eles apresentam a última camada da eletrosfera completa, ou seja, com 8 elétrons. Os átomos dos outros elementos, precisam imitar os gases nobres, pois necessitam completar 8 elétrons na última camada para adquirirem estabilidade, por meio de ligação química. Você concorda com essa afirmação? Por que?

ALN8- Concordo. La nas ligações químicas é bem claro que para atingir a estabilidade tem que ter oito elétrons na camada de valência.

Entrevistador- Os átomos que formam ligações covalentes são aqueles que gostam de elétrons. Explique o que você entendeu dessa afirmação.

ALN8- Não lembro dessa ligação.

Entrevistador- Ligação covalente?

ALN8- Sim

Entrevistador- Se você se deparasse com uma questão perguntando o que é uma ligação covalente, você não saberia explicar?

ALN8- Não, eu não lembro.

Entrevistador- Nas ligações covalentes das substâncias, ácido clorídrico, HCl, e água, H₂O, o par de elétrons sente maior atração por átomos mais eletronegativos, como o cloro e oxigênio, pois estes têm maior tendência de puxar para si numa ligação, o par de elétrons. Você entendeu essa afirmação? Justifique sua resposta.

ALN8- Silêncio

Entrevistador leu a questão novamente!

ALN8- Silêncio

Entrevistador- Você sabe o que significa eletronegatividade?

ALN8- Não.

Entrevistador- A ligação iônica ocorre entre átomos com vontade de perder elétrons e átomos com vontade de receber. Você concorda com essa afirmação? Por que?

ALN8- concordo!

Entrevistador- Você sabe o que é uma ligação iônica?

ALN8- Eu não lembro bem da ligação iônica, eu lembro bem daquela questão do ânion e cátion, quando perde e ganha elétrons, estou tentando lembrar é que eu esqueci. O ânion recebe e o cátion perde eu acho que é isso!

Entrevistador- Se fosse possível visualizar a estrutura de um metal de forma nítida, como você a descreveria?

ALN8- Não imagino!

Entrevistador- Você não teria como imaginar?

ALN8- Não.

Entrevistador- Em sua opinião, atribuir características humanas, por exemplo sentimento, necessidade, facilita a aprendizagem de um conceito científico?

ALN8- Acho que ajuda!

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALN9- Obstáculo Animista

Entrevistador- As forças de atração que unem dois ou mais átomos é denominada Ligação Química. Os átomos devem sempre ligar-se com o objetivo de possuir oito elétrons na última camada? Você concorda que completar o octeto é adquirir prestígio na sociedade atômica? Explique sua resposta.

ALN9- Eu acho assim, tem alguns elementos químicos que não tem essa regra do octeto completa, até mesmo com eu estudei em química geral, seriam os gases nobres. Para mim eles devem ter os oito elétrons, mas tem algumas exceções que eu não me recordo agora, mas acredito que possa ter sim os oito elétrons na sua última camada.

Entrevistador- Você concorda que completar o octeto é adquirir prestígio na sociedade atômica?

ALN9- Para mim sim! Se completar os oito é completar o octeto, ele vai ter a sua carga mais completa do que os outros, eu vejo como essa a resposta.

Entrevistador- Os gases nobres são encontrados na natureza na forma de átomos isolados porque eles apresentam a última camada da eletrosfera completa, ou seja, com 8 elétrons. Os átomos dos outros elementos, precisam imitar os gases nobres, pois necessitam completar 8 elétrons na última camada para adquirirem estabilidade, por meio de ligação química. Você concorda com essa afirmação? Por que?

ALN9- Sim, porque se eles não tiverem completos, eles não podem fazer algumas ligações eu penso dessa forma eu estudei meu ensino médio com essa proposta.

Entrevistador. Esse termo “precisa imitar” você acha correto?

ALN9- Acho que devia ser ao se “comparar com outros elementos” não imitar porque ele não consegue ser o mesmo né!

Entrevistador- Os átomos que formam ligações covalentes são aqueles que gostam de elétrons. Explique o que você entendeu dessa afirmação.

ALN9- Essa resposta eu não sei lhe informar.

Entrevistador- Nas ligações covalentes das substâncias, ácido clorídrico, HCl, e água, H₂O, o par de elétrons sente maior atração por átomos mais eletronegativos, como o cloro e oxigênio, pois estes têm maior tendência de puxar para si numa ligação, o par de elétrons. Você entendeu essa afirmação? Justifique sua resposta.

ALN9- Mais ou menos!

Entrevistador leu a pergunta novamente.

ALN9- Silêncio

Entrevistador- Você sabe o que significa eletronegatividade?

ALN9- Não ainda não!

Entrevistador- A ligação iônica ocorre entre átomos com vontade de perder elétrons e átomos com vontade de receber. Você concorda com essa afirmação? Por que?

ALN9- Eu acho que é o famoso cátion e ânion né? Alguns doam para outros receberem, o cátion e ânion.

Entrevistador- Então você concorda?

ALN9- Sim

Entrevistador- Se fosse possível visualizar a estrutura de um metal de forma nítida, como você a descreveria?

ALN9- Era para está completa dependente da forma, se for sólida de sódio ou outro material.

Entrevistador- O que você quer dizer como completa?

ALN9- Assim, com as ligações mais ou menos feita, por que tem algumas que não podem ser feitas, completas.

Entrevistador- O que significa para você a expressão “mar de elétrons”?

ALN9- Já escutei, mais anda não procurei estudar essa parte.

Entrevistador- Em sua opinião, atribuir características humanas, por exemplo sentimento, necessidade, facilita a aprendizagem de um conceito científico?

ALN9- Na maioria das vezes tem algumas pessoas que podem saber o nome científico e outras não, então o termo mais fácil eu acho que poderia colocar as duas posições, o meio científico que aquela palavra é falada ou explicada ou também de outra forma para que os outros alunos também possam acompanhar.

Categoria 2- Obstáculo Geral

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALM2- Obstáculo Geral

Entrevistador- Os átomos ligam-se uns aos outros para completar o octeto na camada de valência e, assim adquirir estabilidade. Você concorda está afirmação? Por quê?

ALM2- Sim.

Entrevistador- Porque você concorda?

ALM2- Sim conforme a professora passou na sala de aula, eles teriam que completar o octeto para poder adquirir estabilidade.

Entrevistador- Então isso é bem claro para você?

ALM2- Sim

Entrevistador- Você concorda com a afirmação: a configuração eletrônica do átomo determina o número de ligações iônicas formadas. Explique sua resposta.

ALM2- Um eu não sei. Fiquei com dúvida!

Entrevistador- Você não saberia fazer nenhum comentário sobre isso?

ALM2- Não.

Entrevistador- Toda substância formada por ligação iônica é sólida isso implica que essa ligação é mais forte que a ligação covalente. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.

ALM2- Sim eu concordo.

Entrevistador- Porque você concorda? A ligação iônica é mais forte do que a ligação covalente?

ALM2- Sim, concordo com essa afirmação, até onde eu lembro. A professora de geral explicou que a ligação iônica vai ser mais forte do que a ligação covalente.

Entrevistador- É correto afirmar que a diferença de eletronegatividade entre átomos em uma molécula explica a polaridade da substância. Justifique sua resposta.

ALM2- Silêncio!

Entrevistador- Você lembra o que é eletronegatividade?

