

## O ENSINO DE LIGAÇÃO QUÍMICA POR MEIO DE SITUAÇÃO-PROBLEMA COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

*The chemical bond teaching by situation problem with high school students*

**Samyr Pessoa da Silva** [samyr\_007@hotmail.com]

**Angela Fernandes Campos** [afernandescampos@gmail.com]

*Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife- PE; CEP: 52171-900.*

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

*Recebido em: 02/04/2018*

*Aceito em: 29/10/2018*

### Resumo

Neste estudo foi elaborada uma situação-problema (SP) e atividades a ela vinculadas para abordagem de ligações químicas com estudantes do ensino médio. A SP versou sobre um fenômeno químico evidenciado a partir de um vídeo da internet. Os estudantes refletiram sobre as possibilidades de ocorrência do fenômeno, sua velocidade, o tipo de ligação que ocorria. Também construíram estruturas químicas durante o ensino formal a fim de que os três níveis do conhecimento químico fossem vivenciados durante a abordagem. Para análise das respostas dos estudantes foram estabelecidas categorias denominadas satisfatória, parcialmente satisfatória e insatisfatória. As respostas dos estudantes evidenciaram evolução conceitual. As atitudes deles, como participação e discussão em grupo foram positivas demonstrando potencialidades da abordagem de ensino por SP no contexto escolar.

**Palavras-Chave:** Situação-problema, ligação química, ensino médio.

### Abstract

In this study, a problem situation (PS) and related activities were developed to approach chemical bonds with high school students. The PS focused on a chemical phenomenon evidenced from an internet video. The students reflected on the possibilities of occurrence of the phenomenon, its speed, the type of connection that occurred. They also built chemical structures during formal education so that all three levels of chemical knowledge were experienced during the approach. For the analysis of the students' responses, the so-called satisfactory, partially satisfactory and unsatisfactory categories were established. The students' responses showed a conceptual evolution. Their attitudes, such as group participation and discussion, were positive, demonstrating the potential of the PS approach in the school context.

**Keywords:** Problem situation, chemical Bond, high school.

## Introdução

Ligação química faz parte dos conteúdos curriculares dos ensinos médio e superior brasileiro. Sua compreensão pelos estudantes é de fundamental importância para o entendimento de outros conteúdos relevantes em Química, como reações químicas, equilíbrio químico, termodinâmica, dentre outros. No entanto, devido ao seu caráter abstrato e por demandar dos estudantes o entendimento de modelos e teorias relacionados à ligação química, contribui para que haja dificuldades no processo de aprendizagem dos estudantes. Nesse sentido, a literatura da área de ensino de química, nacional e internacional relata alguns aspectos dessas dificuldades retratadas a seguir: confusão entre ligações covalentes e iônicas (Peterson e Treagust, 1989; De Posada 1993, 1997, 1999; Coll e Taylor, 2001) e iônicas e metálicas (Acar & Tarhan, 2008; Boo, 1998); compostos iônicos existem como moléculas discretas assim como os compostos covalentes e, portanto, as ligações iônicas são entendidas como unidirecionais e sujeitas às mesmas regras de comportamento que as ligações covalentes (Barker e Millar, 2000); os elétrons são igualmente compartilhados em todas as ligações covalentes; as ligações seriam formadas apenas para satisfazer a regra do octeto; ligações covalentes são rompidas durante uma mudança de estado físico (Fernandez & Marcondes, 2006).

Segundo Fernandez & Marcondes (2006) sabendo-se de antemão quais são as dificuldades apresentadas pelos estudantes, facilita a proposição de metodologias específicas para tentar superá-las. Nessa mesma direção Schnetzler (1995) comenta que a partir da identificação das dificuldades de aprendizagem sobre ligação química o professor tem mais condições para desenvolver atividades diferenciadas em sala de aula no sentido de promover a evolução conceitual dos estudantes em direção às ideias aceitas cientificamente. Por isso, nesse estudo optou-se pela abordagem de alguns aspectos da ligação química por meio da abordagem de ensino por situação-problema.

