

A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química

Fabiana Pauletti

Marcelo Prado Amaral Rosa

Francisco Catelli

Resumo

Este trabalho é decorrente de um estudo bibliográfico e visa contextualizar a importância do ensino de Química explorando todos os níveis de representação do conhecimento químico: macroscópico, microscópico e simbólico. A Química é uma ciência abstrata e para expressar conceitos apropriase de inúmeras formas de representação, mediante os níveis de representação supracitados. A questão que guia nosso trabalho é: quais estratégias podem contribuir para coexistir os três níveis de representação no ensino de Química? Apresentamos duas estratégias de ensino que abrigam esses níveis de representação, tendo em vista a importância de o ensino abordar fenômenos químicos de forma concomitante entre os níveis de representação. As estratégias selecionadas são: i) aulas experimentais; ii) softwares computacionais.

Palavras-chave: Ensino de Química, níveis de representação, aulas experimentais, softwares computacionais.

Abstract

The importance of using teaching strategies involving the three levels of representation of Chemistry

This paper is the result of a literature and aims to contextualize the importance of exploring all levels of Chemical knowledge representation in teaching Chemistry: macroscopic, microscopic and symbolic. Chemistry is an abstract science and to express abstract concepts it provides numerous forms of representation, like the representation by levels presented here. The question that guides our work is: what strategies can contribute to the coexistence of the three levels of representation in teaching Chemistry? We present two teaching strategies that support these levels of representation; it's important that the chemical phenomena in Education where treated concomitantly between these levels of representation. The selected strategies are: i) experimental classes; ii) computer software.

Keywords: Teaching of Chemistry, representation levels, experimental classes, computer software.

Introdução

A literatura da área de ensino da Química converge para uma espécie de consenso sobre as formas de representação do conhecimento químico, a saber; o nível macroscópico, o microscópico e o simbólico. Frente a isso, nos propusemos a considerar diferentes estratégias de ensino que abrigam mais ou menos naturalmente alguns ou todos os três níveis de representação. É notório: as formas de representação são múltiplas, e a não – consideração de pelo menos algumas dessas formas se constituirá num entrave insuperável para a aprendizagem da Química (WU e SHAH, 2004).

Para expressar seus conceitos, a Química faz uso de inúmeras formas de representação, o que a torna uma ciência predominantemente visual (RAUPP, 2010). Por conta disso, efetuamos a seguir o estudo de duas estratégias que permitem alinhar os três níveis de representação num mesmo plano de ensino, além de possibilitar uma variada gama de representações dos fenômenos químicos numa dimensão visível, auxiliando assim tanto o ensino quanto a aprendizagem em Química. Estas estratégias envolvem integradamente aulas experimentais e softwares computacionais.

Química: uma ciência visual

Num estudo recente Raupp et al. (2010) empregaram um software computacional chamado ChemSketch 10.0 (software livre) para investigar como ocorre a evolução da capacidade representacional¹ de estudantes de Química de nível médio na construção de modelos moleculares. Para este estudo, os autores selecionaram o conteúdo específico de isomeria geométrica, no qual uma das peculiaridades é a de os isômeros possuírem mesma fórmula molecular e fórmula espacial diferente. Uma das justificativas dos autores para esta seleção foi a de que a estereoquímica (isomeria geométrica) é um dos conteúdos de compreensão mais difícil.

Ao analisarem os resultados deste estudo, Raupp et al. (2010) afirmam que a representação das moléculas evolui após o uso do software; os modelos expressos pelos estudantes mostram-se mais completos e corretos, e a dimensão espacial e geométrica das moléculas passa a ser considerada. Os autores atribuem uma importância capital ao emprego de softwares computacionais especialmente para representações mais sofisticadas, como é o caso, por exemplo, da criação e transição de moléculas bidimensionais para representações

¹ Para verificar a evolução da capacidade representacional dos estudantes, estes autores fundamentam-se teoricamente na Teoria de Mediação Cognitiva (TMC) que tenta explicar a evolução da capacidade cognitiva. Neste estudo, a partir da construção de moléculas no software ChemSketch é que ocorre a análise da cognição de processos intra e extra cerebrais nos estudantes envolvidos.

tridimensionais. Além disso, o software empregado neste estudo permite: i) a visualização das relações espaciais das moléculas; ii) a manipulação, que possibilita a rotação e integração do estudante com as peculiaridades das estruturas; iii) a multiplicidade de cores e formas de representação, o que diferencia claramente os átomos e suas ligações.