ALM2- Não. Eu lembro o que é polaridade, mas eletronegatividade não. **Entrevistador-** A molécula de água é polar ou apolar?

ALM2- polar!

Entrevistador- Porque que ela é polar?

ALM2- Não lembro.

Entrevistador- A vaporização é passagem de uma substância no estado líquido para o estado gasoso. Substâncias que vaporizam a temperatura ambiente, como solventes orgânicos, têm ligações químicas fracas. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.

ALM2- Eu não sei essa.

Entrevistador. Você não saberia responder?

ALM2- Não.

Entrevistador- Qual a sua compreensão sobre a afirmação: a repulsão entre os pares de elétrons ligantes determina a geometria da molécula.

ALM2- Quanto mais os elétrons forem afastados isso vai determinar a geometria da molécula, se ela é linear tetraédrica essas coisas.

Entrevistador- A ligação covalente ocorre pelo compartilhamento de elétrons, isso explica a formação do íon amônio NH_4^+ quando a substância amônia (NH_3) reage com a água? Justifique sua resposta.

ALM2- Silêncio.

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALM7- Obstáculo Geral

Entrevistador- Os átomos ligam-se uns aos outros para completar o octeto na camada de valência e, assim adquirir estabilidade. Você concorda está afirmação? Por quê?

ALM7- Sim.

Entrevistador. Porque você concorda?

ALM7- Porque como aqui diz, na última camada é preciso obter a estabilidade, então são poucos os átomos que contem essa estabilidade, então eles se unem aos outros para poder adquirir isso a estabilidade entre eles na última camada.

Entrevistador- Você concorda com a afirmação: a configuração eletrônica do átomo determina o número de ligações iônicas formadas. Explique sua resposta.

ALM7- Eu creio que sim, dependendo do átomo, vai se ver quantas ligações ele pode fazer com outro átomo.

Entrevistador- Como é que você descobre quantas ligações o átomo pode fazer?

ALM7- Ai tem que ver os elétrons?

Entrevistador. Como você faria para descobrir isso?

ALM7. A eu não sei!

Entrevistador- Toda substância formada por ligação iônica é sólida isso implica que essa ligação é mais forte que a ligação covalente. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.

ALM7- Sim concordo.

Entrevistador- Você acha que a ligação iônica é mais forte que a ligação covalente?

ALM7- Eu estou lembrando de uma aula! mas eu creio que sim, mas não me lembrando agora.

Entrevistador- Você acha que sim, mas não sabe explicar?

ALM7- É.

Entrevistador- É correto afirmar que a diferença de eletronegatividade entre átomos em uma molécula explica a polaridade da substância. Justifique sua resposta.

ALM7- Não

Entrevistador- Não é correto?

ALM7- Não

Entrevistador- Você sabe me explicar o que é eletronegatividade?

ALM7- Eu acho que foi esse assunto que eu fiquei em dúvida no período passado. Foi um dos assuntos que eu mais tive dúvida.

Entrevistador- A vaporização é a passagem de uma substância no estado líquido para o estado gasoso. Substâncias que vaporizam a temperatura ambiente, como solventes orgânicos, têm ligações químicas fracas. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.

ALM7- Sim, de acordo. Com a temperatura ele vai se desfazendo, então ele vai fazendo com que ele se dissolva e forme o vapor. Eu creio que seja isso.

Entrevistador- Qual a sua compreensão sobre a afirmação: a repulsão entre os pares de elétrons ligantes determina a geometria da molécula.

ALM7- Conforme eu for vendo onde o elétron vai se ligar, então vai se formando a sua geometria.

Entrevistador. Qual seria a geometria da molécula de água?

ALM7- Silêncio

Entrevistador. Qual seria a geometria da molécula de CO₂?

ALM7- Silêncio

Entrevistador- A ligação covalente ocorre pelo compartilhamento de elétrons, isso explica a formação do íon amônio NH₄⁺ quando a substância amônia (NH₃) reage com a água? Justifique sua resposta.

ALM7- Silêncio

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALM9- Obstáculo Geral

Entrevistador- Os átomos ligam-se uns aos outros para completar o octeto na camada de valência e, assim adquirir estabilidade. Você concorda está afirmação? Por quê?

ALM9- É sim eu concordo.

Entrevistador. Com o que você concorda?

ALM9- De acordo com o que me ensinaram os átomos precisam ter oito elétrons na última camada para adquirir estabilidade, foi isso que me passaram, me ensinaram assim ensino médio.

Entrevistador- Como átomos que já são estáveis como os gases nobres, conseguem fazer outras ligações? Você saberia me explicar?

ALM9- Não, na verdade eu nunca trabalhei com isso, com os gases nobres.

Entrevistador- Você concorda com a afirmação: a configuração eletrônica do átomo determina o número de ligações iônicas formadas. Explique sua resposta.

ALM9- Determina! Na verdade, eu não sei te dizer se determina o número de ligações, assim a configuração eletrônica, é meio difícil a gente dizer a configuração eletrônica determina, para mim pelo menos!

Entrevistador- Se você verificar a configuração eletrônica de um átomo, você consegue saber quantas ligações ele pode fazer?

ALM9- Só com a distribuição eu acho que não. Para mim eu acho melhor a gente sempre ter alguma coisa, assim, como a gente pode dizer! Para apoiar além da configuração.

Entrevistador- O que seria?

ALM9- Uma tabela, um livro, pesquisa na verdade.

Entrevistador- Se perguntar, quantas ligações o átomo de oxigênio pode fazer, o que você me diria?

ALM9- Duas?

Entrevistador- Porque duas?

ALM9- A não sei, foi um chute!

Entrevistador- Toda substância formada por ligação iônica é sólida isso implica que essa ligação é mais forte que a ligação covalente. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.

ALM9- Não. Porque o que determina não é se é sólido ou não, para mim não é determinante.

Entrevistador- É correto afirmar que a diferença de eletronegatividade entre átomos em uma molécula explica a polaridade da substância. Justifique sua resposta.

ALM9- Eletronegatividade, nossa!

Entrevistador- Você lembra o que é eletronegatividade?

ALM9- Faz tanto tempo, ano passado, tanta coisa, acho que foi no início do período.

Entrevistador- Fica difícil de responder?

ALM9- Fica, é porque esse negócio de polaridade eu não entendi muito bem, foi tudo muito rápido, também tem esse negócio da gente vir do ensino médio sem ter base, assim porque o ensino médio é determinante para você entender o assunto aqui.

Entrevistador- A vaporização é passagem de uma substância no estado líquido para o estado gasoso. Substâncias que vaporizam a temperatura ambiente, como solventes orgânicos, têm ligações químicas fracas. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.

ALM9- Eu acho que não! Dizer só porque evaporou assim, não diz que uma ligação é fraca.

Entrevistador- Você saberia me explicar ou foi só um palpite?

ALM9- Assim com certeza, não, eu não tenho certeza de dizer só porque evaporou a temperatura ambiente a ligação é fraca, eu não saberia te dizer.

Entrevistador- Qual a sua compreensão sobre a afirmação: a repulsão entre os pares de elétrons ligantes determina a geometria da molécula.

ALM9- Não sei.

Entrevistador- Você não tem nada a falar sobre isso?

ALM9- Não.

