

# Software Educacional e Ensino de Equilíbrio Químico: uma proposta de utilização e avaliação

## Educational Software and Teaching of Chemical Equilibrium: a proposal for use and evaluation

**Ourides Santin Filho**

Universidade Estadual de Maringá  
osantin@uem.br

### Resumo

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino de Química pode despertar nos estudantes um maior interesse pelo conteúdo científico, e a interação entre aluno e conteúdo através da utilização de softwares educacionais, pode favorecer uma postura mais ativa na construção do conhecimento. Este trabalho apresenta os resultados de uma investigação cujo objetivo é a utilização e avaliação do software educacional “The Law of Mass Action” no ensino do Equilíbrio Químico. A proposta didática constituída por quatro encontros foi realizada com alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola pública no Paraná. A análise e interpretação dos dados, realizada a partir dos pressupostos da Análise Textual Discursiva (MORAES, GALIAZZI, 2011) e também da Teoria da ação Mediada (WERTSCH, 1999), apontam as potencialidades e limitações do software em favorecer a significação dos conceitos de reversibilidade das reações químicas, equilíbrio químico e constante de equilíbrio.

**Palavras chave:** softwares educacionais, teoria da ação mediada, equilíbrio químico.

### Abstract

The use of Information and Communication Technologies in Chemistry teaching can awaken in students a greater interest in scientific content, and the interaction between student and content through the use of educational software can favor a more active position in the construction of knowledge. This article presents the results of an investigation whose objective is the use and evaluation of educational software "The Law of Mass Action" in the teaching of Chemical Equilibrium. The didactic proposal made up of four meetings was carried out with students of the second year of high school of a public school in Paraná. The analysis and interpretation of data, based on the assumptions of the Discursive Textual Analysis (MORAES, GALIAZZI, 2011) and also on the Theory of Mediated Action (WERTSCH, 1999), point out the potentialities and limitations of software in favoring the meaning of the concepts of Reversibility of chemical reactions, chemical equilibrium and equilibrium constant.

**Key words:** educational software's, theory of Mediated Action, chemical equilibrium.

## **Softwares Educacionais e a Teoria da Ação Mediada**

O Brasil, como o resto do mundo, vem experimentando desde o final do século XX, grandes mudanças no campo socioeconômico, político, cultural, científico e, em especial, tecnológico. A rede internet e os dispositivos a ela conectados vêm proliferando em escala inimaginável e hoje nas salas de aula, raros são os alunos que não têm celulares e tablets conectados com todo o planeta. A ascensão da internet modificou não somente a maneira dos indivíduos se comunicarem, mas principalmente a maneira de buscarem informações.

No entanto, ter acesso à internet e utilizar smartphones não garante que estes indivíduos saibam utilizar as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) em benefício de sua formação educacional. Assim, torna-se um desafio para o professor não apenas competir com essas tecnologias, mas incorporá-las em sua prática docente bem como orientar os jovens estudantes a aproveitar de forma consciente e responsável tamanha fonte de informação.

Uma boa opção para utilizar as TIC no ensino de Ciências, aqui em especial no ensino de Química, são os programas ou *softwares* educacionais. Trata-se de recursos didático digitais (RDD) que compreendem simuladores e animações e que estão disponíveis gratuitamente em diversas plataformas *online*. Tais recursos podem ser aproveitados como ferramenta pedagógica e facilitar a abordagem dos conteúdos científicos.

Para Leite (2015, p.239), compreendem os recursos didáticos digitais (RDD): “todos os objetos de aprendizagem, produzidos com o uso das tecnologias digitais, que auxiliam no processo de aprendizado do indivíduo.” Ainda sobre esses recursos, o autor destaca que sua utilização “faz com que o aluno desenvolva sua criatividade, tornando-se ativamente participante de construções cognitivas” (LEITE, 2015, p.239), por estimular a criatividade através de mecanismos audiovisuais.

Neste trabalho, adotamos por *Software* Educacional o RDD utilizado na pesquisa para a elaboração de significados a respeito do conteúdo Equilíbrio Químico. Do ponto de vista conceitual, *softwares* “são programas que fazem a mediação de comunicação entre um sistema informático e seus usuários. É a parte lógica do computador”. Já o “software educacional é aquele que pode ser usado para algum objetivo educacional qualquer que a natureza ou finalidade para a qual tenha sido criado”. (LEITE, 2015, p.175-176).

