

Estudo com alunos do ensino médio e futuros professores de Química sobre a aplicação do princípio de Le Chatelier.

Jaqueline Fernandes Moura¹ (IC)*, Heliane Sousa da Silva² (PG), José Gonçalves Teixeira Júnior¹ (PQ). fernandes_jaqueline@hotmail.com.

1. Faculdade de Ciências Integradas do Pontal – Universidade Federal de Uberlândia.
2. Instituto de Química – Universidade Federal de Uberlândia

Palavras-Chave: princípio de Le Chatelier, formação de professores, ensino médio.

Resumo: Esta investigação teve como propósito investigar e analisar os conhecimentos de futuros professores de Química sobre Equilíbrio Químico, identificando suas dificuldades e comparar os resultados encontrados com as respostas de alunos do Ensino Médio. Foram investigados 12 licenciandos matriculados no sexto período do curso de Licenciatura em Química e 35 alunos concluintes do Ensino Médio. É possível inferir que os futuros professores possuem conhecimentos que se aproximam dos estudantes do Ensino Médio, principalmente aos que se relacionam com a aplicação do princípio de Le Chatelier a diferentes situações. Desse modo, as análises apresentadas mostram que é necessária a realização de investimentos na formação científica dos futuros professores, tendo em vista que os problemas conceituais dos mesmos podem passar a existir refletido nos conhecimentos apresentados pelos estudantes. Desse modo, se não investirmos na formação docente as dificuldades conceituais relacionadas a equilíbrio químico serão mantidas nos diferentes níveis de ensino.

INTRODUÇÃO

Diversos autores discutem as dificuldades conceituais de alunos do Ensino Médio em aspectos relacionados à temática Equilíbrio Químico. Alguns são dirigidas a conhecer os erros conceituais dos estudantes (WHEELER; KAS, 1974; JOHNSTONE *et al.*, 1977; FURIÓ; ORTIZ, 1983; HACKLING; GARNETT, 1985; GORODETSKY; GUSSARSKY, 1986). Outras investigações têm se preocupado com a busca de explicações para esses erros (BERGQUIST; HEIKKINEN, 1990; BANERJEE, 1991; FURIÓ; ESCOBEDO, 1994; GARNETT *et al.*, 1995; QUÍLEZ; SANJOSÉ, 1995; VAN DRIEL *et al.*, 1998; FURIÓ *et al.*, 2000). Porém, poucos trabalhos investigam estas dificuldades em estudantes universitários (RAVILOLO *et al.* 2001; TEIXEIRA JR; SILVA, 2009).

Este tema é considerado pela maioria dos professores de Química com um dos mais complicados de se ensinar (FINLEY *et al.*, 1982) e os alunos também o consideram como um dos conteúdos mais difíceis de aprender (BUTTS; SMITH, 1987). Dentre as dificuldades enfrentadas pelos discentes nas aprendizagens sobre esse conteúdo, o entendimento, a correta aplicação e a utilização do princípio de Le Chatelier ocupam um lugar de destaque (QUÍLEZ, 1995; 1998).

O resultado de tais investigações chama a atenção para a importância de se deslocar o olhar para as aprendizagens conceituais, que precisam ser analisadas dentro das condições e contextos em que se realizam, pois integram uma das necessidades formativas de professores de Ciências proposta por Carvalho e Gil-Pérez (1993, p. 20): a necessidade do domínio da matéria a ser ensinada.

Encontrar respostas para o fato de que o ensino do conteúdo Equilíbrio Químico era – e ainda o é, salvo raríssimas exceções – reduzido a generalidades, na qual não há “nada para entender”, só fórmulas e fatos (muitas vezes pretensos fatos) a memorizar é um dos objetivos dessa investigação. É importante notar que na escola básica, neste ponto e com relação a esse tipo de prática, parece não haver uma preocupação quanto àquilo que constitui o conteúdo sobre Equilíbrio Químico.