Entrevistador- A ligação covalente ocorre pelo compartilhamento de elétrons, isso explica a formação do íon amônio NH_4^+ quando a substância amônia (NH_3) reage com a água? Justifique sua resposta.

ALM9- Um! está falando aqui da ligação covalente! Eu acho que nessa ligação aqui está compartilhando, aí forma esse íon.

Entrevistador- Você tem alguma justificativa?

ALM9- Não.

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALN12- Obstáculo Geral

Entrevistador. Os átomos ligam-se uns aos outros para completar o octeto na camada de valência e, assim adquirir estabilidade. Você concorda está afirmação? Por quê?

ALN12- Sim, porque os átomos procuram se ligar uns aos outros como já está dizendo na questão para atingir o octeto e através do octeto eles alcançam a estabilidade, o objetivo é alcançar a configuração eletrônica de um gás nobre.

Entrevistador- O significa regra do octeto?

ALN12- A regra do octeto consiste em, através de uma ligação o elemento atingir a estabilidade, através de oito elétrons na camada de valência ou dois, no caso o hidrogênio, ele atinge a regra do octeto com dois elétrons na camada de valência, não necessariamente oito elétrons, mas com dois elétrons ele atinge igual a configuração eletrônica do Hélio.

Entrevistador. Você concorda com a afirmação: a configuração eletrônica do átomo determina o número de ligações iônicas formadas. Explique sua resposta.

ALN12- Não, eu não saberia te explicar essa. Eu confesso que estou tendo dificuldade em saber sobre as ligações iônicas formadas, mas pela configuração eletrônica do átomo, da para saber quantas ligações ele pode fazer.

Entrevistador. Toda substância formada por ligação iônica é sólida isso implica que essa ligação é mais forte que a ligação covalente. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.

ALN3- Não, necessariamente só porque ela é sólida significa que ela é mais forte do que uma ligação covalente, eu discordo totalmente!

Entrevistador. É correto afirmar que a diferença de eletronegatividade entre átomos em uma molécula explica a polaridade da substância. Justifique sua resposta.

ALN12- Sim. Eu não estou lembrada totalmente, mas quando uma molécula possui diferenças de eletronegatividade elas forma polos, dipolos, o átomo que é mais eletronegativo. Digamos o cloreto de sódio, o cloro tende a atrair os elétrons do sódio, logo ele deforma a nuvem eletrônica da molécula, isso justifica sim que a eletronegatividade entre átomos causa uma polaridade na molécula.

Entrevistador. A vaporização é passagem de uma substância no estado líquido para o estado gasoso. Substâncias que vaporizam a temperatura ambiente, como solventes orgânicos, têm ligações químicas fracas. Você concorda com a afirmação? Justifique sua resposta.

ALN12- Eu não saberia responder essa pergunta! Mas eu creio que isso envolve os pontos de ebulição os pontos físicos, levando para o lado físico, mas eu não sei responder essa pergunta.

Entrevistador. Qual a sua compreensão sobre a afirmação: a repulsão entre os pares de elétrons ligantes determina a geometria da molécula.

ALN12- Essa afirmação se justifica pela teoria de repulsão dos pares de elétrons, que a VESPER, se não me engano, em uma molécula os elétrons vão se arranjar de uma forma que eles evitem o maior contato entre eles, de uma forma que haja menos repulsão. A molécula de H₂O, tem a geometria angular, esses hidrogênios vão se arrumar de uma forma que tenham a menor proximidade um do outro, ai a forma que eles arranjam os elétrons, vai determinar a geometria da molécula.

Entrevistador- No caso da molécula de água que é que faz os hidrogênios ficarem na posição formando um ângulo? Os elétrons ligantes ou não ligantes?

ALN12- Um eu creio que seja os elétrons não ligantes que fazem esse arranjo.

ALN12- Eu não concordo, pois seriam os pares de elétrons que determinam a geometria.

Entrevistador. A ligação covalente ocorre pelo compartilhamento de elétrons, isso explica a formação do íon amônio NH₄⁺ quando a substância amônia (NH₃) reage com a água? Justifique sua resposta.

ALN12- Silêncio.

ALN12- Essa e estou tendo dificuldade, eu não estou conseguindo achar uma resposta.

Categoria 3 - Obstáculo verbal

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALM5- Obstáculo Verbal

Entrevistador- A quantidade de elétrons na camada de valência de um átomo é determinante para o tipo de ligação que será formada. Quando os elétrons de valência são compartilhados entre os átomos a ligação é covalente, sendo formada uma molécula. Nessa afirmação tem algum termo que não está claro para você? Qual a sua compreensão sobre esta afirmação?

ALM5- Sim tenho uma boa compreensão sim.

Entrevistador- Todos os termos são claros para você

ALM5- Sim

Entrevistador- Ligações iônicas são mais comumente encontradas em sólidos iônicos. Estes sólidos são formados por arranjos regulares de um grande número de cátions e ânions unidos entre si por ligações iônicas. O termo "arranjos regulares" ajudou você a entender a ligação iônica? Qual a sua compreensão sobre esse termo?

ALM5- É a forma que eles se formam no espaço. Para mim quando eu penso nisso eu penso na forma que eles se arranjam e nas figuras que são mostradas para nos na graduação, células unitárias.

Entrevistador- Você consegue relacionar o termo arranjos regulares a ligação iônica?

ALM5- Sim.

Entrevistador- A ligação covalente também pode ocorrer entre um átomo que já atingiu a estabilidade eletrônica e que possui pares de elétrons não ligantes, que possa compartilhar com outro, ou outros átomos, que necessitem de dois elétrons para completar sua camada de valência. Você consegue visualizar mentalmente essa situação? Se sim, explique e apresente um exemplo. Se não, destaque termos que você não compreendeu na afirmação.

ALM5- Silêncio.

Entrevistador- Você teria algum exemplo?

ALM5- Não

Entrevistador- Você sabe o que são pares de elétrons não ligantes?

ALM5- Eu acho que aqueles que não estão formando ligações com outros!

Entrevistador- A teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência está baseada na ideia de que os pares eletrônicos ao redor de um átomo central, quer estejam ou não participando das ligações, comportam-se como nuvens eletrônicas que se repelem entre si, de forma a ficarem orientadas no espaço com a maior distância angular possível. Destaque nessa afirmação termos que para você são difíceis de compreender.

ALM5- Não.

Entrevistador- Não existe nenhum termo que você desconhece?

ALM5- Não, para mim ficou bem claro.

Entrevistador- No modelo explicativo sobre a ligação metálica, o metal seria um aglomerado de átomos neutros e cátions, mergulhados em uma nuvem (mar) de elétrons livres. A nuvem de elétrons funcionaria como uma ligação metálica mantendo os átomos unidos. Explique o que você entendeu desta afirmação sobre a ligação metálica.

ALM5- Silêncio.

Entrevistador- leu novamente a questão.

ALM5- Eu acho que por causa de uma animação que nos foi proposta na sala de aula, o elétron fica circulando entre os átomos, sem está parado em constate movimento, não tendo nenhuma orientação nem vertical nem horizontal, ele estaria passando entre os átomos do metal.

Entrevistador- Quando você ouve a expressão mar de elétrons a qual tipo de ligação química você relaciona?

ALM5- Metálica, porque eu acho que esse termo é usado muito para explicar a explicação metálica.