Estabelecemos como objetivo geral a verificação do potencial pedagógico do *software* educacional “*The Law of Mass Action*” para o ensino do equilíbrio químico. Disponível na plataforma Wolfram for Education, (<http://demonstrations.wolfram.com/>), o *The Law of Mass Action* apresenta uma interface simples e que permite ao usuário alterar quantidades dos participantes de uma reação química genérica, observando o comportamento no estado inicial e de equilíbrio, (figura 1).

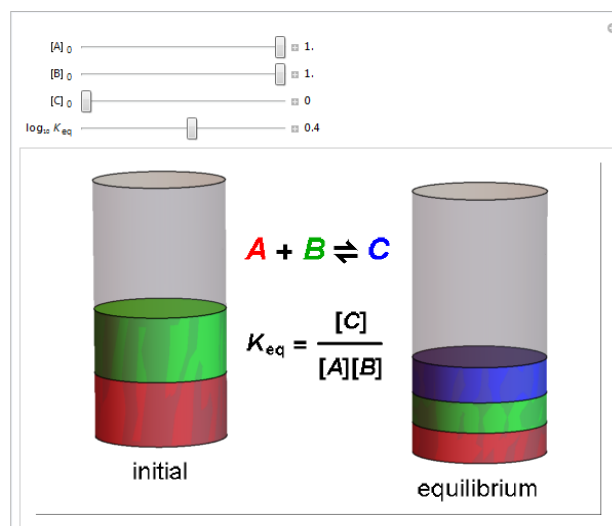


Figura 1: Interface do Software The Law of Mass Action

Uma preocupação inerente à utilização dos *softwares* educacionais no processo de ensino aprendizagem é como avaliar sua competência enquanto ferramenta de mediação na construção do conhecimento. Pesquisas recentes mostram que a Teoria da Ação Mediada, de James Wertsch, é eficaz para avaliação de ferramentas culturais como os recursos didáticos digitais. A exemplo citamos Oliveira (2015), pesquisador que utilizou um recurso didático digital (REA) no ensino de ciências e apoiou-se na Teoria da Ação Mediada para discussão de seus resultados. Tais resultados têm se mostrado satisfatórios como afirma Oliveira (2015, p.257): “(...) entendemos que houve uma notável interferência dos REA na significação dos enunciados relacionados ao nosso tema de estudo. ”

James Wertsch é professor de antropologia e psicologia no departamento de educação da Washington University em St. Louis, Estados Unidos, que por ser estudioso de Vygotsky, discute seus processos de internalização, incorporando os pressupostos de Mikhail M. Bakhtin quanto à dialogia e gêneros do discurso, e também os pressupostos de Keneth Burke quanto às múltiplas perspectivas da ação humana. Segundo sua teoria, Ação Mediada, quase toda ação humana resulta da interação com uma ferramenta cultural. Wertsch difere-se do sociointeracionismo de Vygotsky ao admitir um sistema de memória coletiva entre agente e ferramenta, para marcar essa distinção, prefere adotar o termo *sociocultural*.

Dentre os exemplos apresentados por James Wertsch em *La Mente em Acción* para ilustrar a relação entre agente e ferramenta cultural, trazemos o bastante conhecido da "vara de saltar". Wertsch (1999) aponta que a adoção de uma vara (ferramenta cultural) permitiu ao agente (homem) saltar alturas cada vez maiores. Ainda decorre que desde a criação dos jogos olímpicos modernos, em 1896, os recordes olímpicos têm crescido exponencialmente na medida em que o material que constitui a ferramenta evolui.

Neste exemplo, o atleta (agente) sozinho não é capaz de saltar grandes alturas, a vara (ferramenta) também não é capaz de projetar o atleta por conta própria, deste modo, torna-se impossível pensar agente e ferramenta cultural de maneira isolada. “Na realidade, ferramentas culturais como as varas de salto (...) são incapazes de fazer algo por si mesmas. Somente podem ter efeito quando operadas por um agente. ” (WERTSCH, 1999, p.58).