Referimo-nos a preocupações com questões como, por exemplo, que o Equilíbrio Químico dinâmico, para o qual todas as reações químicas tendem, é um aspecto importante da Química, e que é preciso que se conheça a composição de uma mistura de reação no equilíbrio porque ela diz que quantidade de produto pode-se esperar. Além disso, para controlar o rendimento de uma reação, é necessário que se entenda a base termodinâmica do Equilíbrio, e como a posição de equilíbrio é afetada por condições como a temperatura e a pressão. E, ainda, que a resposta do equilíbrio a mudanças de condição tem importância econômica e biológica.

Em investigação anterior (TEIXEIRA JÚNIOR; SILVA, 2009) buscou-se encontrar respostas que possibilitassem entender o porquê dessas dificuldades. As respostas indicaram que não havia uma preocupação sobre “o que, como e porque ensinar equilíbrio químico” na formação inicial docente. Os futuros professores daquela universidade pareciam não receber uma formação prático-teórico suficiente, tanto nas aprendizagens conceituais como no tratamento de como ensinar esse tópico do conteúdo, o que poderia acarretar sérios problemas no processo de ensino e aprendizagem.

Segundo Jiménez e Bravo (2000, p. 538), quando o conhecimento do conteúdo específico é fraco, os professores têm mais idéias alternativas sobre conceitos científicos, o que reforça as próprias idéias alternativas dos estudantes; encontram dificuldades em realizar mudanças didáticas; evitam ensinar os temas que não dominam; têm insegurança e falta de confiança no ensino de Ciências; têm maior dependência do livro-texto, tanto na instrução, como na avaliação; dependem mais da memorização da informação; e podem fomentar atitudes negativas das Ciências nos estudantes. Um maior conhecimento do conteúdo influi no discurso, na classe do professor, já que faz com que este fale menos e em períodos mais curtos, faça menos perguntas, mas de maior nível cognitivo, e avalie melhor as respostas dos estudantes (JIMÉNEZ; BRAVO, 2000, p. 538).

Neste trabalho, buscou-se identificar as dificuldades de futuros professores de Química sobre o princípio de Le Chatelier. Além disso, comparou-se os resultados dessa investigação a outra, realizada pelo mesmo grupo de pesquisadores, com alunos do Ensino Médio. A relevância deste estudo está no fato de que o conhecimento de como ocorrem as aprendizagens dos futuros professores pode fornecer elementos importantes para os formadores organizar, estruturar e apresentar os conhecimentos aos licenciandos, de modo a possibilitar um ensino mais eficaz sobre o assunto.

EQUILÍBRIO QUÍMICO

O estudo do tema Equilíbrio Químico é muito importante, por ampliar e aprofundar a compreensão que o estudante tem da Química, por sua sistematização e articulação com outras idéias e conceitos como a estreita relação com as transformações químicas, atribuindo características dinâmicas fundamentais para a compreensão de grande parte dos processos químicos. Além disso, a idéia de movimento das partículas (moléculas, íons...), associada à questão do dinamismo do equilíbrio, propicia a oportunidade de sistematização e articulação com outros conceitos químicos, como soluções, cinética e outros. Incentivando o estudo deste tema, tem se também um incentivo da capacidade de relacionar os níveis macroscópicos (não são observadas mudanças macroscópicas em um sistema em Equilíbrio Químico) e microscópicas (aspecto dinâmico da coexistência de reagentes e produtos), estabelecendo relações entre os níveis e evidenciando a necessidade da compreensão do observável e do mensurável através de teorias. E, finalmente, a importância deste tema está em

estabelecer relações entre a abordagem matemática e a busca de regularidades para os fenômenos químicos, evidenciando seu papel na predição de comportamentos e controle dos fenômenos.

Lindauer (1962) aponta o papel do conceito de Equilíbrio Químico na ciência e na tecnologia, destacando que, certamente, a Química não seria o que é hoje sem a compreensão que tal conceito propicia, sobre o fenômeno das combinações químicas. Assim, há que se considerar a evolução desse conceito no sentido de evidenciar sua relevância na produção histórica do conhecimento químico.