Outro estudo que sublinha a relevância da visualização de modelos concretos através o uso de softwares computacionais no ensino de Química é citado por Ferreira, Arroio e Rezende (2011). Esses autores, por meio do software Arguslab (software livre), demonstraram que o uso desse tipo de ferramenta facilita a compreensão dos mecanismos envolvidos em uma reação química. A partir de representações tridimensionais é possível conferir a distribuição espacial dos átomos de cada molécula envolvida numa reação química e essa característica, conforme os autores, é imprescindível para a compreensão da Química. Ademais, o software possibilita que o estudante crie seu próprio modelo e acompanhe as interações entre as moléculas na medida que permite que as substâncias sejam criadas, manipuladas e rotacionadas conforme suas estruturas químicas, além de oferecem múltiplas formas de representação para compreender as estruturas moleculares através da comparação entre as diversas formas de representação. Ribeiro e Greca (2003) sinalizam que as possibilidades dos estudantes preverem as relações entre os conceitos, criarem e aplicarem modelos em decorrência dos resultados traduzem-se em formas de potencializar o ensino, visto que os estudantes podem perceber seus enganos e refletir criticamente sobre os mesmos a fim de operacionalizar as melhoras necessárias para a promoção da aprendizagem.

Num estudo recente foi demonstrado que a experimentação e os softwares computacionais podem ser decisivos para o ensino de Química, particularmente para o ensino de conteúdos científicos altamente abstratos, o que é bastante comum no âmbito da Química. Diante das possibilidades de representação das formas abstratas é que o emprego dos softwares computacionais voltados ao ensino da Química se destaca, justamente por propiciar a visualização do abstrato, por permitir resultados imediatos, por oferecer recursos visuais atraentes (por, exemplo, de cor) e, por fim, pela significativa margem de interação que eles oferecem (PAULETTI, 2013), dado que a Química se deixa representar, via de regra, sob formas predominantemente inacessíveis à percepção humana.

Apesar dos enfoques supraexpostos, o ponto nevrálgico desta seção ainda carece de resposta: afinal, a Química é uma ciência visual? Sim, na perspectiva de Raupp (2010, p. 6) “a Química é considerada a mais visual das ciências por fazer uso de uma grande variedade de representações como forma de expressar conceitos”. Para endossar esta afirmação, basta olhar

para a história da Química, que desde a alquimia² busca representar seus conceitos, fórmulas e esquemas das mais diversas maneiras. Em períodos de predominância da alquimia, os conceitos e códigos eram estabelecidos com o intuito de restringir o acesso a essa linguagem, tornando-a mais “hermética”. Apesar disso, a utilização de representações como meio de expressão de conceitos e procedimentos químicos só fez crescer, e vem sendo aprimorada desde tal época (NETO, RAUPP e MOREIRA, 2009). A busca por representações que modelem os fenômenos químicos que são inacessíveis à percepção humana constitui-se num processo histórico e isso pode ser um indício que a Química é sim uma ciência visual; para Wu e Shah (2004) a multiplicidade de representações que são empregadas para investigar e difundir os fenômenos químicos condiciona a Química ser uma ciência visual, dada a natureza abstrata da mesma.

Portanto, ancorados na literatura da área, entendemos a Química como uma ciência visual e sempre que pensamos no ensino dessa ciência teremos a pretensão de representar seus fenômenos numa dimensão visível a fim de potencializar a aprendizagem. Encontramos em Giordan e Góis (2005, p. 289) uma definição bastante pontual sobre o papel da visualização na aprendizagem em Química: “[...] a construção de conceitos está estreitamente relacionada ao formato visual com que os estudantes tiveram contato durante seu aprendizado”.

Em síntese, tentamos salientar as vantagens e os resultados do uso de representações visuais no ensino de Química, por conta da sua natureza abstrata. Além disso, a multiplicidade de representações expande as possibilidades do aprendizado em Química. Então, considerando a Química uma Ciência visual, os questionamentos que serão abordados na seção a seguir são: Quais são os meios de representação desta Ciência? Como o ensino de Química pode explorar seus conceitos numa dimensão visível?

