

**CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DOS ESTUDANTES SOBRE LIGAÇÃO QUÍMICA
(Students' misconceptions about chemical bond)**

Lucas dos Santos Fernandes [luckfernandez@hotmail.com]

Angela Fernandes Campos [afernandescampos@gmail.com]

Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior [cristianomarcelinojr@uol.com.br]

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE

Resumo

Este estudo investigou as concepções alternativas de licenciandos em química sobre ligações químicas. O levantamento dessas concepções foi realizado através da aplicação de um questionário envolvendo conceitos de ligação iônica, covalente e metálica, propriedades das substâncias de acordo com o tipo de ligação química e representação espacial. Os resultados mostraram que a maioria dos alunos não conseguiu responder as questões propostas. Aqueles que responderam apresentaram várias concepções em desacordo com as idéias aceitas cientificamente. Essa investigação com estudantes brasileiros refletiu as concepções alternativas reveladas em outras pesquisas internacionais.

Palavras-chave: concepções alternativas; ligação química; ensino de Química.

Abstract

This study investigated misconceptions of chemistry undergraduates on chemical bonds. The survey of these misconceptions was conducted through the application of a questionnaire involving concepts of ionic, covalent, and metallic bond, properties of substances according to the type of chemical bonding and spatial representation. The results showed that most students could not answer the proposed questions. Those who responded had several ideas at odds with the scientifically accepted ideas. This investigation with Brazilian students are in accordance with the misconceptions revealed in international surveys.

Keywords: misconceptions; chemical bond; chemistry education.

Introdução

O conceito Ligação Química é fundamental na química. A natureza da ligação química é revelada a partir da estrutura eletrônica dos átomos e o seu entendimento é importante para a compreensão de diferentes aspectos relacionados à estrutura interna da matéria e às propriedades macroscópicas e microscópicas das substâncias. Conceitos relacionados a esse conhecimento científico associam-se a vários fenômenos e processos, tais como: nas diferentes reações químicas que ocorrem no interior do corpo humano, nas durezas exibidas pelas substâncias e na condutividade elétrica de diferentes materiais.

Os três tipos mais comuns de ligações químicas - iônica, covalente e metálica - fazem parte do currículo químico nos diferentes níveis de ensino. A abstração associada ao tema leva à utilização de diferentes modelos e teorias para a compreensão conceitual das tipologias existentes, tornando esse assunto bastante complexo e potencializando a geração de concepções alternativas por parte dos estudantes (Fernandez & Marcondes, 2006).

As concepções alternativas são consideradas interpretações equivocadas ou errôneas dos estudantes, que estão em desacordo com os padrões aceitos atualmente pela comunidade científica (Boo, 1998; Robinson, 1998). Pozo et al (1991) consideram que elas podem ser de origem

espontânea, transmitida, ou induzida, e analógica. As concepções alternativas de origens espontâneas são formadas devido ao senso comum e às experiências cotidianas dos alunos, baseadas principalmente na percepção dos fenômenos. As transmitidas ou induzidas são adquiridas pelos meios culturais e sociais dos estudantes antes da instrução formal da escola. Desse modo, o estudante chega à escola com idéias sobre os temas científicos que nem sempre são verdadeiras. Por sua vez, as de origem analógicas surgem devido a analogias criadas pelos estudantes ou pelos professores durante a abordagem dos conceitos científicos.

Driver (1988) comenta que as concepções alternativas são bastante estáveis e resistentes a mudança e que muitas vezes persistem apesar de vários anos de ensino formal. Tal consideração tem despertado, desde a década de 1980, um maior interesse sobre as concepções alternativas no processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos. Acredita-se que a partir da identificação dessas concepções o professor tenha mais condições para desenvolver atividades diferenciadas em sala de aula para promover a evolução conceitual dos estudantes em direção às idéias consensuais da comunidade científica (Schnetzler, 1995).

