



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

Análise das ideias dos estudantes sobre os tópicos: estabilidade, tipos de ligações químicas e suas representações

Maurícus Selvero Pazinato^{1,2} (PG)*, Mara Elisa Fortes Braibante¹ (PQ), Ana Carolina Gomes Miranda¹ (PG). *mauriciuspazinato@gmail.com

¹Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Santa Maria, RS.

²Universidade Federal do Pampa, Campus Dom Pedrito, Dom Pedrito, RS.

Palavras-Chave: ligações químicas, ideias, representação.

Área Temática: Ensino e Aprendizagem – EAP.

RESUMO: CONSIDERANDO A IMPORTÂNCIA DAS LIGAÇÕES QUÍMICAS PARA O ENTENDIMENTO DOS FENÔMENOS COTIDIANOS E PARA A CONTINUIDADE DOS ESTUDOS EM QUÍMICA, BUSCAMOS INVESTIGAR AS IDEIAS DE 124 ESTUDANTES DA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO, SOBRE ESTABILIDADE QUÍMICA, TIPOS DE LIGAÇÕES INTERATÔMICAS E SUAS RESPECTIVAS REPRESENTAÇÕES. PARA TANTO, APLICAMOS UM INSTRUMENTO INVESTIGATIVO ELABORADO COM BASE NAS IDEIAS DE TABER (2000) E DE POSADA (1999). OS PRINCIPAIS RESULTADOS REVELAM QUE OS ESTUDANTES NÃO CONSIDERAM A ESTABILIDADE QUÍMICA EM TERMOS ENERGÉTICOS, CONFUNDEM OS TIPOS DE LIGAÇÕES, SENDO A MAIS COMPLEXA PARA ELES A LIGAÇÃO METÁLICA, ALÉM DE APRESENTAREM MUITAS DIFICULDADES NA REPRESENTAÇÃO DAS LIGAÇÕES QUÍMICAS EM SUBSTÂNCIAS.

INTRODUÇÃO

As ligações químicas juntamente com a estrutura atômica são conteúdos fundamentais, considerados os alicerces da Química. Não há como entender os fenômenos da natureza, sob a óptica da Ciência, sem ter uma noção dos conceitos e das leis que regem a estrutura dos átomos e formas como eles se ligam.

Proporcional à importância destes conteúdos é a complexidade dos mesmos. Em específico, neste trabalho o foco de investigação é a aprendizagem das ligações químicas pelos estudantes do ensino médio.

O conteúdo de ligações químicas, por exemplo, requer o entendimento de vários conceitos prévios, tais como: átomo, estabilidade química, propriedades periódicas, entre outros. A necessidade de todos estes pré-requisitos contribui para as dificuldades que os estudantes apresentam no estudo deste tópico (DE POSADA, 1999; FERNANDEZ; MARCONDES, 2006).

Em qualquer nível de ensino, o estudo da Química pressupõe uma agregação de novos conceitos ao conhecimento pré-existente. Desta forma, pode-se afirmar que o entendimento da Química ocorre por meio de um emaranhado de conceitos, que estão interligados. Isto vai ao encontro da ideia de Ausubel, Novak e Hanesian (1983), que sugerem que o conhecimento é



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

estruturado na forma de redes específicas de conceitos, o que fundamenta a teoria da aprendizagem significativa. Os autores distinguem o conhecimento rotineiro ou “memorístico” do significativo, que ocorre quando um novo conhecimento é relacionado com outros conceitos relevantes da estrutura cognitiva. Neste contexto, denominam-se de organizadores os conceitos de maior nível de generalidade e poder inclusivo, que vão permitir a incorporação de novos conhecimentos à estrutura cognitiva.

Assim, o processo de aprendizagem ocorre quando novos conceitos são assimilados pelos estudantes em sua estrutura conceitual. Dentro desta perspectiva, a teoria construtivista indica que a aprendizagem com real compreensão ocorre através de uma transformação de significados e não quando os estudantes apenas acumulam conhecimentos que são transferidos pelos professores. Mortimer (1996) apresenta uma crítica ao sentido que muitos trabalhos construtivistas denotam a “mudança conceitual”, se referindo a esta como uma substituição das ideias iniciais ou alternativas dos estudantes. Corroborando com isso, Vygotsky (1991) afirma que um conceito espontâneo deve se desenvolver até um determinado nível que possibilite ao sujeito a aquisição do conceito científico.

Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho é analisar as ideias dos estudantes da 1ª série do ensino médio, em relação às ligações químicas, mais especificamente à estabilidade química, aos tipos de ligações interatômicas e suas respectivas representações.

Muitas pesquisas têm sido realizadas com a finalidade de averiguar as concepções dos estudantes sobre ligações químicas. Fernandez e Marcondes (2006) realizaram um levantamento bibliográfico na literatura sobre as concepções dos estudantes a respeito das ligações químicas. O intuito desta pesquisa era alertar os professores de todos os níveis de ensino sobre quais são as ideias mais comuns que surgem na abordagem desse tópico. As principais concepções detectadas foram: confusão entre ligação iônica e covalente; os compostos iônicos são vistos como entidades discretas, sem retículos cristalinos; as ligações covalentes são fracas; os elétrons são compartilhados igualmente na ligação covalente; confusão entre ligação covalente e forças inter e intramoleculares; as ligações seriam formadas apenas para satisfazer a regra do octeto; as ligações são rompidas durante uma mudança de estado físico; não há movimento dos elétrons numa ligação; os elétrons de uma ligação pi se movimentam realizando uma figura de um oito ao redor do núcleo; entre outras.

Tan e Treagust (1999) avaliaram o entendimento de conceitos relacionados às ligações químicas de 119 estudantes, através da aplicação de um instrumento diagnóstico de múltipla escolha. Os dados obtidos foram analisados nas seguintes categorias: ligações, estruturas, forças intermoleculares e intramoleculares e condutividade elétrica do grafite. Dentre as diversas discussões realizadas, os autores ressaltam a confusão dos estudantes entre a ligação covalente e iônica, e neste contexto enfatizam problemas durante a explicação dos professores em sala de aula, que



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

representam a ligação iônica como sendo a ligação de um único átomo de sódio com um átomo de cloro, deixando para mais tarde a abordagem do retículo cristalino (TAN; TREAGUST, 1999). Esse é um ponto interessante de ser ressaltado, pois pode levar muitos estudantes a pensar, por exemplo, que na estrutura do cloreto de sódio ocorre uma única ligação iônica, além de potencializar a confusão entre a formação de retículo cristalino e de molécula.

Outra pesquisa que é interessante de ser destacada é a de Mortimer et al. (1994). Os autores discutem as respostas de uma questão da 2ª fase do vestibular da Universidade Federal de Minas Gerais, em que os candidatos deveriam responder três itens para acertarem totalmente a questão. A análise centra-se no terceiro item, em que os candidatos foram solicitados a avaliar a afirmação “*O que estabiliza o cloreto de sódio é a formação de octetos de elétrons de valência nos íons cloreto e sódio*”, como verdadeira ou falsa e justificar sua opção.

Analisando as respostas, os autores constataram que os estudantes sabiam calcular as variações de entalpias nos itens 1 e 2, sendo que esses resultados demonstravam que não era a regra do octeto que estabilizava a formação do $\text{NaCl}_{(s)}$. Apesar disso, apenas 7,6 % dos estudantes utilizaram justificativas diferentes da regra do octeto para responderem o item 3 desta questão. Os autores se basearam na ideia de “conflito cognitivo” de Piaget, e concluíram que os estudantes enfrentam muitas dificuldades para mudar suas concepções, pois mesmo frente a novas informações (itens 1 e 2) que são consideradas perturbadoras da teoria do octeto, a grande maioria as ignora e segue com sua ideia inicial.

Tendo como referenciais estas e muitas outras pesquisas com propósitos semelhantes, apresentaremos a seguir a metodologia desta investigação.