Explorando os três níveis de representação

Num estudo perspicaz, Johnstone, ainda em 1982, propôs as dimensões da representação do conhecimento químico. E, após três décadas, existe uma espécie de consenso na literatura da área sobre essas formas de representação (WU, KRAJCIK e SOLOWAY, 2001; GABEL, 1993; JOHNSTONE, 2000; GIORDAN e GÓIS, 2005; SOUZA e CARDOSO, 2008). São apontados três níveis de representação para o conhecimento químico: macroscópico, microscópico e simbólico. O nível macroscópico corresponde aos fenômenos e processos químicos observáveis e perceptíveis numa dimensão visível. Já o nível simbólico envolve as fórmulas, equações e estruturas. Por fim, o nível microscópico diz respeito aos movimentos e arranjos de moléculas, átomos e partículas.

² Conforme Santos e Mól (2005) a alquimia surgiu na pré-história e percorreu os séculos. A alquimia empregava técnicas ritualísticas, ou seja, todos os fenômenos que ocorriam estavam ligados à magia ou às forças divinas.

Gabel (1993) destaca a importância do ensino de Química englobar os três níveis de representação para que a aprendizagem ocorra. Para o autor, explorar o universo macroscópico, microscópico e simbólico auxilia o estudante a transitar e fazer conexões entre essas formas de representação. Apoiados nos estudos de Johnstone (op. cit.), Souza e Cardoso (2008) chamam a atenção sobre a falta de conexão e exploração do universo macro, micro e simbólico no ensino de Química. Mas como seria possível, num fenômeno químico, explorar os três níveis? Por quais meios pode o ensino transitar entre esses níveis de representação? Na tentativa de ilustrar e esclarecer como o ensino de Química pode abrigar os três níveis de representação, apresentamos abaixo (nos exemplos a, b e c) um fenômeno químico: a combustão do gás propano, um dos componentes do gás de cozinha (gás GLP).

a) A combustão do gás propano em **nível macroscópico** é a própria visualização a olho nu do fogo;

b) A combustão do gás propano em **nível simbólico** pode ser representada pela equação de combustão:



c) A combustão do gás propano em **nível microscópico** pode ser representada da seguinte forma: Uma molécula de gás propano reagiu com cinco moléculas de oxigênio gasoso formando três moléculas de dióxido de carbono gasoso e quatro moléculas de água e nesse processo foi liberado calor/energia.

Entendemos ser pertinente apontar meios de o ensino explorar o universo macro, micro e simbólico num mesmo plano, ou seja, a cada fenômeno químico tratado se pressupõe que o ensino explore de forma concomitante a livre transição entre esses universos representacionais. Logo, é inconteste que um ensino que privilegie os três níveis de representação supracitados, poderá resgatar elementos do cotidiano, além de aproximar a Química do contexto do estudante, fazendo assim, talvez, mais sentido a este estudante. Partindo do exemplo ilustrado (da representação do gás GLP), percebe-se a possibilidade real de trazer à cena inúmeros exemplos e problematizações a partir de estratégias de ensino que considerem de forma concomitante os três níveis de representação; tais estratégias detêm um potencial aumentado de envolvimento e comprometimento do estudante com sua própria aprendizagem.

Sirhan (2007) também aponta que a Química é uma ciência abstrata e altamente conceitual, o que exige um esforço adicional para a sua compreensão. A consequência imediata é a existência de uma dificuldade peculiar, tanto para o ensino quanto para a aprendizagem, na

integração e transição entre os mundos macro, micro e simbólico; e a superação dessa dificuldade exige que o conhecimento químico seja ser ensinado e aprendido coligindo os três níveis supracitados. Consoante sublinha ainda que as distinções e interações entre o universo macroscópico, microscópico e simbólico são simplesmente essenciais para a compreensão dos conceitos químicos. Wu e Shah (2004) também enfatizam a importância do ensino de Química abrigar os três níveis de representação e chamam a atenção para a necessidade do emprego concomitante de uma multiplicidade de representações, isto é, quanto mais vastas forem as formas de representação da Química para estudar um determinado fenômeno, maiores serão as condições para a sua aprendizagem.

Seja como for, o que se observa é a necessidade de coligir, por ocasião da elaboração de estratégias de ensino, uma vasta gama de representações visuais, haja visto o caráter abstrato e a necessidade de utilizar modelos de representação desta ciência, como também a abordagem simultânea do universo macro, micro e simbólico de um mesmo fenômeno químico a fim de dotar o ensino de Química de algum significado, aos olhos de quem aprende.