Diferentes estudos tratam das concepções alternativas dos estudantes do ensino médio e do ensino superior sobre ligação química, (Peterson & Treagust, 1989, Boo, 1998, Solbes & Vilches, 1991, Birk & Kurtz, 1999, De Posada, 1993, 1997, 1999, Taber, 1994, Coll & Taylor, 2001, Riboldi, Pliego & Odetti, 2004, Garcia Franco & Garriz Ruiz, 2006, Othman, 2007, Özmen, 2008; Özmen, 2009). Essas pesquisas revelaram que os mesmos: associam ligações fortes apenas a compostos iônicos; não conseguem estabelecer relações coerentes entre polaridade da ligação, moléculas polares e apolares e geometria molecular; não relacionam satisfatoriamente os três níveis de conhecimento químico - representacional, macroscópico e microscópico; associam a formação de ligações fundamentalmente a obtenção de uma camada completa (regra do octeto).

A existência de fortes relações entre o ensino médio e o ensino superior, a necessidade de pesquisas voltadas às instâncias formativas de professores e a identificação dessas ideias em estudantes de Licenciatura em Química motivou o desenvolvimento dessa pesquisa. Assim, resolveu-se investigar quais as concepções alternativas dos licenciandos em química sobre ligação química e se as mesmas refletiam os resultados de outras pesquisas da comunidade química internacional.

Metodologia

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco, no primeiro semestre de 2010, junto a 30 estudantes, do turno noturno, do Curso de Licenciatura em Química que estavam cursando a disciplina Química Inorgânica. A maioria dos estudantes cursou o ensino médio em escola pública, possuía idade entre 19 e 24 anos, era do sexo masculino e havia vivenciado conteúdos de química pela primeira vez no primeiro ano do ensino médio.

A disciplina Química Inorgânica é ministrada no terceiro período do curso de Licenciatura em Química. Possui uma carga horária de noventa horas, sendo 30 horas destinadas aos conteúdos teóricos e 60 horas destinadas à realização de atividades experimentais. A ementa da disciplina contempla: estudo de propriedades físicas e químicas, ocorrências, obtenção e uso dos elementos do bloco 's', 'p', 'd' e seus componentes; estrutura eletrônica dos átomos; **ligação química**; compostos de coordenação; compostos organometálicos.

Coleta e análise dos dados

A pesquisa utilizou procedimentos qualitativos para a obtenção, análise e interpretação dos dados, referindo-se ao caráter subjetivo que envolve os temas tratados. Baseando-se em Minayo

(1994, p.22), ele "trabalha com o universo dos significados, aspirações, crenças, valores e atitudes". Para tanto, pretendeu-se que nos sujeitos pesquisados pudessem ser expressas a singularidade, o aprofundamento e a abrangência da compreensão dos fenômenos estudados.

Os trabalhos de De Posada (1999) e Garcia Franco & Garriz Ruiz (2006) serviram como referencial para a construção de um questionário estruturado contendo duas perguntas e uma terceira questão com afirmações (i-vi) para que os estudantes argumentassem se a mesma era verdadeira ou falsa e justificassem sua escolha. Na análise dos dados, foram utilizados critérios nivelados em satisfatório, parcial e insatisfatório. Os quadros 1 a 4 trazem, respectivamente, as questões utilizadas e os critérios e níveis estabelecidos para as respostas obtidas. No quadro 5, foi abordada a resposta e justificativa esperada.

Os resultados foram organizados e processados, baseados em interpretações próprias, a partir das quais se fizeram as inferências necessárias. Buscou-se a organização dos dados coletados, de modo que eles pudessem revelar como os indivíduos percebem e se relacionam com o fenômeno estudado (Minayo, 1994), trazendo-se citações literais ilustrativas, quando julgado pertinente. A discussão dos resultados foi realizada à luz dos estudos internacionais sobre as concepções alternativas dos estudantes referentes ao ensino e aprendizagem de ligação química.

Quadro 1. **1ª Questão:** O que você entende por ligação iônica, covalente e metálica?