Entrevistador- As perguntas acima apresentaram vários termos que tinham a finalidade de tornar as afirmações sobre as ligações químicas mais didáticas e compreensíveis. Para você estes termos ajudaram ou confundiram seu entendimento sobre o assunto? Por quê?

ALM5- Eu creio que ajuda e muito entender algumas coisas que para nós são sem explicação como por exemplo, o brilho do metal, ele vai explicar através da ligação porque esse brilho ou explicar. Eu creio que esses termos ajudam sim a entender a ligação.

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALM16- Obstáculo Verbal

Entrevistador- A quantidade de elétrons na camada de valência de um átomo é determinante para o tipo de ligação que será formada. Quando os elétrons de valência são compartilhados entre os átomos a ligação é covalente, sendo formada uma molécula. Nessa afirmação tem algum termo que não está claro para você? Qual a sua compreensão sobre está afirmação?

ALM- 16- Para mim é uma a afirmação verdadeira. Bom eu entendi mas pode ser covalente, iônica. Para mim todos os termos estão claros.

Entrevistador- Ligações iônicas são mais comumente encontradas em sólidos iônicos. Estes sólidos são formados por arranjos regulares de um grande número de cátions e ânions unidos entre si por ligações iônicas. O termo "arranjos regulares" ajudou você a entender a ligação iônica? Qual a sua compreensão sobre esse termo?

ALM16- Bom a ligação iônica é entre um cátion e um ânion como ele explica aqui. Eu acho que o termo arranjos regulares ajudar para que eu possa visualizar na minha mente como seria um sólido iônico.

Entrevistador. Então esses termos arranjos regulares ajudam você a compreender melhor ligação iônica.

ALM16- Sim, porque se fosse arranjos irregulares que existem também eu pensaria em um sólido com ligações quebradas.

Entrevistador- A ligação covalente também pode ocorrer entre um átomo que já atingiu a estabilidade eletrônica e que possui pares de elétrons não ligantes, que possa compartilhar com outro, ou outros átomos, que necessitem de dois elétrons para completar sua camada de valência. Você consegue visualizar mentalmente essa situação? Se sim, explique e apresente um exemplo. Se não, destaque termos que você não compreendeu na afirmação.

ALM16- Quando fala precisa de dois elétrons para completar sua camada de valência, eu já penso logo na distribuição eletrônica, porque quando tem oito elétrons na camada de valência ele já está estável.

Entrevistador. Você tem algum exemplo?

ALM16- Não, agora não.

Entrevistador. Mas os termos colocados na questão estão claros para você?

ALM16. Sim estão.

Entrevistador- A teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência está baseada na ideia de que os pares eletrônicos ao redor de um átomo central, quer estejam ou não participando das

ligações, comportam-se como nuvens eletrônicas que se repelem entre si, de forma a ficarem orientadas no espaço com a maior distância angular possível. Destaque nessa afirmação termos que para você são difíceis de compreender.

ALM16- Um a maioria dessas coisas agente já estudou, então a maioria dos termos aqui eu posso falar um pouquinho.

Entrevistador. Você não teria dificuldade nenhuma?

ALM16- Não

Entrevistador- No modelo explicativo sobre a ligação metálica, o metal seria um aglomerado de átomos neutros e cátions, mergulhados em uma nuvem (mar) de elétrons livres. A nuvem de elétrons funcionaria como uma ligação metálica mantendo os átomos unidos. Explique o que você entendeu desta afirmação sobre a ligação metálica.

ALM16- É acho que aqui necessariamente ele está falando sobre a atração, relacionando o elétron com o cátion, porque o que é importante a gente entender aqui, são as cargas positivas do cátion e as negativas do elétron, mostrando porque estão bem unidos, assim estão no mar de elétrons que tem cátions e assim a ligação é bem forte.

Entrevistador. Esse mar de elétrons estaria presente somente na ligação metálica, ou você poderia encontrar também na ligação iônica e covalente?

ALM16- Um, não só na ligação metálica, mas os elétrons também estão presentes nas outras ligações.

Entrevistador. Se você estivesse lendo um texto e você visse esse termo “mar de elétrons” isso não remeteria diretamente a ligação metálica, poderia ser qualquer outro tipo de ligação?

AML16- Sim poderia.

Entrevistador- As perguntas acima apresentaram vários termos que tinham a finalidade de tornar as afirmações sobre as ligações químicas mais didáticas e compreensíveis. Para você estes termos ajudaram ou confundiram seu entendimento sobre o assunto? Por quê?

ALM16- Bom a maioria desses termos ajudam na verdade porque, as vezes como por exemplo a gente fala de uma ligação iônica ou quando fala de cátions ou elétrons você vai fazer uma ligação com outros assuntos que você já conhecia. É importante usar os termos corretos porque a maioria das vezes a gente tenta facilitar até mesmo por esta num curso de licenciatura ensinam isso bastante, a gente tenta facilitar muito e acaba usando termos errados. Para mim acho que está correto.

Entrevistador. Veja bem a pergunta que saber se estes termos ajudaram ou confundiram seu entendimento sobre o assunto?

ALM16- Bem ajuda mas atrapalha ao mesmo tempo.

Entrevistador- Se você fosse ensinar ligações químicas você usaria esses termos estes termos ou utilizaria os termos como você falou certinhos?

ALM16- Para o aluno de licenciatura não, para os alunos que estão aqui na faculdade não, usar esses termos não seria correto. Para outro tipo de aluno poderia usar esses termos mais fáceis e depois falar o termo certinho.

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALM17- Obstáculo Verbal

Entrevistador - A quantidade de elétrons na camada de valência de um átomo é determinante para o tipo de ligação que será formada. Quando os elétrons de valência são compartilhados entre os átomos a ligação é covalente, sendo formada uma molécula. Nessa afirmação tem algum termo que não está claro para você? Qual a sua compreensão sobre está afirmação?

ALM17- Creio que isso vai depender de qual elemento estamos falando, se for um metal ou um não metal.

Entrevistador- Você entendeu o que está sendo perguntado na afirmação.

ALM17- Sim, isso está claro para mim.

Entrevistador - Ligações iônicas são mais comumente encontradas em sólidos iônicos. Estes sólidos são formados por arranjos regulares de um grande número de cátions e ânions unidos entre si por ligações iônicas. O termo “arranjos regulares” ajudou você a entender a ligação iônica? Qual a sua compreensão sobre esse termo?

ALM17- Existem várias formas dos elementos se combinarem, formar ângulos diferentes sem ser esses arranjos. Esse termo não ajudou muito. Não acho que seja muito adequado para correlacionar a ligação iônica.

Entrevistador - A ligação covalente também pode ocorre entre um átomo que já atingiu a estabilidade eletrônica e que possui pares de elétrons não ligantes, que possa compartilhar com outro, ou outros átomos, que necessitem de dois elétrons para completar sua camada de valência. Você consegue visualizar mentalmente essa situação? Se sim, explique e apresente um exemplo. Se não, destaque termos que você não compreendeu na afirmação.

ALM17- Pode dizer que sim, eu tento imaginar na verdade.

Entrevistador- Você teria algum exemplo?

ALM17- Eu conheço nessa situação o ozônio, ele é um exemplo dessa ligação.