Desta forma, cria-se uma “tensão irreduzível” entre agente e ferramenta, termo designado para explicar que agente e ferramenta não são capazes de operar isoladamente. Proveniente dessa relação entre agente e ferramenta, resultam dois importantes conceitos criados por Wertsch para definir o processo de internalização, domínio e apropriação. No primeiro deles, Wertsch

(1999, p.89), afirma que determinadas ações mais simples não resultam num processo de internalização; para essas ações é preferido uso do termo “domínio” ou “saber como”. “Termos menos confusos e carregados como “domínio”, ou “saber como”, me parecem preferíveis e precisamente por isso uso essas palavras no lugar de internalização, para analisar processos tais como andar de bicicleta ou falar um idioma”. (WERTSCH, 1999, p.92)

De acordo com Giordan (2005, p 281): “Trabalhar com os conceitos de “domínio” e de “saber como” nos permite eliminar algumas noções que o conceito de internalização encerra, como por exemplo, trazer para o plano interior.” Isto significa que Wertsch admite que a maioria das ações realizadas pelo homem não resulta num processo de internalização.

A ideia de apropriação relaciona-se a tomar para si, tornar próprio, trazer algo do outro e tornar seu. Trata-se de um processo de internalização mais complexo, e não se resume a apenas operar com habilidade a ferramenta cultural, mas pensar em conjunto com ela. “É possível que alguém domine, mas não se aproprie de uma ferramenta cultural, como é possível, também, que domínio e apropriação estejam correlacionados em alto ou baixo grau”. (GIORDAN, 2005, p. 282).

Retomando o exemplo da vara de saltar, o atleta não apenas domina a ferramenta, (sabe operar corretamente a vara), como apropria-se dela, utilizando-a como extensão do próprio corpo para promover o salto. Nesta perspectiva, é possível avaliar um *software* educacional analisando os graus de domínio e apropriação de seus usuários, ou seja, saber operar o recurso e apropriar-se dele na construção do conhecimento científico.

### **Sobre a Pesquisa: metodologia, discussões e considerações**

Realizamos uma investigação de caráter qualitativo onde o foco foi a interpretação dos dados e não sua quantificação. Flick (2009) releva a importância dos aspectos a serem observados numa pesquisa qualitativa, como “a apropriabilidade de métodos e teorias; as perspectivas dos participantes e sua diversidade; a flexibilidade do pesquisador e da pesquisa; além da variedade de abordagens e métodos na pesquisa qualitativa.” (FLICK, 2009, p.23).

Para assegurar tais aspectos, propusemos uma sequência didática composta por quatro encontros de duas aulas cada (totalizando oito aulas). Além da pesquisadora, participaram desta investigação dez alunos do segundo ano do ensino médio do Colégio Estadual do Jardim Independência, na cidade de Sarandi, Paraná. Para preservar suas identidades, eles estão identificados pela letra inicial de seus nomes, seguidas de números em caso de letras coincidentes, desta forma os sujeitos da pesquisa encontram-se aqui denominados: D, E1, E2, I, K, L1, L2, M, R, e W.

A coleta de dados foi realizada em todos os quatro encontros tendo sido utilizados questionários, observação, e gravação de áudio. Foram considerados como corpus da pesquisa os questionários aplicados em todos os encontros, trechos das gravações de áudio que permitiram identificar as principais ideias dos participantes, e as observações da pesquisadora.

Consideramos a Análise Textual Discursiva (ATD) pertinente a esta investigação uma vez que Moraes e Galiuzzi (2011, p.11) afirmam que este tipo de pesquisa: “Não pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las ao final da pesquisa; a intenção é a compreensão, reconstruir conhecimentos existentes sobre os temas investigados”.

Através da ATD buscou-se destacar unidades de significado nas diferentes respostas dos participantes. Sempre que necessário, realizou-se o confronto das respostas escritas com o registro em áudio, já que o discurso dos participantes pode se manifestar por diversos meios, como declaram Moraes e Galiuzzi (2011, p.61): “Este esforço de captar mensagens conscientes e inconscientes implica um movimento de ultrapassagem de uma leitura de

primeiro plano para outra de maior profundidade”.