Nível	Critério
Satisfatório	Aquelas em que o aluno mencionou que a ligação iônica ocorria devido a atração entre íons de cargas opostas, que a ligação covalente ocorre com o compartilhamento de elétrons entre as espécies envolvidas na ligação, que na ligação metálica a atração se dá entre cátions e elétrons que estão deslocalizados no metal.
Parcial	Quando o estudante descreveu pelo menos um tipo de ligação corretamente.
Insatisfatório	Aquelas em que o estudante não descreveu corretamente nenhum tipo de ligação.

2ª Questão: Que tipo de ligação e propriedades apresentam as seguintes substâncias nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP): cloreto de sódio, NaCl(s), ácido clorídrico, HCl(g), e cálcio, Ca(s). Em seguida, represente dez partículas de cada uma dessas substâncias.

Quadro 2. Em relação à classificação das ligações presentes nas substâncias químicas.

Nível	Critério
Satisfatório	As respostas em que o estudante classificou corretamente o tipo predominante da ligação: iônica no NaCl, covalente no HCl e metálica no Ca.
Parcial	Aquelas em que o indivíduo classificou corretamente pelo menos uma ligação.

Insatisfatório	Quando o estudante não classificou corretamente todas as ligações.
-----------------------	--

Quadro 3. Propriedades das substâncias químicas.

Nível	Critério
Satisfatório	Quando o estudante descreveu algumas propriedades macroscópicas dessas substâncias. Por exemplo, para compostos iônicos: possuem altos pontos de fusão e ebulição, produzem íons quando dissolvidos em água, são quebradiços e conduzem eletricidade quando dissolvidos ou fundidos. Para substâncias covalentes: geralmente apresentam baixos pontos de fusão e ebulição, podem ser sólidos, líquidos ou gases em condições normais, podem produzir ou não íons quando dissolvidas em água. Para substâncias metálicas: possuem altos pontos de fusão e ebulição, são bons condutores elétricos e térmicos, possuem brilho, são dúcteis e maleáveis.
Parcial	Aquelas em que os estudantes responderam pelo menos uma característica macroscópica de uma das três substâncias.
Insatisfatório	Aquelas em que o estudante não descreveu nenhuma característica correta para cada uma das substâncias.

Quadro 4. Representação das substâncias químicas.

Nível	Critério
Satisfatório	Para composto iônico: retículo cristalino com cátions e ânions ocupando posições definidas. Para substância covalente: entidades discretas com as ligações covalentes direcionais e as forças intermoleculares entre as moléculas. Para substância metálica: estrutura tridimensional com cátions e elétrons distribuídos (modelo do mar de elétrons).
Parcial	Aquelas em que os alunos representaram corretamente pelo menos uma estrutura das três que foram pedidas.
Insatisfatório	Aquelas em que o indivíduo não representou nenhuma estrutura das substâncias.

3º Questão. Nessa questão, foi solicitado que os alunos opinassem se as seis afirmações eram verdadeiras ou falsas e que eles justificassem cada uma de suas respostas. Não foram consideradas as respostas sem justificativas ou sem opinião. Os critérios de avaliação seguem no quadro 5.

Quadro 5. Afirmações da questão 3 com suas respectivas respostas e justificativas esperadas.

Afirmação	Resposta e justificativa esperada
i) Os cristais metálicos se mantêm unidos devido a atração entre íons.	Falsa. Nos metais a força de atração é devida a atração entre cátions e elétrons.

ii) Só os metais conduzem eletricidade no estado sólido.	Falsa. Há substâncias não metálicas que são condutores elétricos no estado sólido como o carbono grafite (covalente).
iii) Todos os compostos covalentes têm ponto de fusão baixo.	Falsa. Há substâncias covalentes com altos pontos de fusão, o diamante, por exemplo, possui alto ponto de fusão.
iv) Nenhum composto covalente conduz eletricidade, seja sólido, fundido ou dissolvido.	Falsa. Há compostos covalentes que conduzem eletricidade quando dissolvidos em água, ex: ácido clorídrico, HCl. A grafite no estado sólido conduz eletricidade.
v) Os cristais iônicos contém moléculas em seu interior.	Falsa. Os compostos iônicos não possuem moléculas discretas em seu interior, mas íons de cargas opostas mantidos próximos devido a atração eletrostática.
vi) A natureza da ligação, seja, metálica, iônica ou covalente é eletrostática.	Verdadeira. Todos os tipos de ligação química têm por origem a atração eletrostática.