Alternativas para potencializar o ensino de Química

Potencializar o ensino de Química a partir da perspectiva dos níveis de representação significa conduzir um ensino que adote estratégias de ensino que os ponham em evidência. Neste sentido, selecionamos duas estratégias que podem promover e potencializar o ensino e a ascensão da aprendizagem por meio da consolidação do universo macro, micro e simbólico num mesmo plano de ensino. Mesmo sabendo que existem outras estratégias que podem ser empregadas na fusão dos níveis representacionais de Química, nos restringimos a destacar aqui apenas duas: i) aulas experimentais; ii) softwares computacionais. É certo que existem muitas outras estratégias que também podem potencializar o ensino de Química; uma razão para escolher essas é a disponibilidade nas escolas de laboratórios de química e de informática, espaços esses em que a Química pode ser abordada, como será exemplificado, em seus três níveis de representação.

Uma das possibilidades de exploração dos conceitos químicos no contexto escolar é a que faz uso de aulas teóricas, que abordem paralelamente os conceitos químicos em nível simbólico e microscópico. Entretanto, Rocha e Cavicchioli (2005) nos alertam da dificuldade que os estudantes enfrentam em entender a Química por meio do mundo microscópico e sugerem a necessidade de integração entre os níveis microscópico e macroscópico para os estudantes visualizem e interpretem corretamente os conteúdos químicos abordados.

A experimentação permite, no âmbito do ensino e da aprendizagem, a fusão dos universos microscópico e macroscópico, e também do simbólico na medida em que sua função

seja a de fazer com que a teoria (níveis microscópico e simbólico) se adapte à realidade numa dimensão visível (macroscópico).

Outro traço característico da experimentação é a possibilidade, para Romanelli e Justi (1997), de as aulas experimentais poderem despertar a curiosidade do estudante, por meio de atividades que mantenham a intersecção dos conceitos científicos com os fenômenos corriqueiros. Oliveira, Filho e Andrade (2011), constataram que as aulas práticas costumam ser mais atraentes e motivadoras (se comparadas a aulas teóricas), por conta em especial de dois aspectos. O primeiro, a visualização de um fenômeno químico a olho nu, pode facilitar a aprendizagem e compreensão do fenômeno estudado de um ponto de vista macroscópico. O segundo, de caráter mais subjetivo, refere-se à motivação derivada da visualização do experimento, a qual pode motivar o estudante, comprometendo-o ainda mais com sua aprendizagem. Um estudo realizado por Santos e Schnetzler (1996) com professores de Química apontou como principal resultado a importância da inclusão da experimentação, que legitima o caráter investigativo dessa ciência.

Em virtude dessas considerações, julgamos relevante uma abordagem em que coexistam aulas teóricas e práticas como meio de promover a compreensão dos conteúdos químicos, pois, como Giordan (1999) assinala, essa pode ser uma forma dinâmica para tornar o próprio ensino de Química mais atraente. Esse ensino deve despertar o interesse dos estudantes, deve ser motivador, lúdico e inicialmente ligado aos sentidos. Um ensino que privilegia a fusão de aulas teóricas e práticas potencializa a transição entre os três níveis essenciais para a compreensão do conhecimento químico, resgatando assim uma faceta absolutamente essencial dessa ciência. Adicionalmente, a criação de problemas e desafios que estimulem a curiosidade e os questionamentos dos estudantes, por meio do confronto de ideias (eventualmente) inconsistentes por eles apresentadas, promovem o envolvimento e interesse dos estudantes, tornando-os mais ativos (GUIMARÃES, 2009).

A segunda estratégia aqui selecionada consiste no emprego de softwares livres para o auxílio ao ensino de Química, não perdendo de vista que esse ensino, como já demonstrado, deveria contemplar a exploração concomitante dos níveis macroscópico, microscópico e simbólico de representação. Em vista disso, selecionamos o emprego de softwares computacionais como outra possível estratégia de ensino; essa escolha é favorecida pelo fato de a maioria das escolas dispor de um laboratório de informática dotado de computadores com acesso livre à internet (FAGUNDES, 2008). Num estudo bastante completo, Santos, Wartha e Filho (2010) apresentam uma relação de softwares livres que podem ser empregados no ensino de Química. Foram encontrados 52 softwares livres classificados no *Journal of Chemical Education* por Vieira, em 1997. Algumas das categorias empregadas para classificar os softwares computacionais são: i) jogo educacional; ii) simulação; iii) cálculo computacional; iv) exercício e prática; v) modelagem;

vi) experimento; vii) tabela periódica, dentre outras categorias³. Evidencia-se assim a existência de todo um cabedal de programas educacionais que podem ser empregados no ensino de Química.