O primeiro encontro objetivou despertar o interesse pelo conteúdo e levantar algumas concepções prévias a respeito de reversibilidade e equilíbrio químico. Para tanto, foi proposto aos alunos a realização de duas atividades práticas, a primeira delas foi o aquecimento de pequena amostra de sulfato de cobre penta hidratado, e sua consequente mudança de cor tanto por aquecimento, quanto pelo posterior acréscimo de água ao sal desidratado. Numa segunda atividade, eles acrescentaram solução de ácido clorídrico em soluções de hidróxido de sódio contendo o indicador vermelho congo, realizando assim um experimento de equilíbrio químico envolvendo diferentes concentrações de ácido e base.

No segundo encontro os alunos tiveram o primeiro contato com o *software* The Law of Mass Action. A princípio, tiveram liberdade para manipulá-lo e descobrir as respostas resultantes do uso de suas sub-rotinas. No mesmo encontro esse manuseio foi dirigido pela pesquisadora, através de algumas instruções simples para exploração das funcionalidades do *software*. Neste momento, os participantes foram convidados a trazerem para o laboratório de Ciências seus computadores pessoais, de forma que no dia do encontro seis notebooks estavam à disposição dos usuários, possibilitando assim, o trabalho em duplas.

O terceiro encontro foi reservado ao uso orientado do *software*, propusemos um roteiro procurando orientar os alunos a observar as variações no sistema químico representado, em função da modificação controlada das variáveis de concentração dos três compostos genéricos e do logaritmo da constante de equilíbrio. Aqui, o foco do encontro centrou-se na relação entre a constante de equilíbrio e formação de produto.

Por fim, o quarto e último encontro foi reservado à discussão sobre o equilíbrio químico em sistemas não muito triviais de serem discutidos no espaço escolar, a saber, o experimento da “garrafa azul”, o da evaporação da água em uma garrafa, e também o equilíbrio gás-líquido numa garrafa de refrigerante. As discussões foram despertadas para avaliar o processo de evolução na construção do conhecimento a respeito do equilíbrio químico. Os resultados do questionário de avaliação final, aplicado ao final deste encontro nos permitiu estimar nuances de domínio e apropriação por parte dos estudantes, possibilitando assim maiores conclusões a respeito das potencialidades do *software*.

A aplicação de questionários nos quatro encontros, bem como o registro das discussões em áudio, gerou uma grande quantidade de dados, de forma que neste artigo apresentaremos apenas algumas questões para exemplificar a criação das seguintes categorias: C1: noções de processos reversíveis; C2: concepções sobre equilíbrio químico; e C3: relação entre constante de equilíbrio e formação do produto. Nas considerações finais apresentaremos uma breve discussão a respeito da abordagem e sobre domínio e apropriação.

As atividades práticas realizadas no primeiro encontro, nos permitiu constatar as primeiras concepções dos participantes a respeito da reversibilidade das reações químicas. Após aquecimento do sulfato de cobre penta hidratado e sua consequente mudança de coloração do azul para branco acinzentado, os participantes foram questionados sobre a causa da mudança de cor, e o porquê a cor azul volta na adição de gotas de água, obtivemos respostas como:

*Participante I: “A água do sulfato de cobre sai por isso a cor azul some”*

*Participante E1: “Se deve a desidratação do sulfato de cobre”*

*Participante L1: “Se deve ao desidratamento do sulfato de cobre. Depois ao jogar água ele volta ao seu estado normal”. (Sic)*

*Participante W: “O sulfato volta a sua cor normal”*

*Participante E2: “O experimento que era azul e com o aquecimento com água ele volta sua cor normal, devido a água que hidrata o sulfato de cobre. ”*

As respostas nos mostram que houve compreensão dos fenômenos ocorridos, e que os mesmos contribuíram para a significação do conceito de reversibilidade da reação. Destacamos a colocação do participante E1 pelo uso do termo “desidratação”, linguagem adequada ao fenômeno químico observado. Já o participante L1 utilizou o termo “desidratação”, inexistente na língua portuguesa, mas que indica uma tentativa de aproximação da linguagem científica.