Meirieu (1998) define situação-problema (SP) como *“uma situação didática, na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. Tal aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, se dá quando o sujeito transpõe o obstáculo na realização da tarefa”*. O(s) obstáculo(s) a ser(em) transposto(s) pode(m) envolver o entendimento de um conceito, a articulação entre conceitos ou a eficácia social de uma produção. O esforço no ensino por situações-problema consiste em organizar sistematicamente a interação entre problema/resposta, para que durante a resolução do problema, a aprendizagem se realize. Nesse modelo de ensino o professor assume importantes papéis, a saber: ele é o responsável por pensar no planejamento da(s) situação(ões)-problema(s) e das atividades a ela(s) articuladas; estabelecer como irá se dar a dinâmica de sala de aula durante o processo de resolução da(s) situação(ões)-problema(s); mediar os processos de interação entre os estudantes e possibilitar que sejam desenvolvidos procedimentos e atitudes positivas deles durante o caminho da resolução. Os estudantes assumem posturas ativas em sala de aula com exposição de suas ideias iniciais (hipóteses) referentes a(s) situações-problema(s) enfrentada(s); além disso trabalham em parceria com outros colegas desenvolvendo atitudes esperadas nesse processo como cooperação, interação, respeito por opiniões diversas. Também eles são agentes de construção de seus próprios conhecimentos. Pelo exposto, nesse modelo há a necessidade de superação da abordagem tradicional de ensino (transmissão-recepção), em que os alunos absorvem enormes quantidades de informações, com o propósito de que sejam memorizadas e devolvidas nas avaliações da mesma forma que foram transmitidas pelo professor (Schnetzler, 2004).

Assim, corroboramos com Cachapuz (1999) no sentido que o ponto de partida para aprendizagens significativas pode se dar através de situações-problema, de preferência relativas a contextos reais, que despertem a atenção do aluno e nas quais se possam inserir as temáticas curriculares a estudar. O enfrentamento de situações-problema pelos estudantes, segundo diversos

autores (Meirieu, 1998, Pozo, 1998, Núñez e Silva, 2002 e Perrenoud, 1999, 2000, 2002), possibilita a mobilização de recursos cognitivos como conhecimentos, procedimentos e atitudes que contribuem para o desenvolvimento de competências diversas como, sociais, procedimentais e comunicativas. Sob esse referencial, este estudo propõe investigar como uma situação-problema sobre ligação química vinculada a atividades didáticas contribuem para a aprendizagem dos estudantes de uma escola do ensino médio.

## Metodologia

### Sujeitos da pesquisa

Participaram da pesquisa 33 (E1-E33) estudantes de uma turma do primeiro ano do ensino médio da rede privada de ensino de Pernambuco. Eles foram organizados em 3 grupos com 5 integrantes e 3 grupos com 6 integrantes.

### Elaboração da Situação-Problema sobre ligação química

A situação-problema foi elaborada a partir de um contexto científico que envolve reações entre metais. Além disso, a intervenção didática foi planejada de tal maneira que os estudantes pudessem vivenciar os conteúdos abordados segundo os três níveis de conhecimento químico, a saber: macroscópico (fenomenológico), microscópico (teórico) e representacional (simbólico) (Johnstone, 1982), (Driver, 1988). Esses três níveis devem estar relacionados para que os conteúdos químicos sejam compreendidos de forma mais completa pelos alunos. O quadro 1 a seguir relaciona as orientações propostas por Meirieu (1998) e os objetivos das atividades desenvolvidas com os estudantes.

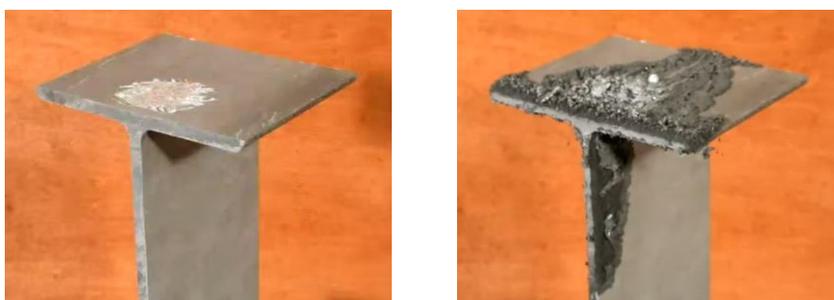
**Quadro 1.** Orientações de Meirieu (1998) para o professor no processo de elaboração de uma SP.