Este é um tema que possui uma elevada hierarquia conceitual que requer, para a sua compreensão, outros conhecimentos, tais como reação química, gases, estequiometria, noções de cinética e termoquímica. Por isso, o ensino desse conteúdo é uma circunstância propícia para integrar ou aplicar conceitos anteriores e realizar um diagnóstico das dificuldades que perduram, a fim de superá-las com propostas adequadas que facilitem a aprendizagem desse tema complexo.

Ultimamente têm aparecido trabalhos que atribuem a falta de compreensão do Equilíbrio Químico à superposição dos níveis de representação macro e microscópica da Química que habitualmente se dá no ensino (GARNETT *et al.*, 1995; STAVRIDOU; SOLOMONIDOU, 2000). Todos estes trabalhos têm permitido detectar uma grande variedade de dificuldades de aprendizagem. No Brasil, destacam-se os trabalhos publicados por Pereira (1989), Machado (1996), Fiorucci (2001), Milagres e Justi (2001), Soares (2003), Maia (2005), Souza (2007) e, Teixeira Júnior e Silva (2009).

METODOLOGIA

Nessa investigação analisamos as respostas de 12 alunos concluintes do curso de Licenciatura em Química, do sexto período, de uma universidade pública do estado de Minas Gerais, dadas em um questionário semi-estruturado que contava questões referentes ao princípio de Le Chatelier e aplicações deste princípio. O mesmo questionário foi aplicado a uma turma de 35 alunos concluintes do Ensino Médio, de uma escola pública, localizada na cidade de Ituiutaba-MG. A partir da análise dos questionários, foram estabelecidas algumas categorias de classificação das respostas para cada questão. As respostas dos futuros professores obtidas foram analisadas e comparadas às dos alunos do Ensino Médio, à luz de resultados de investigação sobre equilíbrio químico que fundamentaram esta pesquisa (Machado e Aragão (1996); Pardo (1998); Raviolo *et al.* (2001); Atkins e Paula (2003); Quílez (2006); entre outros).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a melhor apresentação e análise, nos resultados apresentados e discutidos a seguir, serão utilizadas as siglas EM (para as respostas dos estudantes do Ensino Médio) e FP (para as respostas dos futuros professores de Química).

Foi lançada a seguinte questão aos dois grupos de estudantes:

Num dos experimentos, você viu uma solução mudar a cor de amarelo para laranja, com a adição de determinado reagente e, depois, voltar a amarelo com a adição de outro reagente. A equação a seguir representa o equilíbrio envolvido neste experimento: $2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$. Sabendo que o íon cromato (CrO_4^{2-}) tem coloração amarela e o íon dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) tem coloração laranja, responda às questões.

Em seguida, foram feitos seis questionamentos a respeito desta questão: a) se o sistema está com coloração laranja, o que isso significaria?; b) e se estivesse com

coloração amarela?; c) se o sistema estiver inicialmente com a coloração amarela e forem adicionadas algumas gotas de ácido clorídrico (HCl), o que ocorre?; d) e se o sistema estiver com a coloração laranja e forem adicionadas algumas gotas de hidróxido de sódio (NaOH), o que ocorre ao sistema?; e) se o sistema estiver com a coloração laranja e forem adicionadas algumas gotas de água (H₂O), o que ocorre ao sistema?; e, f) o que ocorreria ao sistema, caso adicionássemos um catalisador? A análise dessas questões encontra-se a seguir.