METODOLOGIA

Este trabalho faz parte de uma pesquisa de doutorado, que visa investigar a aprendizagem do conteúdo de ligações químicas em diferentes situações de ensino. Em uma primeira etapa, que estamos expondo neste trabalho, buscamos conhecer as ideias mais frequentes dos estudantes do nível médio sobre ligações químicas, após o ensino formal deste conteúdo. O enfoque desta investigação é nos seguintes tópicos: estabilidade química, tipos de ligações interatômicas e suas respectivas representações.

A obtenção das informações desta pesquisa foi através de um instrumento investigativo, elaborado com base nas ideias de Taber (2000) e De Posada (1999). Este instrumento foi aplicado a 124 estudantes da 1ª série do ensino médio de duas escolas públicas e uma privada da região de Santa Maria, RS, que já haviam estudado o tópico de ligações químicas.

Nas três primeiras questões buscamos detectar a ideia dos estudantes em relação ao conceito de estabilidade química. Para isso, foram representadas três espécies químicas: Na^+ (cátion monovalente de sódio), Na (átomo de sódio) e Na^- (ânion heptavalente de sódio) e foram propostas alternativas que comparavam suas estabilidades. Além disso, foi solicitado aos



estudantes que justificassem suas escolhas. Por fim, a quarta questão investigava o tipo de ligação predominante em quatro substâncias propostas pelo exercício, bem como a representação de dez unidades estruturais de cada uma nas condições ambientais (Quadro 1).

Considere a representação das três espécies químicas:

A: Na⁺
(Cátion do átomo de sódio)

B: Na
(Átomo de sódio)

C: Na⁻
(Ânion do átomo de sódio)

1) **Assinale a afirmativa correta:**
 a) A é mais estável que B.
 b) A e B são igualmente estáveis.
 c) A é menos estável que B.
 d) Eu não sei qual afirmação é correta.

2) **Assinale a afirmativa correta:**
 a) B é mais estável que C.
 b) B e C são igualmente estáveis.
 c) B é menos estável que C.
 d) Eu não sei qual afirmação é correta.

3) **Assinale a afirmativa correta:**
 a) C é mais estável que A.
 b) C e A são igualmente estáveis.
 c) C é menos estável que A.
 d) Eu não sei qual afirmação é correta.

4) **Denomine o tipo de ligação predominante em cada uma das substâncias do quadro abaixo. Após, represente dez unidades estruturais de cada uma dessas substâncias nas condições ambientais.**

KCl	N ₂
HCl	Ca

Explique as razões de sua escolha:

Quadro 1: Instrumento investigativo.

Inicialmente, os dados foram tratados em uma perspectiva quantitativa com o propósito de obter um diagnóstico geral das ideias dos estudantes. Após foi feita uma análise qualitativa das justificativas apresentadas, a fim de categorizá-las e detectar razões para suas escolhas. Desta forma, esta pesquisa pode ser classificada como descritiva, pois além de levantar as ideias dos estudantes sobre o problema proposto, busca-se uma associação entre variáveis bem como detectar a natureza dessa relação (GIL, 2009).

ANÁLISE DOS DADOS

Em relação às questões sobre a estabilidade química das espécies propostas (Na⁺, Na e Na⁻), um panorama geral das respostas dos estudantes por alternativas é apresentado na Tabela 1.



Tabela 1: Respostas dos estudantes para as questões 1,2 e 3.

A: Na ⁺ Questão 1		B: Na Questão 2		C: Na ⁻⁷ Questão 3	
A é mais estável que B	63,71% (79)	B é mais estável que C	50% (62)	C é mais estável que A	29,84% (37)
A e B são igualmente estáveis	6,45% (8)	B e C são igualmente estáveis	5,65% (7)	C e A são igualmente estáveis	16,13% (20)
A é menos estável que B	29,03% (36)	B é menos estável que C	41,13% (51)	C é menos estável que A	49,19% (61)
Não sabe/não respondeu	0,81% (1)	Não sabe/não respondeu	3,23% (4)	Não sabe/não respondeu	4,84% (6)