Entrevistador - A teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência está baseada na ideia de que os pares eletrônicos ao redor de um átomo central, quer estejam ou não participando das ligações, comportam-se como nuvens eletrônicas que se repelem entre si, de forma a ficarem orientadas no espaço com a maior distância angular possível. Destaque nessa afirmação termos que para você são difíceis de compreender.

ALM17- O que eu sei é que não se emprega o termo nuvens eletrônicas e sim nuvem eletrônica como se fosse uma coisa só.

Entrevistador- Você não concorda com o termo no plural.

ALM17- Não acho que seja adequado.

Entrevistador - No modelo explicativo sobre a ligação metálica, o metal seria um aglomerado de átomos neutros e cátions, mergulhados em uma nuvem (mar) de elétrons livres. A nuvem de elétrons funcionaria como uma ligação metálica mantendo os átomos unidos. Explique o que você entendeu desta afirmação sobre a ligação metálica.

ALM17- O que eu compreendi é o seguinte! No caso o metal, os átomos do metal, tendem a se unirem, eles contem elétrons que quando unidos passam a formar uma nuvem só de elétrons que é chamada de mar. Para manter os átomos unidos esse mar de elétrons, ele fica entre eles assim circulando, assim até para manter aqueles átomos unidos.

Entrevistador - As perguntas acima apresentaram vários termos que tinham a finalidade de tornar as afirmações sobre as ligações químicas mais didáticas e compreensíveis. Para você estes termos ajudaram ou confundiram seu entendimento sobre o assunto? Por quê?

ALM17- Olha essa linguagem parece ser mais fácil.

Entrevistador- Se você estivesse ensinando para seus futuros alunos ligação química, você utilizaria essa linguagem?

ALM- Sim, eu usaria, é mais fácil.

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALN5- Obstáculo Verbal

Entrevistador- A quantidade de elétrons na camada de valência de um átomo é determinante para o tipo de ligação que será formada. Quando os elétrons de valência são compartilhados entre os átomos a ligação é covalente, sendo formada uma molécula. Nessa afirmação tem algum termo que não está claro para você? Qual a sua compreensão sobre está afirmação?

ALN5- Não, todos são claros para mim. Pelo o que eu estudei a camada de valência é a última cada do átomo que contem elétrons, e a ligação covalente ocorre quando existe um compartilhamento de elétrons, em caso entre átomos que tem a eletronegatividade semelhante ou parecida.

Entrevistador- Qual a principal diferença entre ligação iônica e ligação covalente?

ALN5- A iônica ocorre entre átomos de eletronegatividade, é bem diferente, tipo um metal e um não metal e a covalente já vai acontecer com elementos que tem eletronegatividades próximas, no caso os não metais. Os metais têm poucos elétrons na camada de valência e os não metais tem muitos elétrons ou seja próximo de oito elétrons na camada de valência.

Entrevistador- Ligações iônicas são mais comumente encontradas em sólidos iônicos. Estes sólidos são formados por arranjos regulares de um grande número de cátions e ânions unidos entre si por ligações iônicas. O termo “arranjos regulares” ajudou você a entender a ligação iônica? Qual a sua compreensão sobre esse termo?

ALN5- Sim.

Entrevistador- Para você o que significa arranjos regulares?

ALN5- Tem uma forma regular, mais ou menos fixa, que pode formar cubos coisas assim, figuras geométricas digamos mais no cristalino, forma de cristais.

Entrevistador- A ligação covalente também pode ocorre entre um átomo que já atingiu a estabilidade eletrônica e que possui pares de elétrons não ligantes, que possa compartilhar com outro, ou outros átomos, que necessitem de dois elétrons para completar sua camada de valência. Você consegue visualizar mentalmente essa situação? Se sim, explique e apresente um exemplo. Se não, destaque termos que você não compreendeu na afirmação.

ALN5- Sim consigo, mas não tenho um exemplo agora.

Entrevistador- O que significa eletronegatividade?

ALN5- A grosso modo seria a tendência a atrair elétrons.

Entrevistador- A teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência está baseada na ideia de que os pares eletrônicos ao redor de um átomo central, quer estejam ou não participando das ligações, comportam-se como nuvens eletrônicas que se repelem entre si, de forma a ficarem orientadas no espaço com a maior distância angular possível. Destaque nessa afirmação termos que para você são difíceis de compreender.

ALN5- Todos são tranquilos de entender!

Entrevistador- No modelo explicativo sobre a ligação metálica, o metal seria um aglomerado de átomos neutros e cátions, mergulhados em uma nuvem (mar) de elétrons livres. A nuvem de elétrons funcionaria como uma ligação metálica mantendo os átomos unidos. Explique o que você entendeu desta afirmação sobre a ligação metálica.

ALN5- Vai ter uma nuvem de elétrons e nenhuma ligação, não vai ter nem uma ligação iônica e nem uma ligação covalente já vai ser uma nuvem de elétrons ao redor daqueles átomos que devem formar uma estrutura mais ou menos fixa.

Entrevistador- O que você entende quando houve a expressão “mar de elétrons”?

ALN5- Que seria vários elétrons.

Entrevistador- O mar de elétrons estaria correlacionado a qual tipo de ligação química?

ALN5- Acho que metálica.

Entrevistador- As perguntas acima apresentaram vários termos que tinham a finalidade de tornar as afirmações sobre as ligações químicas mais didáticas e compreensíveis. Para você estes termos ajudaram ou confundiram seu entendimento sobre o assunto? Por quê?

ALN5- Acho que ajuda, porque ligação química é para o aluno de primeiro ano, então primeiro ano não tem muita noção de química aí é uma coisa muito longe da realidade. Acho que você fazendo analogias você vai aproximar mais o aluno de entender uma coisa que ele não consegue ver, tocar então acho que facilita e esses “macetes” acho que ajuda o aluno a lembrar do conceito na hora da avaliação.

Entrevistador- Em nenhum momento você acha que isso atrapalha?

ALN5- Alguns teóricos vão dizer que atrapalha, mas eu acho que ajuda.

Entrevistador- Você usaria esses termos?

ALN5- Sim usaria.

Transcrição da entrevista realizada com o aluno ALN7- Obstáculo Verbal

Entrevistador- A quantidade de elétrons na camada de valência de um átomo é determinante para o tipo de ligação que será formada. Quando os elétrons de valência são compartilhados entre os átomos a ligação é covalente, sendo formada uma molécula. Nessa afirmação tem algum termo que não está claro para você? Qual a sua compreensão sobre esta afirmação?

ALN7- Quando eu olho essa palavra covalente, eu não consigo inserir ela dentro do eixo imaginário da ligação.

Entrevistador- Quais são os tipos de ligação que você conhece?

ALN7- Metálicas, covalentes e iônicas.

Entrevistador- Ok, mas quando você é submetido a palavra covalente, você não consegue saber o que é exatamente a ligação covalente?

ALN7- Sim exatamente.

Entrevistador- Isso seria uma dúvida para você?

ALN7- Sim seria uma dúvida

Entrevistador- Ligações iônicas são mais comumente encontradas em sólidos iônicos. Estes sólidos são formados por arranjos regulares de um grande número de cátions e ânions unidos entre si por ligações iônicas. O termo “arranjos regulares” ajudou você a entender a ligação iônica? Qual a sua compreensão sobre esse termo?

ALN7- Não.

Entrevistador- Arranjos regulares não lembra ligação iônica?