Com a intenção de verificar a compreensão dos dois grupos de estudantes a respeito das espécies que estariam em maior e menor concentração no sistema – indicando a coexistência de reagentes e produtos – caso houvesse alteração na coloração do mesmo. No primeiro item, questionou-se aos estudantes o que significaria dizer que o sistema está com coloração laranja. Uma resposta mais adequada aos conceitos cientificamente aceitos seria afirmar que mesmo que a solução tivesse coloração predominantemente laranja, por estar em equilíbrio químico, os íons dicromato estariam coexistindo em maior concentração – por isso a cor laranja – com os íons cromato, que estariam conseqüentemente em menor concentração. As respostas dos alunos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Respostas dos alunos do Ensino Médio e futuros professores de Química à questão: “o que significa dizer que a cor da solução está com coloração laranja”

Categoria	alunos Ensino Médio	futuros professores
maior concentração de íons dicromato	37,0 %	50,0 %
contém apenas íons dicromato	48,2 %	12,5 %
equilíbrio deslocado para a formação de produto (dicromato)	-	37,5 %
em branco / sem resposta	14,8 %	-

Percebe-se que a maioria dos FP (50%) responderam que a cor laranja adquirida pelo sistema indica uma maior concentração de íons dicromato. A mesma resposta foi dada por 37,0% dos EM. Porém, a maioria destes estudantes EM (48,2%) e 12,5% dos FP responderam que existe no sistema apenas íons dicromato, que são os íons responsáveis pela coloração laranja. Para este grupo, os íons cromato e dicromato não estão em equilíbrio no sistema. Um número também considerável de licenciandos (37,5% FP) respondeu relacionando ao deslocamento do equilíbrio. E, 14,8% dos alunos EM deixaram esta questão em branco.

Em seguida, questionou-se o que significaria dizer que a coloração do sistema estaria amarela. Os resultados dessa questão estão na Tabela 2. Percebe-se que dentre os FP, as respostas foram semelhantes às apresentadas na Tabela 1.

Tabela 2: Respostas dos alunos do Ensino Médio e futuros professores de Química à questão: “o que significa dizer que a cor da solução está com coloração amarela”

Categoria	alunos Ensino Médio	futuros professores
Maior concentração de íons cromato	85,20%	50,0 %
Contém apenas íons cromato	3,70%	12,5 %
Equilíbrio deslocado para a formação de reagente (cromato)	0	37,5 %
Não ocorreu reação	7,40%	-
Em branco	3,70%	0

Porém, dentre os estudantes do EM, a maioria (85,2%) respondeu de forma correta, indicando que no sistema existiria uma maior concentração de íons cromato, o que provocaria uma alteração na cor do sistema para amarelo. Um número pequeno de alunos (apenas 3,7%) considerou a existência de apenas íons cromato e a mesma quantidade deixou esta questão em branco. Em compensação, 7,4% destes estudantes consideraram que se o sistema estivesse com coloração amarela, isso significaria que não ocorreu reação química.

No item seguinte, questionou-se aos dois grupos de alunos, o que aconteceria ao sistema caso fossem adicionadas algumas gotas de ácido clorídrico. Esta reação foi realizada em um experimento em sala de aula com o grupo de alunos do EM e é considerada bastante comum para os licenciandos (FP). O resultado da análise das respostas à esta questão, está na Tabela 3.

Tabela 3: Respostas dos alunos do Ensino Médio e futuros professores de Química à questão: “o que aconteceria ao sistema caso fossem adicionadas algumas gotas de ácido clorídrico”

Categoria	alunos Ensino Médio	futuros professores
mudança na coloração da solução (laranja)	22,20%	25%
desloca o equilíbrio para direita	33,30%	12,50%
a adição de íons H ⁺ provoca a formação de íons dicromato	29,70%	62,50%
não ocorre reação	3,70%	
em branco	11,10%	

Nas respostas obtidas, a maioria dos alunos do EM (33,3%) e 12,5% dos FP responderam de forma muito simplificada “desloca o equilíbrio para a direita”. Já a maioria dos licenciandos (62,5% dos FP) e 29,7% dos EM responderam de forma mais completa que a adição de íons H⁺ provoca a formação de íons dicromato, evidenciado pela alteração da coloração do sistema. Um número pequeno de alunos do EM (3,7%) afirmou que não ocorreu reação, talvez por não compreender que o ácido clorídrico sofre ionização liberando íons H⁺ (estes sim, representados na equação apresentada no enunciado da questão) e íons Cl⁻ ao sistema ($\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$). Além disso, 11,1% dos estudantes do EM deixaram essa questão em branco.