Aproximadamente 64%, que corresponde a 79 estudantes, consideram a espécie Na⁺ mais estável que o Na. Grande parte deles (38) justificou a maior estabilidade do cátion devido à presença de oito elétrons na sua camada de valência (*regra do octeto*). Outra justificativa utilizada com certa frequência pelos estudantes foi a *formação de cátion* (22). As duas categorias que emergiram das justificativas mais utilizadas na questão 1, revelam a dificuldade dos estudantes em associar a estabilidade química com a energia das espécies. Por exemplo, para formação do cátion sódio deve ser fornecida uma energia de ionização de 484 KJmol⁻¹, necessária para remover um elétron do átomo neutro (ATKINS; JONES, 2007), o que acarretaria em um aumento na energia do processo. Este tipo de pensamento, que considera as relações de energia entre as espécies, poderia levar os estudantes a preverem que a energia de ionização fornecida ao átomo de sódio o deixaria menos estável que o cátion.

Na segunda questão, exatamente 50% dos alunos acreditam que o Na é mais estável que o Na⁷⁻ e atribuíram isso ao fato do *ânion não existir* (21), a *neutralidade do átomo* (6) ou ao *número de elétrons na camada de valência* (5). Entretanto, um elevado número de alunos, 51, que corresponde a 41,13%, afirma que o ânion é mais estável que o átomo no seu estado fundamental, sendo que 16 deles se basearam na *regra do octeto* para explicar essa estabilidade e 17 justificam pelo *número de elétrons na camada de valência*, fazendo menção a ideia de quem tem mais elétrons na última camada é mais estável.

Quando comparados os dois íons, Na⁺ e Na⁷⁻, 16,13% dos estudantes (20) afirmaram que ambos são igualmente estáveis, dos quais 15 se fundamentam na presença dos oito elétrons nas camadas mais externas das duas espécies (*regra do octeto*). 49,19% (61) pensam que o ânion é menos estável que o cátion e grande parte das suas justificativas foi agrupada nas categorias: *ânion não existe* (18) e *transferência de elétrons* (13), que relaciona a estabilidade com a perda ou ganho de elétrons.



É interessante ressaltar que nenhum dos estudantes relacionou a estabilidade química com a energia das espécies. Suas justificativas ficaram praticamente restritas à regra do octeto e ao número de elétrons, não considerando a estabilidade em termos energéticos.

A quarta questão do instrumento investigou dois aspectos das ligações químicas: classificação dos tipos de ligação e representação. As substâncias propostas no exercício foram: KCl, N₂, HCl e Ca.

A respeito da classificação das substâncias quanto ao tipo de ligação predominante, os resultados obtidos são apresentados na Figura 1, onde os valores entre parênteses representam o número de alunos e a porcentagem respectivamente. O grifo é para destacar as respostas corretas.