Consideramos aqui, que os termos “volta” e “voltou” sublinhados nas diferentes respostas para a segunda questão, constituem unidades de significado para reversibilidade. Os registros de áudio sugerem que tal significado pode ter sido construído ou reconstruído através das discussões emergentes durante a execução da referida atividade prática:

*Participante W: “Voltou sim... tá ficando azul de novo”*

*Participante R: “voltou a mesma cor de antes”*

*Participante L2: “não voltou não...”*

*Participante R: “aí voltou a cor de antes gente... Alá... hidratou ele...”*

A ideia de reversibilidade das reações foi abordada em todos os encontros, inclusive nos de interação com o *software*, porém foi resgatada, de forma muito direta, no questionário final através da questão: O que caracteriza uma reação reversível? A maioria dos participantes respondeu satisfatoriamente à questão apresentando suas considerações sobre reversibilidade:

*L1: “O equilíbrio, Reagente e Produto”.*

*M: “É quando ela tem o reagente e produto em equilíbrio, assim ela fica reversível”.*

*W: “Uma reação reversível é uma reação que pode ocorrer dos dois lados”*

*L2: “É uma reação que pode ser feita e refeita várias vezes”*

*K: “Quando o produto volta a situação inicial, por exemplo: A água é congelada e após um tempo deixa exposto o calor, a água volta a situação inicial de líquido”.*

Os fragmentos destacados mostram aquisição de uma linguagem mais próxima da linguagem científica, pelo menos para a categoria C1 (noções de processos reversíveis). A exemplo, os participantes L1, M, e K, que adotam uso das palavras “reagente”, ou “produto”, as concepções apresentadas encontram-se melhor elaboradas do que os termos “volta” e “voltou” que aparecem nas primeiras discussões.

Para exemplificar a categoria C2 (Concepções sobre equilíbrio químico), consideramos interessante destacar o episódio em que a pesquisadora levanta discussão a respeito do tema: “P: *Equilíbrio Químico é um conteúdo de segundo ano que nunca dá tempo de trabalhar... aí vem minha perguntinha básica... o que vem na cabeça de vocês quando fala a palavra equilíbrio?*”. As respostas que seguem esta indagação nos dão ideia de uma concepção de equilíbrio estático.

*M: ((risos)) símbolo yin-yang. ((risos))*

*L1: não cair ((risos))*

*W: (...) iguais*

*E2: duas partes equivalentes?*

Na sequência, quando questionados sobre reações químicas em equilíbrio, a concepção é levada adiante:

*P: se eu pensar numa reação química... quando que eu posso dizer que uma reação química está em equilíbrio?*

*W: quando está metade-metade...*

As palavras acima destacadas, "yin-yang", "iguais", "partes equivalentes" e "metade-metade", constituem, para esses participantes, unidades de significado para a concepção de equilíbrio. Tal concepção mostra-se fortemente enraizada no que se vivencia a respeito de equilíbrio estático de forças, como a figura de uma balança com dois pesos iguais em cada lado. Essa concepção prévia é levada do conhecimento cotidiano para o conhecimento químico de maneira equivocada, ainda que inconsciente, e pode constituir um obstáculo epistemológico na linguagem de Bachelard:

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto a ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já construídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (BACHELARD, 1996. p. 23).

Bachelard, na obra *a Formação do, Espírito Científico* (1996) aponta uma série de obstáculos epistemológicos que, segundo ele, viriam atrapalhar a aprendizagem, dificultando a passagem do conhecimento cotidiano ou primário para um conhecimento científico. A experiência pessoal colocada acima da crítica, a opinião sem embasamento crítico, as generalizações e conclusões empíricas apressadas seriam, segundo o epistemólogo, os primeiros obstáculos que surgem de nossa vivência e contrapõem a construção de um novo conhecimento.

Após as interações com o *software* e discussões em grupo, os participantes são levados a repensar a concepção de equilíbrio químico ao responderem a uma questão de ocorrência cotidiana: Ao se abrir uma garrafa de refrigerante ouve-se um barulho que dura pouco. Explique com detalhes o que ocorreu. Nesse momento, o que acontece no líquido? Explique. O processo acima é reversível com a garrafa fechada? E com a garrafa aberta?