Segundo o princípio de Le Chatelier, uma correta previsão pode ser formulada pela utilização do princípio que estabelece que a adição de um reagente, na amostra em equilíbrio, provoca sempre um deslocamento deste com produção de maior quantidade de produtos. As respostas evasivas sugerem que pode haver uma aplicação mecânica do princípio de Le Chatelier, sem a compreensão do comportamento microscópico do sistema químico.

Em seguida, questionou-se o que ocorreria ao sistema caso fossem adicionadas algumas gotas de hidróxido de sódio (NaOH). As respostas obtidas foram muito semelhantes às apresentadas na Tabela 3. A única diferença é que 11,1% dos estudantes do EM respondeu apenas que essa adição provocaria um “desequilíbrio” no sistema. Talvez esse grupo de alunos quisesse dizer que a adição dessa base forte causaria uma perturbação no sistema. Neste caso, a adição do NaOH em um meio ácido provocaria o consumo dos íons H⁺, diminuindo a concentração deste. O equilíbrio seria perturbado e os íons dicromato seriam consumidos para restabelecer o equilíbrio, repondo a quantidade de íons H⁺ consumidos. Assim, se os íons dicromato tem

coloração laranja e os íons cromato, amarela, a solução final, após o restabelecimento do equilíbrio, teria coloração amarela devido ao deslocamento do equilíbrio.

No item seguinte, questionou-se o que ocorreria ao sistema caso fossem adicionadas algumas gotas de água. A adição de água provocaria uma diluição no sistema, ou seja, diminuiria a concentração de todas as espécies na mesma proporção, o que não causaria perturbação no sistema. Porém, essa não foi a resposta dada pela maioria dos estudantes, como pode ser verificada na Tabela 4.

Tabela 4: Respostas dos alunos do Ensino Médio e futuros professores de Química à questão: “o que aconteceria ao sistema caso fossem adicionadas algumas gotas de água”

Categoria	alunos Ensino Médio	futuros professores
o sistema entra em equilíbrio	33,30%	12,50%
ocorre uma diluição da solução, não afetando o equilíbrio	26%	25%
permanece alaranjado	3,70%	37,50%
não ocorre nada, pois a água é neutra	22,20%	
o sistema se mantém no equilíbrio		25%
a solução fica rosa	3,70%	
em branco	11,10%	

A maioria dos alunos do EM (33,3%) e 12,5% dos FP, consideraram que a adição de água faria com que o sistema entrasse em equilíbrio. Um número muito próximo (25% dos FP e 26% dos EM) respondeu que ocorreria uma diluição, não afetando o sistema. Da mesma forma, 22,2% dos alunos do EM e 25% dos FP justificaram que a água não causaria efeito algum ao sistema, por esta ser “neutra” nas palavras dos estudantes do EM. A maioria dos licenciandos (37,5% dos FP) e uma pequena parte (3,7%) dos EM, respondeu que o sistema permaneceria alaranjado. E, o mesmo número considerou que a solução ficaria rosa. Essa é uma concepção errônea, pois nesta reação as cores esperadas seriam apenas laranja e amarelo. Talvez esses estudantes tivessem confundido com outro experimento, como os da adição de ácido e base em presença de indicador fenolftaleína, que torna a solução rósea em presença de íons OH⁻ em excesso. Da mesma forma que os resultados anteriores, 11,1% dos estudantes do EM deixaram esse item em branco.

No último item, foi questionada a adição de catalisador ao sistema. As respostas a esta questão estão apresentadas na Tabela 5. A maioria dos alunos do EM (63%) e dos FP (75%), respondeu que a adição do catalisador provocaria um aumento da velocidade da reação. 25% dos FP e 7,4% dos EM afirmaram que ocorreria um deslocamento do equilíbrio, sem especificar para que “lado” deslocaria. Apenas 18,5% dos estudantes do EM afirmaram que a adição do catalisador não influenciaria o estado de equilíbrio. Porém, estes alunos afirmaram que só não ocorreria deslocamento, pois não foi alterada a temperatura do sistema. E, o mesmo número de estudantes do EM (11,1%) deixou este item sem resposta.