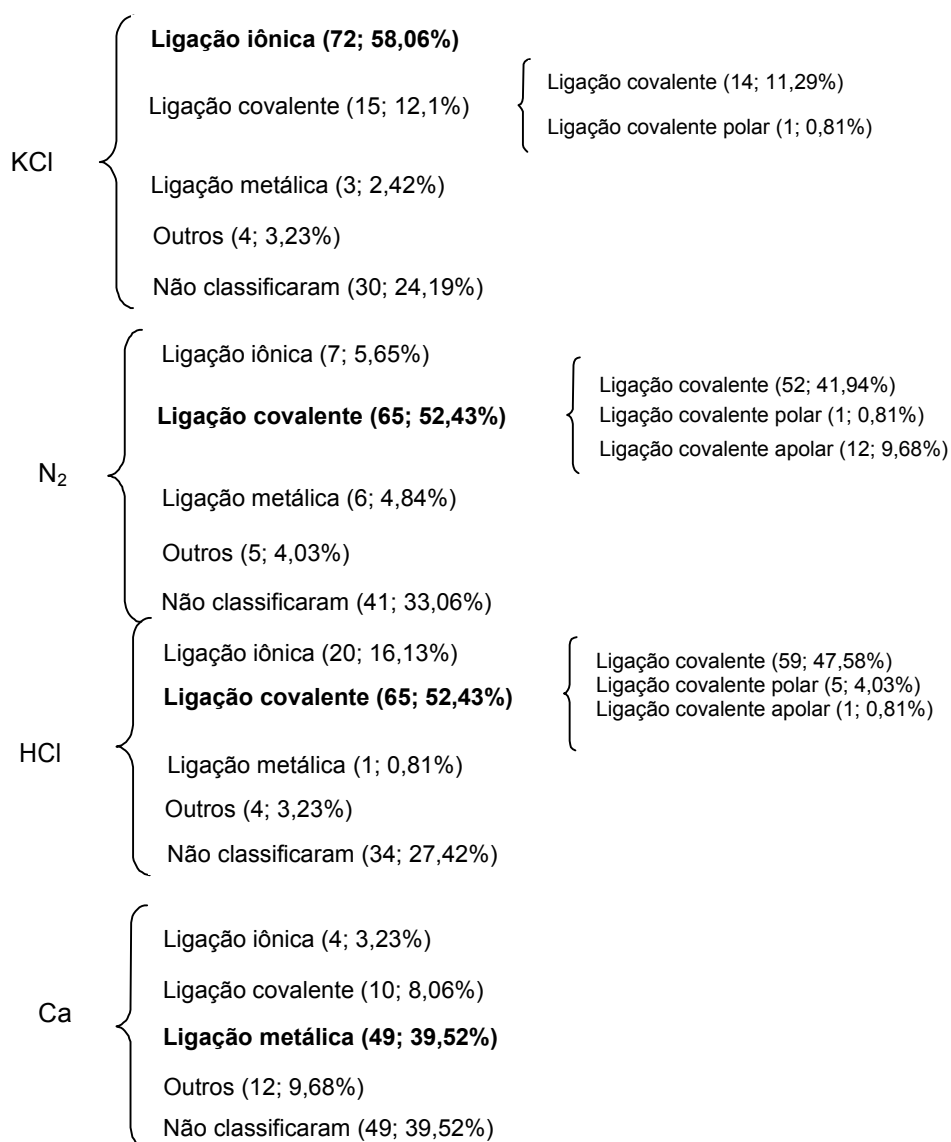


Figura 1: Classificação feita pelos estudantes quanto ao tipo de ligação.



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

Através das respostas obtidas, é perceptível a dificuldade dos estudantes em associar o tipo predominante de ligação em cada substância. A confusão aumenta na ligação metálica, em que menos da metade dos estudantes classificou corretamente e aproximadamente 40% não classificou. Alguns estudos (FERREIRA; CAMPOS; FERNANDES, 2013; ACAR; TARHAN, 2008) revelam que dentre os três tipos de ligações químicas, a ligação metálica é a menos assimilada pelos alunos.

A ligação iônica, predominante no KCl, foi a que um maior número de estudantes (58,06%) associou corretamente. Isto pode ser consequência da ênfase dada em sala de aula para o reconhecimento de que a combinação “metal + não metal” ocorre por meio da ligação iônica. As ligações covalentes, presentes nos compostos N_2 e HCl, foram lembradas por 52,43% dos estudantes. Entretanto, apenas 9,68% e 4,03% deles classificaram quanto a polaridade das mesmas.

A segunda parte da questão 4, solicitava que os estudantes representassem dez unidades estruturais das quatro substâncias propostas pelo exercício nas condições ambientais. Muitos estudantes não representaram as substâncias, não desenvolvendo esta parte do exercício. Em relação ao composto iônico, KCl, 31,45% não representaram as dez unidades estruturais conforme solicitado, para as substâncias covalentes, este número é de 35,48% e para o cálcio metálico o valor aumenta para 64,52%. Estes dados corroboram com pesquisas anteriores, que afirmam que a ligação metálica é mais complexa para os estudantes do ensino médio. Conforme destaca Acar e Tarhan (2008), apesar de conhecerem as propriedades dos metais (altos ponto de fusão e ebulição, maleabilidade, condutividade elétrica, etc.), eles não sabem relacioná-las com a teoria e representação microscópica dessas substâncias.