Resultados e Discussão

Análise das respostas dos estudantes ao questionário e concepções alternativas identificadas.

O quadro 6 traz uma análise sobre o desempenho dos alunos em definir satisfatoriamente os três tipos de ligação.

Quadro 6. Respostas dos estudantes à primeira questão.

Critério	Número de estudantes	Porcentagem
Satisfatório	3	10%
Parcial	24	80%
Insatisfatório	2	6,6%
Não respondeu	1	3,3%

O quadro 6 mostra que apenas 3 alunos, 10%, conseguiram definir satisfatoriamente os três tipos de ligação. A maioria, 24 alunos, 80%, tem dificuldade em definir ligação iônica, covalente e metálica. Esse fato é também evidenciado em estudos realizados sobre o entendimento da ligação iônica (Taber, 1994), covalente (Peterson e Treagust, 1989) e metálica (Acar e Tarhan, 2008). Uma resposta dos alunos que reflete isso está transcrita a seguir:

“Ligação iônica é quando se tem o compartilhamento de elétrons de elementos químicos diferentes, nesse caso quando temos um metal se ligando a um não-metal existe um compartilhamento de elétrons, nesse caso o par de elétrons fica mais para o átomo eletronegativo, nesse caso o não-metal”.

“Não existe ligação entre os metais: eles são encontrados na forma atômica”;

“As ligações iônicas são mais fortes que as covalentes”

As respostas da segunda questão são apresentadas nos quadros 7-9 para facilitar a análise. Pode-se observar no quadro 7 que mais da metade dos alunos teve dificuldade em classificar as substâncias NaCl, HCl e Ca como iônica, covalente e metálica respectivamente.

Quadro 7. Classificação das ligações químicas.

Nível	Número de estudantes	Porcentagem
Satisfatório	13	43,3%
Parcial	15	50%
Insatisfatório	1	3,3%
Não respondeu	1	3,3%

Essa dificuldade na classificação das ligações também foi identificada em um estudo realizado por Boo (1998). Segundo alguns estudantes:

“NaCl → ligação metálica; HCl → ligação iônica; Ca → ligação covalente”.

O quadro 8 mostra que nenhum aluno conseguiu responder satisfatoriamente sobre as propriedades dos compostos.

Quadro 8. Propriedades dos compostos.

Nível	Número de estudantes	Porcentagem
Satisfatório	0	0%
Parcial	10	33,3%
Insatisfatório	0	0%
Não respondeu	20	66,6%

As propriedades macroscópicas são mais lembradas pelos estudantes que as microscópicas Boo (1998). Porém ficou evidenciado que muitas propriedades não foram mencionadas e que muitos alunos generalizavam suas respostas, como por exemplo:

“Todos os compostos covalentes possuem baixos pontos de fusão”.

Na representação das substâncias, nenhum aluno conseguiu representar corretamente as três estruturas pedidas, conforme está apresentado no quadro 9.

Quadro 9. Representação das substâncias.

Nível	Número de estudantes	Porcentagem
Satisfatório	0	0%
Parcial	2	6,6%
Insatisfatório	7	23,3%
Não respondeu	21	70%

Em um estudo, De Posada (1993), mostrou que os alunos não possuem idéia clara sobre a estrutura interna das substâncias no estado sólido, pois, segundo ele, por exigir abstração e utilização de modelos, os alunos têm bastante dificuldade na representação de estruturas químicas. Nas respostas dos estudantes observou-se que muitos representaram a estrutura do metal cálcio e do cloreto de sódio com átomos no lugar de íons e na representação do cloreto de sódio algumas

respostas continham cristais desenhados com moléculas de NaCl da mesma forma que moléculas de HCl.