ALN7- Não

Entrevistador- Você sabe o que significa arranjos regulares?

ALN7- Arranjos sim, mas os dois juntos, arranjos regulares não, porque já vem na mente das pessoas arranjos irregulares, aí você fica pensando, você nunca ler uma coisa sem pensar em outra.

Entrevistador- A ligação covalente também pode ocorrer entre um átomo que já atingiu a estabilidade eletrônica e que possui pares de elétrons não ligantes, que possa compartilhar com outro, ou outros átomos, que necessitem de dois elétrons para completar sua camada de valência. Você consegue visualizar mentalmente essa situação? Se sim, explique e apresente um exemplo. Se não, destaque termos que você não compreendeu na afirmação.

ALN7- Os termos seriam ligação covalente novamente e não ligantes.

Entrevistador. Você teria algum exemplo?

ALN7- Nitrogênio.

Entrevistador- A teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência está baseada na ideia de que os pares eletrônicos ao redor de um átomo central, quer estejam ou não participando das ligações, comportam-se como nuvens eletrônicas que se repelem entre si, de forma a ficarem orientadas no espaço com a maior distância angular possível. Destaque nessa afirmação termos que para você são difíceis de compreender.

ALN7- Camada de valência, distância angular, essa coisa do angular para mim é, porque é difícil deles desenharem no quadro de forma que a gente entenda, o professor fica fazendo aquelas linhas, uma é cheia a outra é aberta mostrando que é na profundidade, mas é complicado, o professor diz que é difícil mesmo.

Entrevistador- No modelo explicativo sobre a ligação metálica, o metal seria um aglomerado de átomos neutros e cátions, mergulhados em uma nuvem (mar) de elétrons livres. A nuvem de elétrons funcionaria como uma ligação metálica mantendo os átomos unidos. Explique o que você entendeu desta afirmação sobre a ligação metálica.

ALN7- Silêncio.

Entrevistador- O que significar mar de elétrons para você? Você consegue correlacionar isso a ligação metálica?

ALN7- Não, eu acho que nem me lembro de ter visto. Tem no livro a ligação metálica os átomos totalmente ligados sem ter escape, bem unidos eu diria um bloco e não mar de elétrons.

Entrevistador- As perguntas acima apresentaram vários termos que tinham a finalidade de tornar as afirmações sobre as ligações químicas mais didáticas e compreensíveis. Para você estes termos ajudaram ou confundiram seu entendimento sobre o assunto? Por quê?

ALN7- Acho que ajuda na compreensão ali, mas vai atrapalhar um pouco quando ele tiver de fazer pesquisa.

APÊNDICE 29 - Diálogos dos alunos durante as atividades experimentais

Diálogos dos alunos durante a sequência didática 2 “O que acontece com a água quando ela vaporiza”

ALN10- Ela está se transformando em micropartículas de oxigênio e está subindo para atmosfera, nesse mesmo processo aí podemos observar o processo da chuva.

ALN13- Eu sei que evapora mas não sei explicar.

ALN1- Eu ou contradizer a opinião do ALN10, porque se as ligações quebrassem para se reagrupar eu acho que seria impossível. Eu acho que microscopicamente as moléculas de água vão se agitando como aquecimento até saírem daquele meio, vão saindo na forma de vapor ainda sendo H₂O em momento algum ela vai quebrar.

ALN7- Ela se dissocia, ela separa o hidrogênio do oxigênio essa é a minha opinião.

ALN9- Eu acho que a molécula quebrou por causa do calor.

ALN8- Eu acho que ela fica do mesmo jeito, porque um exemplo é quando a gente vai fazer comida eu coloco a água para ferver e depois coloco a tampa e a água fica toda presa na tampa, ela condensa por isso que eu acho que ela não quebra, eu acho mas não tenho certeza

ALN3- Eu não acho que ela quebra, mas também não sei explicar.

ALN2- Eu também não partilho da ideia que elas se separam, elas se mantem intactas, porque a matéria muda, mas explicar o porque eu não sei.

ALN4- ela só muda de estado físico.

Diálogos dos alunos durante a sequência didática 4 Experimento da régua eletrizada

Pesquisador- Sobre o experimento que acabou de ser realizado alguém poderia me explicar o que foi que aconteceu?

ALN3- A régua tem a capacidade de ‘mexer’ os papeis acho que por causa da eletricidade. No caso o positivo seria o papel

ALN13- Depois de atritar a régua entorta a água.

Pesquisador- Porque ‘entorta’?

ALN13- Não sei

ALN7- entorta porque a régua fica magnetizada, você atrita no cabelo em uma lâ ai a régua fica eletrizada, então em contato com a outra superfície ela tende a repelir

Pesquisador- então isso é uma evidência do que?

ALN7- que a matéria possui cargas elétricas.

Diálogos dos alunos durante a sequência didática 5 Previsão dos alunos após a realização do experimento do ponto de fusão

Pesquisador- após observar o experimento quem foi que fundiu primeiro?

Resposta dos alunos- parafina e sacarose

Pesquisador- aconteceu alguma coisa com o cloreto de sódio?

Resposta dos alunos- Não

Pesquisador- Porque vocês acham que o resultado do experimento aconteceu nessa sequência primeiro a parafina e depois a sacarose e nada com o cloreto de sódio.

ALN7- olha só na parafina e na sacarose eu observei que tinha carbono na sua constituição e no cloreto de sódio não.

ALN3- como foi explicado na aula passada o cloro ele tem na sua camada de valência a força para “puxar” o sódio. Ele tem aquela força para manter ele ali “grudado” ali sem se separar foi por isso que não evaporou não aconteceu nada.

Pesquisador- entre a sacarose e o cloreto de sódio qual dos dois é formado por uma ligação covalente

ALN7- NaCl

Pesquisador- A sacarose é um composto covalente ou iônico

ALN9- é covalente eu acho

Diálogos dos alunos durante a sequência didática 6

Previsão dos alunos após o experimento de condução de corrente elétrica

Pesquisador- o cloreto de sódio no estado sólido não conduziu corrente elétrica mas quando solubilizado em água conduziu. Na opinião de vocês o que foi que aconteceu?

ALN4- eu acho que o sal se solubilizou na água assim fazendo com que misturasse as moléculas de cada um entre si, aí tendo mais carga positiva ou negativa para poder ligar a lâmpada. As moléculas se juntaram

Pesquisador- quem se juntou

ALN4- água com o cloreto de sódio

ALN9- para mim a água fez tipo de ponte de hidrogênio interligando com o cloreto de sódio, podendo ter algo de energia ali.