Dentre as diversas representações, destacamos quatro que representam de maneira geral a ideia da maioria dos estudantes para cada um dos compostos solicitados (Figura 2).

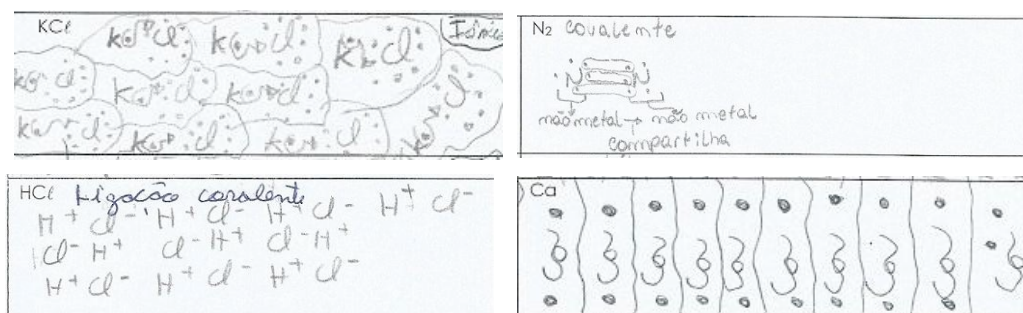


Figura 2: Representação realizada pelos estudantes.

Em relação ao composto iônico, a maioria dos estudantes se preocupou em representar a transferência de elétrons por meio de setas. Para a substância N_2 , muitos estudantes não representaram as dez unidades e



34^o EDEQ
INOVAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
METODOLOGIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E POLITECNIA

UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

enfatazaram o compartilhamento de elétrons. Já no composto HCl, a ideia da eletronegatividade e polaridade foi lembrada por muitos. Dos estudantes que representaram a ligação metálica, grande parte tentou representá-la pela teoria do “mar de elétrons”, modelo de representação mais utilizado pelos livros didáticos para este tipo de ligação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados apresentados neste trabalho evidenciam a permanência de ideias alternativas relacionadas às ligações químicas, mesmo após o desenvolvimento deste tópico no ensino médio. Um dos possíveis motivos para esta constatação, que encontra respaldo na literatura, é a maneira como o conteúdo de ligações químicas é frequentemente abordado em sala de aula. Poucas relações entre os níveis submicroscópico e o macroscópico são feitas, sendo a ênfase voltada para a predição de fórmulas e aplicações de regras. Os resultados obtidos mostram que não há associação, por parte dos estudantes, entre a energia de uma espécie e sua estabilidade química, suas respostas se restringem a contagem de elétrons ou a regra do octeto.

Desta forma, a aprendizagem das ligações químicas está ocorrendo de forma rotineira ou “memorística”. Conforme Vygotsky (1991) e já mencionado anteriormente, é importante o conhecimento das ideias dos estudantes sobre o assunto trabalhado, pois estes conceitos espontâneos devem ser desenvolvidos até que o sujeito adquira o conceito científico.

REFERÊNCIAS

- ACAR, B.; TARHAN, L. Effects of cooperative learning on student's understanding of metallic bonding. **Research in Science Education**, v. 38, n.4, p. 401-420, 2008.
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução de Ricardo Bicca de Alencastro. 3^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. **Psicología educativa**: Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1983.
- DE POSADA, J. M. Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 227-245, 1999.
- FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 20-24, 2006.
- FERREIRA, I. M.; CAMPOS, A. F.; FERNANDES, L. dos S. Concepções alternativas dos alunos sobre ligação metálica. In: Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias, IX, 2013, Girona. **Anais do IX Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias**, 2013, p. 2403-2408.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4^a ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: Para onde vamos?. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p.20-39, 1996.
- MORTIMER, E. F.; MOL, G.; DUARTE, L. P. Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciência?. **Química Nova**, v. 17, n. 2, p. 243-252, 1994.
- TAN, K. C. D.; TREAGUST, D. F. Evaluating students' understanding of chemical bonding. **School Science Review**, v. 81, n. 294, p. 75-83, 1999.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Tradução de J. L. Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1991.