Em relação à afirmativa i da terceira questão, apenas 13 alunos responderam, destes, nenhum apresentou a resposta correta, sendo que a maioria, 9 alunos, confundiu a ligação metálica com a ligação iônica, 3 afirmaram que nos metais não existem íons e 1 afirmou que não existem sólidos metálicos. Esses dados estão de acordo com a pesquisa realizada por Acar e Tarhan (2008) com estudantes que apresentaram a seguinte concepção alternativa: *“existem ligações iônicas em metais porque compostos iônicos são bons condutores elétricos”*. Para esses alunos a condução elétrica deve-se unicamente a mobilidade de íons.

Na afirmativa ii, apenas 12 alunos responderam, sendo que, 1 respondeu corretamente e 11 responderam de forma confusa, talvez pela dificuldade em entender os modelos que tentam descrever a estrutura interna dos metais. Esses dados reforçam os estudos de De Posada (1997). Segundo esse autor, os alunos não conseguem relacionar a condução de eletricidade dos metais com o movimento dos elétrons na sua estrutura.

Na afirmativa iii, apenas 10 alunos responderam, sendo que, 6 afirmaram que a ligação covalente é fraca e esse é o motivo dos compostos covalentes possuírem baixos pontos de fusão e 4 apresentaram respostas sem relação direta com a afirmação. A concepção alternativa de que a ligação covalente é fraca foi constatada em um estudo realizado pelos autores Othman, Treagust & Chandrasegaran (2007).

Na afirmativa iv, apenas 9 alunos responderam, sendo que, 5 responderam corretamente, 2 afirmaram que os compostos covalentes não produzem íons quando dissolvidos em água e 2 não apresentaram respostas coerentes com a afirmação. Sobre a idéia de íon De Posada (1999a) afirma que o conceito de íon não é bem assimilado e que existe a confusão entre átomo e íon por boa parte dos estudantes.

Na afirmativa v, apenas 6 alunos responderam, sendo que 4 responderam corretamente e 2 confundiram a ligação iônica com a covalente por causa da existência de moléculas nos compostos covalentes. Em muitos estudos essa concepção alternativa foi identificada: Riboldi, Pliego & Odetti (2004), Boo (1998), Othman, Treagust & Chandrasegaran (2007), Coll & Taylor (2001) e Barker e Millar (2000).

À afirmativa vi, apenas 9 alunos responderam, sendo que, 5 não conseguiram explicar corretamente, 1 afirmava que somente a ligação iônica é de origem eletrostática, 1 afirmava que apenas a ligação metálica é de origem eletrostática, 1 afirmava que apenas as ligações iônicas e metálicas são de origem eletrostática e 1 respondeu corretamente. Solbes & Vilches (1991), afirmam em seu estudo que a origem eletrostática é comum em todas as ligações químicas e que a abordagem eletrostática é a mais adequada didaticamente para o estudo de ligação química.

Garcia Franco & Garritz Ruiz (2006) comentam que o tema ligação química é cercado por vários conceitos que deveriam ser plenamente compreendidos antes da abordagem de ligação química, tais como, átomo, molécula, composto, carga, força elétrica, atração e repulsão.

É importante ressaltar que mesmo após o ensino formal pelo qual os alunos vivenciaram esse assunto na disciplina química geral ofertada no primeiro período curso eles demonstraram uma dificuldade enorme para responder as questões. Além disso, foi surpreendente o número de alunos que deixou as questões em branco. Nesse sentido, Riboldi, Pliego & Odetti (2004) constataram que as concepções alternativas de estudantes pré-universitários e graduandos são semelhantes, e que mesmo após a instrução recebida na universidade, muitas concepções alternativas ainda resistem.

Os resultados da pesquisa evidenciam a necessidade: de elaboração de estratégias didáticas numa perspectiva de ensino que permita ao aluno inferir sobre suas dificuldades no entendimento de ligação química; dos três níveis do conhecimento químico, fenomenológico, teórico e representacional durante a abordagem dessa temática em sala de aula; de contextualização, ou seja, de vincular a abordagem de ligação química com a vida dos alunos a fim de dar significado e sentido ao conhecimento químico contribuindo assim para aprendizagem; de materiais didáticos, em particular, o livro didático, com uma abordagem diferenciada.