O efeito da adição de um catalisador, que forma um novo complexo ativado, com uma energia de ativação menor do que a da reação não-catalisada, acelera tanto a reação direta quanto a inversa, não altera o estado de equilíbrio nem afeta a concentração dos participantes. As respostas ao questionamento revelaram diferentes idéias sobre a influência do catalisador: “*umenta a velocidade*”, “*não ocorre alteração*”, “*desloca para a direita*”. Sendo assim, os resultados indicam que, para muitos alunos, “o catalisador atua em um único sentido”, como se o efeito provocado na reação direta

fosse diferente da reação inversa. Essas idéias podem ter origem nas explicações de professores e textos que dizem que “o catalisador aumenta a velocidade da reação”, frase que é interpretada por alunos como “aumenta a velocidade da reação direta” (PEDROSA, 2000, p. 229).

Tabela 5: Respostas dos alunos do Ensino Médio e futuros professores de Química à questão: “o que aconteceria ao sistema caso fossem adicionado um catalisador”

Categoria	alunos Ensino Médio	futuros professores
Aumenta a velocidade da reação	63%	75%
Desloca o equilíbrio	7,40%	25%
Não influencia, pois não aumenta a temperatura	18,50%	
Em branco	11,10%	

Os dados aqui apresentados parecem mostrar que o entendimento que os alunos do Ensino Médio possuem sobre o princípio Le Chatelier, principalmente no que diz respeito ao efeito da adição de catalisadores e de alguns reagentes ao sistema é bem parecido com o que afirmam os futuros professores de Química. Tal entendimento não é suficientemente consistente, o que indica a necessidade de explicações melhor elaboradas para a elaboração conceitual em ambos níveis de ensino, principalmente na graduação. E também que a utilização desse princípio, como procedimento fundamental, exclusivo, infalível e sem limitações provoca erros conceituais muito persistentes, convertendo esse princípio em um “autêntico obstáculo metodológico na aprendizagem do Equilíbrio Químico” (PARDO, 1998, p. 369). Além disso, Bergquist e Heikkinen (1990) afirmam que a linguagem tradicionalmente utilizada para formular o princípio de Le Chatelier pode ser fonte de erros conceituais sustentados pelos alunos, que atribuem um comportamento pendular ao equilíbrio. Visto que gera a idéia de que após a reação direta se completar, começa a reação inversa.

E especificamente sobre o conteúdo específico Equilíbrio Químico, os professores precisam tomar cuidado com a linguagem utilizada para definir os conceitos, principalmente de Equilíbrio, desassociando-o das idéias populares de equilibrista, equilíbrio físico, mental, emocional, financeiro. Sobre o princípio de Le Chatelier, devem discutir os aspectos onde o mesmo não é infalível, como a adição de um gás inerte, por exemplo. O uso indiscriminado de termos de linguagem comum, pode-se tornar um obstáculo verbal, o que não apenas impede o domínio do conhecimento científico, como também cristaliza conceitos errados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou investigar e analisar as aprendizagens dos futuros professores de Química sobre Equilíbrio Químico identificando suas dificuldades e condicionantes e compará-las com as respostas de estudantes do Ensino Médio.

A análise dos questionários indicam que tanto os alunos do Ensino Médio quanto os futuros professores apresentam dificuldades em aplicar as regras de Le Chatelier na resolução de problemas. Para superar essas dificuldades conceituais, estes estudantes precisam entender que a igualdade da velocidade em um estado de equilíbrio não significa que a extensão dos processos direto e inverso é a mesma. Há necessidade de discutir a constante de equilíbrio (K), indicando o progresso da reação direta frente à inversa se um determinado sistema alcança o equilíbrio (extensão final do processo).