Pesquisador- como é essa ponte que você fala

ALN9- É parecido juntar pode ter algo de energia ali

ALN7- aconteceu uma reação formando HCl e NaO foi isso que justificou a corrente elétrica

ALN3- a união da água com o cloreto de sódio liberou uma pequena energia que fez a lâmpada acender

ANEXOS

ANEXO 1 – Parecer consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS MENTAIS SOBRE O CONCEITO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS E SUA RELAÇÃO COM OBSTÁCULOS

Pesquisador: Dayan de Araujo Marques

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 33871714.6.0000.5020

Instituição Proponente: Programa de Pós Graduação em Química

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 779.048

Data da Relatoria: 03/09/2014

Apresentação do Projeto:

Trata-se da resposta ao Parecer No. 734.388 do CEP UFAM, de 30/07/2014, do projeto de dissertação de mestrado de Dayan de Araujo Marques, pesquisador responsável e professor da UFAM em Coari, orientado pela Profª Dra. Sidilene Aquino de Farias no Programa de Pós Graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas. O projeto pretende estudar como o desenvolvimento de modelos mentais pode contribuir na superação de obstáculos epistemológicos relacionados à aprendizagem de conceitos de ligações químicas por licenciandos em Química. As informações geradas nesse trabalho servirão para justificar a importância do conhecimento da teoria dos modelos mentais aplicadas ao ensino de química.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Verificar como a teoria de modelos mentais pode orientar a atividade docente na superação de obstáculos epistemológicos relacionados à aprendizagem do conceito de ligações químicas?

Objetivo Secundário:

Levantar os modelos mentais que os alunos possuem sobre ligações químicas provenientes do conhecimento escolar;

Identificar os obstáculos epistemológicos apresentados pelos alunos para o conceito de ligações

Endereço: Rua Teresina, 4950

Bairro: Adrianópolis

CEP: 69.057-070

UF: AM

Município: MANAUS

Telefone: (92)3305-5130

Fax: (92)3305-5130

E-mail: cep@ufam.edu.br



Continuação do Parecer: 779.048

químicas;

Elaborar atividades de ensino que permitam superar os obstáculos epistemológicos apresentados pelos alunos sobre ligações químicas.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O pesquisador responsável descreve:

Riscos:

Poderão ocorrer durante os procedimentos de coleta de dados algum(s) constrangimento(s) decorrente da não compreensão do conceito abordado na pesquisa. Contudo deixamos claro que nossa intenção não é verificar o certo ou errado e sim as respostas mais adequadas a seu contexto. Todas as dúvidas poderão ser esclarecidas a qualquer momento quando solicitado ou quando percebida pelo pesquisador.

Benefícios:

Revitalisar o espírito científico, estimular a criatividade, pensamento crítico, comunicação e colaboração entre os alunos. Aprimorar os modelos mentais de ligações químicas dos alunos, aproximando-os dos modelos mentais aceitos cientificamente

COMENTÁRIO: descrição adequada.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Será uma pesquisa de abordagem qualitativa. Os sujeitos que participarão da pesquisa serão estudantes do primeiro semestre dos cursos de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amazonas. A pesquisa será desenvolvida nas dependências do Departamento de Química. Esse projeto será desenvolvido em quatro etapas. Na primeira etapa, os alunos serão apresentados coletivamente à pesquisa durante os primeiros dias do semestre letivo de 2014, na forma de uma palestra de 30 minutos seguida de um espaço para o esclarecimento de dúvidas. Os participantes que desejarem participar da pesquisa assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e receberão ao término da pesquisa, um certificado onde constará o número de horas de participação. Na segunda etapa, será aplicado um questionário com a intenção de determinar o perfil, conhecer as expectativas sobre o curso e os conhecimentos escolares. O levantamento dos modelos mentais ocorrerá na terceira etapa. Os alunos serão encaminhados ao laboratório de Química Geral do Departamento de Química onde será demonstrado pelo professor pesquisador uma série de experimentos relacionados ao tema ligações químicas. Após a referida demonstração, será aplicado um teste escrito com o uso de imagens onde os alunos expressarão

Endereço: Rua Teresina, 4950

Bairro: Adrianópolis

CEP: 69.057-070

UF: AM

Município: MANAUS

Telefone: (92)3305-5130

Fax: (92)3305-5130

E-mail: cep@ufam.edu.br



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE
DO AMAZONAS - FUA (UFAM)



Continuação do Parecer: 779.048

suas conclusões acerca dos fenômenos ocorridos durante o experimento, respondendo as questões de maneira dissertativa. Na quarta fase, serão desenvolvidas situações de ensino e aprendizagem por meio de minicurso com duração total de 40 horas. No desenvolvimento das situações de ensino e aprendizagem serão elaboradas atividades avaliativas pautadas na Teoria de Modelos Mentais e de Obstáculos Epistemológicos.

A estimativa é a participação de 80 alunos. Critério de Inclusão: O estudante estar matriculado na disciplina Química Geral. Critério de Exclusão: Aluno que efetuar o trancamento da disciplina. Aluno que não participar da primeira etapa da pesquisa.

O Orçamento foi adequadamente detalhado, indica financiamento próprio no valor de R\$ 525,00.

O Cronograma foi readequado nesta versão e prevê que a etapa de coleta de dados terá início em 20/10/2014 e término em 19/12/2014.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha de rosto: ADEQUADA. Foi assinado pelo pesquisador responsável e pela Profa.Dra. Rita de Cássia Saraiva Nunomura, Coordenadora do Programa de Pós Graduação em Química da UFAM.

Termo de Anuência: ADEQUADO. Apresentado o termo de anuência do Instituto de Ciências Exatas da UFAM, que inclui o Curso e o Departamento de Química, de onde serão recrutados os sujeitos da pesquisa e realizadas as atividades do projeto. O termo foi apresentado em papel timbrado e assinado pelo Diretor, Prof. Dr. Cícero Augusto Mota Cavalcante.

Instrumentos de pesquisa: ADEQUADOS. Foram apresentados no projeto completo todos os roteiros de entrevista e formulários que serão utilizados.

TCLE: Nesta versão foram apresentados um TCLE para adultos, um TCLE para os pais/responsáveis de menores participantes e um Termo de Assentimento para os menores se manifestarem sobre sua concordância em participar, todos com texto adequado a atendendo às exigências da Resolução 466/2012-CNS.

Recomendações:

Endereço: Rua Teresina, 4950
Bairro: Adrianópolis **CEP:** 69.057-070
UF: AM **Município:** MANAUS
Telefone: (92)3305-5130 **Fax:** (92)3305-5130 **E-mail:** cep@ufam.edu.br



Continuação do Parecer: 779.048

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto apresenta relevância científica, e atendeu todas às exigências do parecer anterior para adequar-se à Resolução 466/2012-CNS:

- 1) Corrigiu Folha de Rosto;
- 2) Apresentou também o modelo de TCLE para Pais/Responsáveis de menores de idade participantes e o Termo de Assentimento para os menores;
- 3) Adaptou o cronograma com datas para que qualquer contato com os sujeitos somente ocorresse após a aprovação deste protocolo de pesquisa pelo CEP.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

MANAUS, 04 de Setembro de 2014

Assinado por:
Eliana Maria Pereira da Fonseca
(Coordenador)

Endereço: Rua Teresina, 4950

Bairro: Adrianópolis

CEP: 69.057-070

UF: AM

Município: MANAUS

Telefone: (92)3305-5130

Fax: (92)3305-5130

E-mail: cep@ufam.edu.br

ANEXO 2- Roteiro de atividade prática 01

Nome _____

1. Polaridade

OBJETIVO: Analisar a polaridade de álcool, água e parafina.

QUESTÃO PRÉVIA: **Como é possível avaliar a polaridade de um composto, utilizando uma régua eletrizada?**

MATERIAL E REAGENTES

- 3 seringas de 20 mL sem êmbolo
- 3 potinhos dosadores rotulados de água, parafina e álcool
- régua
- papel toalha
- canudos para refrigerante
- bastão de vidro
- base para suporte
- suporte em L
- linha
- tesoura
- papel picado
- parafina líquida*
- água (providenciar)
- álcool etílico* ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)

*A parafina líquida e o álcool etílico não deverão ser descartados.