Conclusão

Os resultados obtidos nessa investigação mostraram que grande parte dos alunos não conseguiu responder às questões propostas. A maioria dos alunos que respondeu demonstrou diversas concepções alternativas e que várias dessas concepções refletiram os resultados encontrados por outras pesquisas realizadas internacionalmente sobre essa temática.

As respostas dos estudantes reforçam o caráter abstrato e complexo inerente ao assunto de ligação química e a necessidade de elaboração e aplicação em sala de aula de estratégias metodológicas diferenciadas que levem em consideração a problemática retratada. Nesse sentido, os resultados dessa pesquisa contribuíram para que pudéssemos elaborar, aplicar e avaliar uma intervenção didática com esses estudantes baseada numa perspectiva de ensino por situação-problema que oportunamente será divulgada em outro trabalho.

Referências

- Acar, B., & Tarhan, L. (2008). Effects of cooperative learning on students' understanding of metallic bonding. *Research in Science Education*, 38, 401-420.
- Barker, V., Millar, R. (2000). Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 22, 1171-1200.
- Birk, J. P., Kurtz, M. J. (1999). Effect of experience on retention and elimination of misconceptions about molecular structure and bonding. *Journal of Chemical Education*, 76(1),124-128.
- Boo, H. K. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetic of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 569-581.
- Coll, R. K., Taylor, N. (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 171-191
- Driver, R. (1988): Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 109-120.
- De Posada, J. M.. (1993). Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 12-19.
- De Posada, J. M. (1997). Conceptions of High School Students Concerning the internal Structure of Metals and Their Electric Conduction: Structure and Evolution. *Science Education*, 84(4), 445-467.
- De Posada, J. M. (1999). Concepciones de los alumnos sobre El enlace químico antes, durante y después de La enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2),12-19.

Fernandez, C., & Marcondes, M. E. R. (2006). Concepções dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, 24(2), 20-24.

Garcia Franco, A & Garritz Ruiz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: El estudio Del enlace químico em El bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 111-124.

Minayo, M.C.S. (1998). O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo/Rio de Janeiro: Hucitec-Abrasco.

Othman, J. B., Treagust, David F., Chandrasegaran, A. L. (2007). An investigation into the relationship between students' ideas about particles and their understanding of chemical bonding using a two-tier diagnostic instrument. In: Proceedings of the Redesigning Pedagogy: Culture, Knowledge and Understanding Conference, Cingapura. p. 1-31.

Özmen, Haluk. (2008). The influence of computer-assisted instruction on students' conceptual understanding of chemical bonding and toward chemistry: A case for Turkey. *Computers & Education*, 51, 423-438.

Özmen, Haluk., Demircioğlu, Hulya., Demirciouğlu, Gokhan. (2009). The effect of conceptual change texts accompanied with animations on overcoming 11th grade students' alternative conceptions of chemical bonding. *Computers & Education*, 52, 681-695.

Peterson, R. F., Treagust, D. F. (1989). Grade – 12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66(6), 459-460.

Pozo, J. I., Crespo, M. A. Gomez., L. Serrano, M., , Sanz, A.. (1991). *Procesos cognitivos em la comprensión de La ciência: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.

Riboldi, L., Pliego, Ó., Odetti, H. (2004). El enlace químico: una conceptualización poco comprendida. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 195-212.

Robinson, W. R. (1998). An alternative framework for chemical bonding. *Journal of Chemical Education*, 75(9), 1074-1075.

Solbes, J., Vilches, A. (1991). Análisis de La introducción de La teoria de enlaces y bandas. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 53-58.

Taber, K. S. (1994). Misunderstanding the ionic bond. *Education in Chemistry*, 31(4), 100-102.

Recebido em: 30.08.10

Aceito em: 16.12.10