ORIENTAÇÕES DE MEIRIEU	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS
1. Qual o meu objetivo? O que eu quero fazer com que o aluno adquira e que para ele represente um patamar de progresso importante?	Que os estudantes ampliem seus conhecimentos sobre ligações químicas a partir de uma abordagem que contempla os três níveis do conhecimento químico, teórico (microscópico), fenomenológico (macroscópico), representacional.
2. Que tarefa posso propor que requeira, para ser realizada, o acesso a esse objetivo (comunicação, reconstituição, enigma, ajuste, resolução, etc.)?	Possibilitar a participação dos estudantes encorajando-os a emitirem hipóteses e refletirem sobre suas ideias. Apresentação das instruções-alvo para o desenvolvimento das atividades didático-pedagógicas planejadas.
3. Que dispositivo devo instalar para que a atividade mental permita, na realização da tarefa, o acesso ao objetivo? Que materiais, documentos, instrumentos devo reunir?	Apresentação da SP, que consiste num fenômeno químico evidenciado num vídeo selecionado na internet. Instrução formal sobre ligação química com ênfase na ligação metálica. Representação de estruturas químicas com utilização de materiais do

<p>4. Que atividades posso propor que permitam negociar o dispositivo segundo diversas estratégias? Como variar os instrumentos, procedimentos, níveis de orientação, modalidades de reagrupamento?</p>	<p>cotidiano, como jujubas e palitos de dente.</p> <p>Atividades mediadas pela professora com constantes discussões referentes ao tema, interações entre os alunos e entre a professora e os alunos. Atividades em grupo.</p>
---	---

### Apresentação da situação-problema e intervenção didática

Inicialmente foi escolhido um vídeo da internet que trata de reações entre metais, intitulado “Como o mercúrio age sobre o alumínio”, (<https://www.youtube.com/watch?v=-hzULA6U0uQ>) . Devido à toxicidade do metal mercúrio optou-se pelo vídeo e não pela atividade experimental presencial. As imagens da figura 1 ilustram o início e o prosseguimento da reação após alguns minutos.



**Figura 1.** Imagens do vídeo "Como o mercúrio age sobre o alumínio".

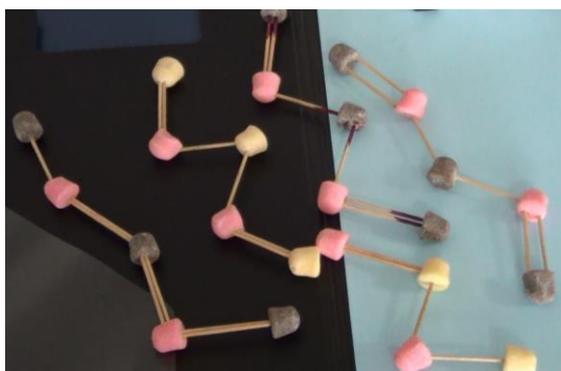
Após a exibição do vídeo foi questionado aos estudantes, como você explica: o fato de se ter janelas, e em alguns casos, portas de alumínio nas residências atualmente? Quais os reagentes e produtos na reação apresentada? Qual(is) tipo(s) de ligação ocorre(m) nestes fenômenos? Descreva como aconteceu a reação apresentada. Represente a(s) ligação(ões) que ocorre(m) neste fenômeno. O vídeo apresentado articulado às questões supracitadas constituíram a situação-problema proposta.