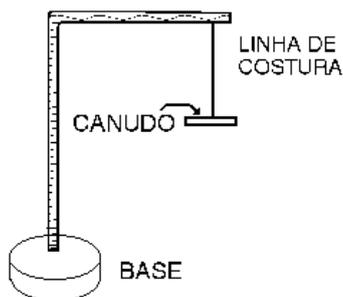
A – Eletrização

PROCEDIMENTO

Espalhar papel picado sobre uma mesa. Atritar uma régua no papel toalha e aproximar dos papéis picados. Anotar suas observações. Explicar o que ocorreu.

Amarrar um canudo no suporte conforme a figura ao lado e atritá-lo no papel toalha. Atritar outro canudo e aproximá-los. Anotar suas observações e explicar o que ocorreu.

Atritar um bastão de vidro com papel toalha e aproximá-lo do canudo suspenso. Anotar suas observações e explicar o que ocorreu.



B – Analisando a polaridade de alguns compostos**PROCEDIMENTO**

Água:

Montar o sistema como mostra o esquema ao lado. Transferir a água do potinho dosador para a seringa tampada.

Atritar a régua no papel toalha seco. Retirar a tampa da seringa e aproximar a régua eletrizada do filete de água, imediatamente, sem tocá-lo.

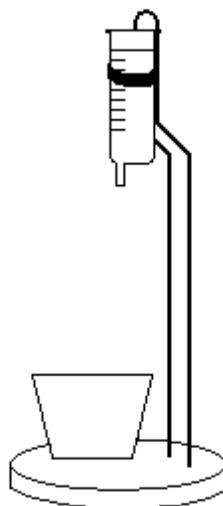
Anotar suas observações e explicar o que ocorreu.

Parafina:

Substituir a seringa e o potinho dosador e repetir o procedimento com parafina líquida*. Observar, anotar e explicar o que ocorreu.

Álcool etílico:

Substituir a seringa e o potinho dosador e repetir o procedimento com álcool*. Observar, anotar e explicar o que ocorreu.



ANEXO 3- Roteiro de atividade prática 02

Nome _____

PONTO DE FUSÃO

OBJETIVO Relacionar o ponto de fusão de diferentes sólidos com a natureza das interações químicas.

QUESTÃO PRÉVIA: **Como relacionar as interações químicas de compostos iônicos e de compostos moleculares analisando o ponto de fusão?**

MATERIAL E REAGENTES

- suporte para aquecimento
- potinho dosador para álcool
- lamparina
- fósforo
- 3 colherinhas
- papel alumínio
- recipiente de fusão
- sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$ - açúcar)
- cloreto de sódio (NaCl - sal de cozinha)
- parafina sólida granulada (C_nH_{2n+2}), $n > 20$
- álcool etílico (CH_3CH_2OH)

PROCEDIMENTO

Forrar o recipiente de fusão com papel alumínio, colocar $\frac{1}{2}$ colherinha de cada composto (cloreto de sódio, parafina e sacarose) nas diferentes cavidades do recipiente de fusão e acoplá-lo no suporte para aquecimento. Aquecer por aproximadamente 3 minutos, tomando o cuidado para não se queimar. Observar a ordem que os compostos se fundem, completando a tabela a seguir:

Composto	Cloreto de sódio (NaCl)	Sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	Parafina sólida (C_nH_{2n+2})
Ordem de fusão			

QUESTÕES

1. De acordo com o observado qual dos materiais possui as mais fortes interações entre as partículas?
 2. Quais dos materiais possuem as mais fracas interações entre as partículas?
- Considerando os conhecimentos adquiridos durante o experimento, responda novamente a questão prévia.

ANEXO 4 - Roteiro de atividade prática 03

Nome _____

CONDUÇÃO DE CORRENTE ELÉTRICA

OBJETIVO

Verificar se determinados compostos e soluções conduzem ou não corrente elétrica.

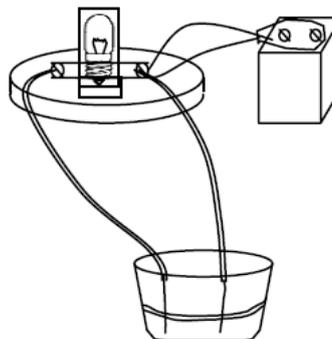
QUESTÃO PRÉVIA: Quais as partículas responsáveis pela condução da corrente elétrica?

MATERIAL E REAGENTES

- 8 potinhos
 - 3 colherinhas
 - bateria 9V
 - esponja de aço
 - água (providenciar)
 - equipamento de condução de corrente elétrica
 - sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$ - açúcar)
 - cloreto de sódio (NaCl - sal de cozinha)
 - parafina líquida*
 - parafina sólida em barra
 - álcool etílico* (CH_3CH_2OH)
- *A parafina líquida e o álcool etílico não deverão ser descartados.**

PROCEDIMENTO

- 8 potinhos
 - 3 colherinhas
 - bateria 9V
 - esponja de aço
 - água (providenciar)
 - equipamento de condução de corrente elétrica
 - sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$ - açúcar)
 - cloreto de sódio (NaCl - sal de cozinha)
 - parafina líquida*
 - parafina sólida em barra
 - álcool etílico* (CH_3CH_2OH)
- *A parafina líquida e o álcool etílico não deverão ser descartados.**



Conectar a bateria ao equipamento de condução de corrente elétrica e inserir os eletrodos (figura) em cada potinho contendo o composto a ser testado, tomando o cuidado de fazer a limpeza das extremidades dos fios de cobre (eletrodos), com esponja de aço, cada vez que trocar o composto teste. Anotar as observações na tabela a seguir:

Composto	Lâmpada acende/não acende	Material conduz/não conduz	Existem íons livres sim/não
Sal de cozinha			
Açúcar			
Água			
Sal de cozinha/ água			
Açúcar/água			
Parafina sólida			
Parafina líquida			
Álcool etílico			

QUESTÃO

Você observou que o cloreto de sódio sólido e a água, quando estão separados, não conduzem eletricidade. Por quê quando são misturados conduzem corrente elétrica? Considerando os conhecimentos adquiridos durante o experimento responda novamente a questão prévia.

ANEXO 5 - Roteiro de atividade prática 04

Nome _____

DILATAÇÃO SUPERFICIAL DE METAIS

OBJETIVO

Verificar como ocorre a dilatação de um metal quando submetido ao calor.

QUESTÃO PRÉVIA: Porque na construção de pontes, edifícios e ferrovias, utilizam-se “espaços” conhecidos como juntas.

MATERIAL E REAGENTES

- Cadeado com chave.
- Alicate.
- Copo com água.
- Vela.



PROCEDIMENTOS

Faça um teste com o cadeado. Abra e feche o cadeado.

Com o auxílio do alicate, você deverá segurar a chave do cadeado e aquecer a mesma na chama da vela por um minuto.

Tente introduzir a chave aquecida no cadeado.

Coloque a chave aquecida dentro do copo com água por dois minutos.

Pegue a chave já resfriada na água e introduza no cadeado e tente abri-lo.

Com base em sua observação, responda a questão prévia.