O uso de softwares computacionais no ensino vem de longa data; no entanto, com a popularização do computador (GIORDAN, 2005) esse uso sofreu um grande incremento. Ferreira (1998) afirma que a educação é uma das áreas que mais está sendo afetada por essa “onda tecnológica”, que já afetou de forma definitiva vários setores da sociedade. Giordan e Góis (2005) apontam o uso de computadores como ferramenta de aprendizado que auxilia os estudantes a representar simbolicamente os fenômenos químicos nas três dimensões (macro, micro e simbólica) por meio de construções e visualizações de animações dinâmicas projetadas bidimensionalmente e tridimensionalmente.

Um estudo que endossa o caráter substancial do uso de softwares computacionais no ensino de Química foi realizado por Carvalho (2009) que investigou a possibilidade do software educativo ChemsSketch servir como instrumento para a exploração de conceitos, exploração essa mediada pela possibilidade renovada de construção de representações simbólicas no ensino da geometria molecular com estudantes do Ensino Médio. Para as simulações foram selecionadas as espécies químicas mais trabalhadas no Ensino Médio; para a investigação da evolução das representações dos estudantes foram realizados pré-testes e pós-testes. A evolução nas representações simbólicas e na organização atômica foi nitidamente perceptível, e determinadas peculiaridades da geometria molecular foram valorizadas, como, por exemplo, a escolha do átomo central na distribuição geométrica. Outro aspecto que merece destaque nesse estudo é o que diz respeito à melhora nas representações tridimensionais, e nesse quesito o software empregado teve uma contribuição decisiva.

Um relato das performances dos estudantes ao empregar o software Construtor a fim de explorar as representações de partículas por meio de aplicativos computacionais é feito por Giordan e Góis (2005), que identificam a apropriação da simbologia adequada ao modelo de partícula a partir da interpretação feita pelos estudantes de fenômenos e propriedades macroscópicas advindas da criação de objetos moleculares virtuais, com dimensões bidimensionais, além de interfaces de criação, simulação e animações tridimensionais. Adicionalmente, os estudantes do grupo investigado apresentaram grande desenvoltura no uso da ferramenta computacional acima referida.

Neste sentido, é inconteste que o uso de softwares computacionais no ensino de Química potencializa o processo de ensino e aprendizagem, visto o caráter dinâmico e a margem de interação forjada nas simulações, o que estimula o estudante a construir e desenvolver atividades

³ As demais categorias podem ser conferidas no endereço eletrônico:
<http://www.xvneq2010.unb.br/resumos/R0981-1.pdf>.

propostas pelo professor. A principal vantagem encontra-se na possibilidade dos estudantes obterem resultados imediatos, decorrentes da modificação de situações e condições, além de minimizar as dificuldades da aprendizagem (DALLACOSTA, FERNANDES e BASTOS, 1998; EICHLER e DEL PINO, 2000; WU e SHAH, 2004; GIORDAN e GÓIS, 2005; CARVALHO, 2009; RAUPP et al., 2010; FERREIRA, ARROIO e REZENDE, 2011;).

Em síntese, existem duas premissas no uso de softwares computacionais no ensino de Química. A primeira delas se refere à possibilidade de modelização da Química dita abstrata, acoplada a uma variedade de representações, o que segundo Wu e Shah (2004) é uma condição que pode se revelar decisiva para o sucesso da aprendizagem. A segunda é de que os softwares computacionais auxiliam a interação e transição entre os universos macro, micro e simbólico apresentando a natureza dinâmica e interativa da Química (WU e SHAH, 2004), promovendo assim uma riqueza de representações. Desta forma, o conhecimento químico é aproximado do contexto do estudante.

Esses estudos demonstram que as contribuições do uso de softwares computacionais no ensino de Química constituem-se numa alternativa viável na diluição das dificuldades impostas pelos três níveis de representação dos conceitos químicos: macroscópico, microscópico e simbólico. Além disso, são propiciadas inúmeras formas adicionais de representação e visualização do nível microscópico, ajudando, desse modo, a superar uma das maiores dificuldades na construção do conhecimento, que é a visualização do nível microscópico.