Eles devem também saber derivar a definição operativa desta constante K para qualquer processo reversível, seja homogêneo ou heterogêneo, e saber prever em situações concretas se um sistema está ou não em equilíbrio. Em particular, há que se reconhecer que K só dependerá da temperatura e do sistema químico representado no esquema da reação e, paradoxalmente, não das concentrações no equilíbrio (visto que é uma constante). Um raciocínio matemático, associado à expressão da constante de equilíbrio, permite fazer previsões de forma não-equivocada.

É preciso, também, entender qual será o sentido da evolução de um sistema químico em equilíbrio quando este é perturbado, identificando as limitações do princípio de Le Chatelier. Por exemplo, em um sistema do tipo $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)}$, uma variação do volume à temperatura constante, segundo este princípio, pode induzir a pensar que não ocorreria variação da concentração dos participantes da reação, ou ainda quanto à adição de um gás inerte e, a saber, analisar as velocidades da reação, aplicando o modelo de colisões.

Especificamente sobre os futuros professores, foi possível perceber que os resultados encontrados neste estudo são similares aos encontrados para alunos do Ensino Médio e permitem inferir que os licenciandos possuem idéias/concepções muito próximas das dos alunos. Entre elas podemos citar as que se relacionam com a imagem do sistema em equilíbrio (recipiente fechado, dinamismo, constância das concentrações, composição da mistura em equilíbrio) e com os aspectos cinéticos (constância e variação de velocidades de reação em diferentes momentos).

Desse modo, as análises que apresentamos mostram-nos que são necessários investimentos na formação científica dos futuros professores tendo em vista que os problemas conceituais dos mesmos podem passar a existir refletido nos conhecimentos apresentados pelos estudantes. Desse modo, se não investirmos na formação docente as dificuldades conceituais serão mantidas nos diferentes níveis de ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATKINS, P.; PAULA, J. de. Físico-Química. v. 1. 7.ed. Tradução de Edílson C. da Silva, Márcio J. E. de Melo Cardoso, Oswaldo E. Barcia. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 356p.
- BANERJEE, A. C. Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13(4), p. 487-494. 1991.
- BERGQUIST, W.; HEIKKINEN, H. *Students' ideas regarding chemical equilibrium*. Journal of Chemical Education, 67,12, p.1000-1003, 1990.
- BUTTS, B.; SMITH, R. *What do students perceive as difficult in H.S.C. Chemistry?* The Australian Science Teachers's Journal, 32, p. 45-51, 1987.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. Formação de professores de Ciências: *tendências e inovações*. São Paulo: Cortez, 1993. p. 20-25.
- FINLEY, F. N.; STEWART, J.; YARROCH, W. L. *Teachers' perceptions of important and difficult science content*. Science Education, 66, 4, p.531-538, 1982.
- FIORUCCI, A. R.; SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. *O Conceito de Solução Tampão*. Revista Química Nova na Escola, 13, p.18-21, maio/2001.
- FURIÓ, C.; CALATAYUD, M. L.; BÁRCENAS, S. L.; PADILHA, O. M. *Functional fixedness and functional reduction as common sense reasoning in chemical equilibrium and in geometry and polarity of molecules*. Science Education, 84, 5, p. 545-565, 2000.
- FURIÓ, C.; ORTIZ, E. *Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico* Enseñanza de la Ciencias, 1, 1, p.15-20, 1983.