Os alunos reunidos em grupos iniciaram uma discussão a fim de levantar as hipóteses para as questões apresentadas na situação-problema. Em seguida, foi solicitado aos estudantes que realizassem uma busca de informações para as hipóteses levantadas. Apenas 06(seis) estudantes trouxeram indicações consistentes com a ciência de como e porque a reação química se desenrolava daquela forma, traziam uma ilustração que demonstrava que o potencial de oxidação do alumínio é bem maior que o do ferro, o que instigou os outros estudantes. Quando questionados por que o óxido de alumínio não “descamava” como o ferro, não souberam justificar. 12 estudantes assistiram ao vídeo em casa, prestando mais atenção, e mesmo assim alegaram que o líquido gotejado não era mercúrio: – “É um tipo de ácido que está corroendo o metal...” (L. Leal – Estudante ), o que reforça o caráter persistente das concepções prévias dos estudantes. Na aula seguinte a discussão foi retomada e dado início ao ensino formal de ligação química que envolveu uma discussão sobre a reação que ocorre entre o alumínio metálico e o oxigênio do ar (equação 1):



O mercúrio age como um catalisador, acelerando o processo de oxidação pelo fato de não permitir que a película de óxido de alumínio se forme para proteger a superfície do alumínio. Por ser mais denso e líquido, infiltra-se com facilidade através do óxido de alumínio formado e, eletrostaticamente, impede que uma nova camada se acumule na superfície do alumínio, mantendo o processo de oxidação constante (Campbell, 1970).

A distância entre os átomos de alumínio (Al) e oxigênio (O) no  $\text{Al}_2\text{O}_3$  é quase idêntica à distância entre os átomos de alumínio no metal (que é uma das peculiaridades desta ligação). De forma que, quando o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se forma, ele se "encaixa" perfeitamente, como um brinquedo "Lego", em cima dos átomos de  $\text{Al}_{(s)}$  na superfície. Diz-se que os parâmetros de rede do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Al}_{(s)}$  são quase iguais, e por isso, sua adesão à superfície do metal é tão grande. [Tamanho a surpresa para a grande maioria dos estudantes ao explorar as ilustrações e constatar como o processo de passivação do alumínio impedia a continuidade da exposição do substrato ao ar, retardando enormemente o processo de oxidação]. Também se discutiu sobre o cuidado ao manipular substâncias como o mercúrio (que é nocivo à saúde), as aplicações da alumina, a aceleração da oxidação propiciada pelo catalisador. Em seguida, os estudantes realizaram a montagem de modelos moleculares do óxido de alumínio (figura 2), com jujubas e palitos de dente (para ajudar a desenvolver uma visão espacial do que se espera que seja a representação, fora de escala, da molécula em estudo), nível representacional do conhecimento químico.



**Figura 2.** Representação da molécula de alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), feita em sala de aula, pelos estudantes.

Na última aula, os estudantes em seus grupos foram convidados a responderem as questões propostas referentes à situação-problema.

### **Análise das respostas dos estudantes com relação a SP**

A sistematização das respostas dos estudantes foi realizada segundo os critérios “satisfatória”; “parcialmente satisfatória”; “insatisfatória e não respondeu” dispostas de acordo com o que está explícito nos quadros 2-6, tendo como referência o estudo de Lacerda (2012).

**Quadro 2.** Questão 1. Como você explica o fato de se ter janelas, e em alguns casos, portas de alumínio nas residências atualmente?

CRITÉRIOS	RESPOSTA
Satisfatória	Por estarem oxidadas (passivadas), apresentando elevada resistência à continuidade da corrosão (oxidação). Por ser um metal abundante, o alumínio é barato.
Parcialmente Satisfatória	Por serem mais duráveis, por resistirem à corrosão (oxidação); por serem mais baratas.
Insatisfatória	Por que são mais baratas (como única motivação). Por não “enferrujarem”.

**Quadro 3.** Questão 2. Quais os reagentes e produtos na reação apresentada?

CRITÉRIOS	RESPOSTA
Satisfatória	Reagentes: oxigênio e alumínio ; Catalisador: Mercúrio.
Parcialmente Satisfatória	Reagentes: oxigênio e alumínio
Insatisfatória	Reagentes: mercúrio e alumínio

**Quadro 4.** Questão 3. Qual tipo de ligação ocorre neste fenômeno ?

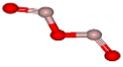
CRITÉRIOS	RESPOSTA
Satisfatória	Ligação iônica
Parcialmente Satisfatória	Ligação metálica e ligação iônica
Insatisfatória	Ligação metálica

**Quadro 5.** Questão 4. Descreva como aconteceu a reação apresentada.

CRITÉRIOS	RESPOSTA
Satisfatória	O mercúrio, por ser mais denso, suspende a camada de óxido de alumínio que se forma, expondo o alumínio metálico ao contato com o oxigênio, favorecendo a continuidade da reação indefinidamente.
Parcialmente Satisfatória	É o oxigênio que oxida o alumínio até ele se transformar em óxido de alumínio. Mas não compreende que o mercúrio acelera este processo.
Insatisfatória	O mercúrio se liga ao alumínio, oxidando ele.