A tabela 1 reúne algumas respostas para esta questão e as respectivas interpretações com base nas noções de domínio e apropriação, segundo a Teoria da Ação Mediada. Estão presentes interpretações em maior ou menor grau de domínio e apropriação, o que é comum na visão de Wertsch (1999, p.88): "É interessante observar que muitas, talvez a maioria, das formas de ação mediada nunca progridam em direção a sua realização num plano interno". Por esse motivo muitas de nossas interpretações referem-se a apenas domínio, especialmente quando há indícios que o sujeito da pesquisa "saiba como" utilizar a ferramenta cultural, mas não esteja "apropriando-se" dela.

Ao falar em "gás comprimido" e "processo reversível" num sistema fechado, o participante E1 parece ter se apropriado do *software* na elaboração de seu discurso, uma vez que toda a simulação ocorre num sistema fechado. Além disso, o discurso como um todo demonstra uma compreensão clara do fenômeno e uso de linguagem apropriada para explicá-lo.

Participante	Posicionamento	Domínio/Apropriação
E1	Ao abrir a garrafa, o gás que estava comprimido sai imediatamente, já o gás que está no líquido, demora mais, o processo é reversível com a garrafa fechada, já com ela aberta não, porque o gás tende a sair.	Domínio e Apropriação
L1	O que ocorre é o gás que sobe para a parte de cima da garrafa. O processo é reversível porque há gás no líquido e com a garrafa aberta o gás é liberado	Domínio
E2	Após abrir e fechar a garrafa de refrigerante, o gás não sai totalmente, ele se equilibra de acordo com o líquido. O gás sai mas não totalmente. Sim pode ser reversível, fechando a garrafa o gás se equilibra, já com a garrafa aberta o gás sai tudo	Domínio e Pequeno grau de Apropriação
M	O barulho é causado pela liberação do ácido carbônico e ela vai para a atmosfera. Ele é reversível se fechar a garrafa o gás ainda continua lá dentro e se abri-la o mesmo acontece	Nenhum grau de domínio ou apropriação

Tabela 1: Noções de Domínio e Apropriação sobre Equilíbrio Químico

Foram interpretadas como domínio as respostas dos participantes cujo discurso apresentou pequenas confusões ou uso de linguagem inadequada, o que aconteceu na maioria dos casos, condição previsível de acordo com as palavras de Werstch: “Por fim, algumas formas muito interessantes de ação mediada se caracterizam pelo domínio no uso de uma ferramenta cultural, mas não por sua apropriação. Em tais casos de ação mediada, o agente pode usar uma ferramenta cultural, mas o faz com uma sensação de conflito ou resistência.” (WERTSCH, 1999, p.97)

Uma parte dos pesquisados apresentou respostas completamente confusas, o que não condiz com nenhuma condição de domínio ou apropriação quando se trata de equilíbrio químico. Para esses participantes, o processo de internalização em menor ou maior grau parece estar em amadurecimento, necessitando uma atenção redobrada ou maiores interações com a ferramenta.

A última categoria que discutimos aqui, C3, se refere à relação entre constante de equilíbrio e formação de produto numa reação. Nos dois encontros em que há interação dos participantes com o *software* são exploradas questões que exploram essa categoria, são elas: Como se relaciona a constante de equilíbrio e a formação do produto C?; e: De que maneira o aumento da  $K_{eq}$  influencia a quantidade de produto formado?

Uma análise das respostas obtidas indica a influência da interação com o *software* no posicionamento dos participantes:

*W: A mistura precisa de K elevado para C ser elevado*

*L1/M: Quanto maior  $K_e$ , maior C quanto menor o  $K_e$  menor a mistura A e B.*

O objetivo dessa interação é atribuir significado para constante de equilíbrio das reações químicas, uma vez que nos livros didáticos são expressas apenas definições de maneira vaga, como aponta o trecho extraído do livro didático desses estudantes: “As constantes de equilíbrio representadas por K, são determinadas de dados experimentais. Em uma análise chegou-se a expressão genérica para todos os equilíbrios.” (ANTUNES, 2013, p.87).