- FURIÓ, C. J. M.; ESCOBEDO, M. *La fijación funcional en el aprendizaje de la Química: un ejemplo paradigmático usando el principio de Le Chatelier*. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 8, p.109-124, 1994.
- GARNETT, P. J.; GARNETT, P. J.; HACKLING, M. W. *Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning*. Studies in Science Education, 22, p. 69-95, 1995.
- GORODETSKY, M.; GUSSARSKY, E. *Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods*. European Journal of Science Education, 8, 4. p.427-441, 1986.
- HACKLING, M. W., GARNETT, P. J. *Misconceptions of chemical equilibrium*. European Journal of Science Education, 7, 2, p. 205-214, 1985.
- JIMÉNEZ, V. M.; BRAVO, T. G. La formación inicial del profesorado de ciencias. In: PERALES, J.; CAÑAL, P. Didáctica de las ciencias experimentales. Alcoy: Marfil. 2000, p. 535-581.
- JOHNSTONE, A. H.; MACDONALD, J. J.; WEBB, G. *Chemical equilibrium and its conceptual difficulties*. Education in Chemistry, 14, 6, p.169-171, 1977.
- LINDAUER, M. W. *The evolution of the concept of chemical equilibrium from 1775 to 1923*. Journal of Chemical Education, 39, 8, p.384-390, 1962.
- MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R.M.R. *Como os estudantes concebem o estado de Equilíbrio Químico*. Revista Química Nova na Escola, 4, p. 18-20, nov/1996.
- MAIA, D. J.; GAZOTTI, W. A.; CANELA, M. C.; SIQUEIRA, A. E. *Chuva ácida: um experimento para introduzir conceitos de Equilíbrio Químico e acidez no ensino médio*. Revista Química Nova na Escola, 21, p. 44-46, maio/2005.
- MILAGRES, V. S.; JUSTI, R.S. *Modelos de Ensino de Equilíbrio Químico – algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos no ensino médio*. Revista Química Nova na Escola, 13, p. 41-46, maio/2001.
- PARDO, J. Q. *Persistencia de errores conceptuales relacionados con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier*, Educación Química, 9, 6, p. 367-377, Nov/1998.
- PEDROSA, M. A.; DIAS, M. H. *Chemistry Textbook Approaches to Chemical Equilibrium and Student Alternative Conceptions* Chemical Education: Research and Practice in Europe, 1, 2, p. 227-236, 2000.
- PEREIRA, M. P. A. *Equilíbrio Químico – Dificuldades de aprendizagem I – Revisão de opiniões não apoiadas por pesquisa*. Revista Química Nova, 12, 1, p. 76-81, 1989.
- QUÍLEZ, J. *Una formulación para un principio: análisis histórico del principio de Le Chatelier*. Revista Mexicana de Física, 41, p. 586-598, 1995.
- _____. *Persistencia de errores conceptuales relacionados con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier*. Educación Química, 9, p. 267-377, 1998.
- _____. *Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores*. Enseñanza de las Ciencias, 24, 2, p. 219-240, 2006.
- QUÍLEZ, J.; SANJOSÉ, V. *Errores Conceptuales en el estudio del equilibrio químico: Nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del Principio de Le Chatelier*. Enseñanza de las Ciencias, 13, 1, p. 72-79, 1995.
- RAVILOLO, A.; BAUMGARTNER, E.; LASTRES, L.; TORRES, N. *Logros y dificultades de alumnos universitarios en equilibrio químico: uso de un test con proposiciones*. Educación Química, 12, 1, p. 18-26, jan/2001.
- SOARES, M. H. F. B.; OKUMURA, F.; CAVALHEIRO, E. T. G. *Proposta de um jogo didático para Ensino do conceito de Equilíbrio Químico*. Revista Química Nova na Escola, 18, p. 13-17, nov/2003.
- SOUZA, K. A. F. D. *O ensino universitário de Química em descompasso: dificuldades de futuros professores na construção do pensamento químico*. 2007. 126p. Tese de Mestrado. Universidade Estadual Paulista.
- STAVRIDOU, H.; SOLOMONIDOU, C. *Representations et conceptions des élèves grecs par rapport au concept d'équilibre chimique*. Didaskalia, 16, p. 107-134. 2000.

TEIXEIRA JÚNIOR, J. G.; SILVA, R. M. G. Investigando a temática sobre equilíbrio químico na formação inicial docente. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8, 2, p. 571-592, 2009.

VAN DRIEL, J. H.; GRÄBER, W. The teaching and learning of chemical equilibrium. In: Gilbert, J. K., et al (eds.), *Chemical education: Towards research-based practice*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers. 2002.

WHEELER, A. E.; KASS, H. Student Misconceptions in Chemical Equilibrium as Related to Cognitive Level and Achievement. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. April, 1974.