**Quadro 6.** Questão 5. Represente a(s) ligação(ões) que ocorre(m) neste fenômeno.

CRITÉRIOS	RESPOSTA
Satisfatória	$4\text{Al}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ <p>Fórmula balanceada</p> <p> <math display="block">[\ddot{\text{O}}:]^{2-} [\text{Al}]^{3+} [\ddot{\text{O}}:]^{2-} [\text{Al}]^{3+} [\ddot{\text{O}}:]^{2-}</math> </p> <p>O = Al - O - Al = O</p>

	<p>Representação de Lewis, estrutural</p>  <p>Representação de bolas e traços</p>
Parcialmente Satisfatória	Aproximação com quaisquer representações descritas no item anterior, desde que contenha as ligações adequadas.
Insatisfatória	Representações com ligações entre o mercúrio e o alumínio ou com divergências entre o número de ligações possíveis entre os átomos.

## Resultados e Discussão

Com base nas categorias estabelecidas (quadros 2-6), foi possível quantificar as respostas dos estudantes e organizá-las no quadro 7.

**Quadro 7.** Respostas dos estudantes à situação-problema.

QUESTÃO 1		
TIPO DE RESPOSTA	ANTES DA SEQUÊNCIA	APÓS A SEQUÊNCIA
Satisfatória	0	7
Parcialmente Satisfatória	16	10
Insatisfatória	0	16
Não Respondeu	17	0
QUESTÃO 2		
Satisfatória	0	6
Parcialmente Satisfatória	12	10
Insatisfatória	17	17
Não Respondeu	4	0
QUESTÃO 3		
Satisfatória	6	30
Parcialmente Satisfatória	0	0
Insatisfatória	4	3
Não Respondeu	23	0
QUESTÃO 4		
Satisfatória	0	13
Parcialmente Satisfatória	3	6
Insatisfatória	21	14
Não Respondeu	9	0
QUESTÃO 5		
Satisfatória	0	0
Parcialmente Satisfatória		
Insatisfatória	0	3
Não Respondeu	26	26

Inicialmente, na questão 1 nenhum dos estudantes interpretou, de forma cientificamente aceita, a motivação da utilização preferencial do alumínio em janelas e portas. Embora alguns tenham feito considerações importantes, prevaleceram explicações com motivações meramente estéticas e mais da metade do quantitativo não respondeu. Após a investigação, todos os estudantes fizeram proposições, mesmo que metade do quantitativo tenha respondido de forma insatisfatória.

Na questão 2, houve predominância do caráter sensorial (visual), as concepções alternativas prevaleceram, sendo mais numerosa a resposta insatisfatória (sobretudo, a de que a reação se deu entre o mercúrio e o alumínio) e após a pesquisa houve uma reformulação de conceitos, com 6 alunos obtendo resposta satisfatória (Reagentes: oxigênio e alumínio ; Catalisador: Mercúrio).

Na questão 3, observou-se uma ampliação significativa das respostas satisfatórias após a investigação. Antes da intervenção, dois terços dos estudantes, sequer haviam respondido; passando para uma obtenção quase unânime de resposta satisfatória. O quantitativo de estudantes que teve resposta considerada insatisfatória declarou que a ligação formada seria metálica (reiterando o caráter sensorial das concepções alternativas).