Nota-se que a frase destacada não garante nenhum significado para constante de equilíbrio, apenas informa que é um dado experimental representado pela letra K. A discussão que ressaltamos é que provavelmente a informação do livro didático não contribuiu para a

elaboração de significado sobre a constante de equilíbrio, nem reforçou nos alunos a capacidade de pensar, o que é comum quando a abordagem de ensino é apenas instrucionista, como critica Valente (1998, p.50): “(...) Por outro lado, a análise dos resultados do paradigma instrucionista são desoladores: provocamos o êxodo do aluno da escola ou produzimos um educando obsoleto.”

Nossa experiência mostra que a elaboração de uma sequência didática envolvendo uso de tecnologias pode ser produtiva, especialmente quando aliada a atividades experimentais como foi nosso caso. Através dos encontros, foi possível abordar alguns conceitos sobre equilíbrio químico como reversibilidade das reações e significação para a constante de equilíbrio. O uso do *software* The Law of Mass Action mostrou-se eficaz durante a abordagem a que nos propusemos, e também permitiu a identificação de algumas limitações do próprio programa.

A respeito da reversibilidade das reações químicas, verificamos que, desde a atividade prática, a concepção de que reações químicas podem ocorrer em dois sentidos tornou-se amplamente aceita pelos participantes, e que o *software* contribuiu para consolidá-la conforme comprovamos na discussão da primeira categoria: Noções Sobre Processos Reversíveis. A adoção de termos científicos por parte dos participantes, como “produto” e “reagente”, evidencia o progresso no uso de linguagem apropriada.

Em relação à construção coletiva do conceito de equilíbrio químico, C2, pudemos observar que, mesmo após utilização do *software*, prevaleceu a concepção prévia de que nas reações químicas há consumo total dos reagentes, ou seja, a existência de um equilíbrio estático, e a maioria dos participantes apresentou certo grau de domínio da ferramenta, ou seja, sabem utilizá-la adequadamente, porém não se apropriaram dela para elaboração de significados.

Não foi possível constatar a admissão por parte dos participantes que no equilíbrio coexistem quantidades significativas de produto e também de reagentes, mesmo porque o *software* apresenta aqui uma limitação: a representação das quantidades de reagentes e produtos por cores e não por partículas, com apelo à dimensão macroscópica e sem apelo à dimensão submicroscópica.

As atividades desenvolvidas no segundo e terceiro encontro mostraram-se proveitosas no desenvolvimento de significado para constante de equilíbrio. Através da utilização do *software*, os estudantes puderam identificar que com o aumento da constante de equilíbrio ocorre aumento na quantidade de produto formado, atribuindo assim um significado para essa constante.

Por fim, podemos dizer que o RDD se mostrou eficiente para a abordagem do conteúdo equilíbrio químico, em especial na compreensão do fenômeno como um todo, e que proporcionou, ao menos a noção de domínio pela maior parte dos participantes, o que ficou evidenciado pela análise das três categorias aqui apresentadas.

## Referências

- ANTUNES, Murilo Tissoni. **Coleção Ser protagonista. Química: 2 ano.** 2. ed.. Edições SM. São Paulo, 2013.
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento.** Esteia dos Santos Abreu trad. Contraponto. Rio de Janeiro, 1996.
- FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa.** 3 ed. Artmed. Porto Alegre, 2009.
- GIORDAN, Marcelo. **O computador na Educação em Ciências: Breve Revisão Crítica**

**Acerca de Algumas Formas de Utilização.** Ciência e Educação. Vol.11, n02, p. 279-304, 2005.

LEITE, Bruno Silva. **Tecnologias no ensino de química: teoria e prática na formação docente.** 1 ed. Appris. Curitiba, 2015.

MORAES, Roque, GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva..** 2 ed. Unijuí Ed. Ijuí, 2011. (Coleção Educação em Ciências)

OLIVEIRA, Wesley Cabral de. **Utilização e avaliação de softwares no ensino de gases ideais: uma proposta de unidade didática para o ensino médio.** 306f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

VALENTE, José Armando. **Computadores e Conhecimento: repensando a educação.** 2 ed. UNICAMP. Campinas, São Paulo, 1998.

WERTSCH, James V. **La mente en acción.** 1. ed. Buenos Aires, AR. Aique, 1999, 304p. – (Colección Psicología Cognitiva y Educación).