Na questão 4 a descrição do fenômeno revelou um aspecto que não havia sido inicialmente contemplado para a avaliação das respostas: a dificuldade de expressão linguística. Segundo os estudantes, uma das maiores dificuldades antes da investigação foi “encontrar as palavras certas” para expressar, de forma científica, o que estavam visualizando; inclusive foi uma das causas do elevado quantitativo de abstenções. Após as investigações e discussão houve uma melhora significativa na interpretação dos dados e proposição de hipóteses, onde 13 estudantes atingiram resposta satisfatória (“*O mercúrio, por ser mais denso, suspende a camada de óxido de alumínio que se forma, expondo o alumínio metálico ao contato com o oxigênio, favorecendo a continuidade da reação indefinidamente.*”) e dobrou o quantitativo de respostas parcialmente satisfatórias (“*É o oxigênio que oxida o alumínio até ele se transformar em óxido de alumínio*”), porém eles não compreenderam que o mercúrio acelera este processo.

A questão 5 foi difícil para os estudantes, não houve “segurança” para, sequer, tentar esboçar qualquer representação, pela grande maioria do grupo (26 dos 33 estudantes). Após a investigação, apenas um dos grupos apresentou evolução conceitual partindo de resposta insatisfatória, para parcialmente satisfatória, sendo o erro no número de ligações de um dos átomos de alumínio estabelecido pelo estudante. É possível que não tenha havido uma abordagem adequada às representações científicas das ligações químicas, quer seja pela metodologia empregada pela professora, por ausência de clareza ou imprecisão das representações constantes no material didático ou pelas próprias dificuldades dos estudantes.

Observou-se também que pelo fato da intervenção envolver o mercúrio suscitou interesse nos estudantes de assuntos transversais como envenenamento por mercúrio através dos peixes contaminados em rios próximos a locais de garimpo.

Finalmente, pode-se inferir que além da evolução conceitual propiciada pela abordagem de ensino por meio de resolução de situação-problema, a aplicação da sequência evidenciou alterações nos conteúdos procedimentais (controle de taxa de variação; formulação de hipóteses; classificação de objetos e sistemas e estabelecimento de conclusões), bem como o aprendizado de conteúdos atitudinais (objetividade, curiosidade, criatividade e pensamento crítico. Também a metodologia empregada potencializou as interações entre os alunos possibilitando a interatividade envolvendo entre pessoas de experiências diversificadas, entre ferramentas interativas e atividades pedagogicamente organizadas. Esse nível de interatividade permite ao estudante apropriar-se e

reconstruir o conhecimento produzido culturalmente em função de suas necessidades e interesses, a partir da reflexão de suas próprias experiências e vivências.

## Conclusões

Pelo exposto, a abordagem da Química por meio de SP nesse contexto escolar pode contribuir para que os alunos tenham maior interesse, participação e aprendizagem de conceitos químicos. No entanto, o planejamento da situação-problema e das atividades a ela relacionadas necessitam ser bem pensadas, planejadas e executadas pelo professor. Isto requer do docente tempo e consciência que a abordagem por resolução de problemas é uma metodologia ativa onde o estudante é peça central no processo de ensino e aprendizagem.

## 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.
- 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.
- Campbell, J. Arthur. *Chemical Systems: Energetics, Dynamics, Structure*. W.H. Freeman & Co. Ltd. 1970.
- Cachapuz, A. (1999). *Epistemologia e ensino das ciências no pós mudança conceptual: análise de um percurso de pesquisa*. Portugal: Aveiro, [s.n.].
- 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 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 material 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 Metal 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.
- Johnstone, A. H. Macro and micro chemistry. *School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

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. (2012). *Química Nova na Escola*, v. 34, n.2, 75-82.

Meirieu, P. (1998). *Aprender... Sim, mas como?* 7. ed. Porto Alegre: Editora Artmed.

Nuñez, I. B.; Silva, S. F. da. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes – reflexões teórico-metodológicas. *Química Nova*, v. 25, n. 6B. São Paulo, nov/dez, p. 1197-1203, 2002.

Perrenoud, P. (1999). *Construir as competências desde a escola*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul,

Perrenoud, P. (2000). *10 Novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.

Perrenoud, P. et al. (2002). *As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação*. Porto Alegre: Artmed Editora.

Pozo, J. I. (org.). (1998). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed.

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

Schnetzler R. P. (2004). Concepções e Alertas sobre a formação continuada de professores de química. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 27-31.