Algumas barreiras

Seria no mínimo temerário apontar a experimentação e o uso de softwares computacionais como estratégias de ensino e não apontar algumas limitações ou barreiras que podem causar o insucesso, parcial ou não, dessas estratégias.

A experimentação, sempre concebida como a exploração de aulas práticas a serem realizadas no laboratório de Química da escola é uma metodologia pouco empregada, devido à maioria das escolas não ter um laboratório devidamente equipado, com os materiais e reagentes necessários; Silva (2011) é enfático ao ressaltar esse aspecto. Desta forma, existe um anseio de exploração de aulas experimentais com o propósito de facilitação a compreensão dos conteúdos, como também da dinâmica para tornar o próprio ensino de Química mais atraente, pois desperta o interesse dos estudantes, devido ao seu caráter motivador, lúdico e essencialmente ligado aos sentidos (GIORDAN, 1999). Mas existem também alguns entraves que colaboram para que o sucesso dessas estratégias experimentais seja menor que o possível e desejável.

Num estudo de caso com alguns professores de uma escola pública, Pauletti (2013) constatou a baixa incidência do uso do laboratório de Química, em média, duas a três vezes ao

ano. E nas raras vezes que esse espaço é ocupado, frequentemente a estratégia didática predominante é a de aulas expositivas, e, no máximo, os estudantes apenas assistem a demonstrações executadas pelo professor. Essas distorções nos objetivos das aulas práticas no ensino de Química, ou o que é ainda mais grave, a pura e simples ausência de aulas práticas, não se constituem em nenhuma novidade: Axt (1991) já alertara sobre essa ausência nas escolas da rede pública, a despeito de a Química se constituir numa ciência de natureza experimental. Outro aspecto que se sobressaiu neste estudo de caso referiu-se ao tempo disponível – exíguo - para a exploração coerente e consistente desse espaço, acrescido do agravante da penúria de reagentes químicos, aliada a uma estrutura defasada e com restritas condições de segurança, visto que nunca sofreu qualquer vistoria ou melhora (PAULETTI, 2013).

Em relação aos entraves que podem ser associados ao uso de softwares computacionais, encontramos em Santos, Wartha e Filho (2010) uma relação bastante completa: i) a maioria dos softwares refere-se ao tema tabela periódica, tornando-se assim pouco atraentes para os estudantes, porque existem poucas informações adicionais que façam sentido, do ponto de vista do cotidiano dos estudantes; ii) os softwares são desenvolvidos e utilizados com o idioma inglês e a grande maioria dos estudantes tem dificuldade neste idioma; iii) a incompatibilidade de sistemas, tendo em vista que a maioria das escolas utilizam o sistema operacional Linux (no qual a disponibilidade de simulações é proporcionalmente pequena), comumente empregado por ser um sistema operacional livre; iv) existem poucos softwares com versão online, que podem ser acessados com qualquer sistema operacional, bastando apenas o acesso à internet.

No estudo de caso supracitado, ficou evidenciada também a exploração reduzida da tecnologia digital na escola, mesmo considerando que os primeiros movimentos de inserção da tecnologia nesse contexto se deram já há muito tempo; nos anos 80 já era proposto o projeto EDUCOM⁴. Passadas três décadas, a sensação é de que não houve avanços significativos que legitimassem o uso dessa tecnologia nas escolas públicas. Lamentavelmente, parece que o máximo que se atingiu se resume à implantação de um laboratório de informática com acesso à banda larga (internet) nas escolas; a exploração desse espaço - quando ocorre – reduz-se pura e simplesmente à coleta (mais ou menos aleatória) de dados da internet, e assim mesmo se restringe a (tipicamente) duas ocorrências ao ano (PAULETTI, 2013). Chartier (2007), afirma que a grande maioria desses laboratórios caíram em desuso devido à falta de políticas públicas de qualificação dos professores e da burocracia imposta pelas escolas ao seu acesso. O autor aponta ainda que é preciso desenvolver políticas públicas que se comprometam com a utilização consciente da tecnologia na sala de aula, ou seja, não basta informatizar a escola, é necessário capacitar os professores para utilizarem adequadamente essa ferramenta.

⁴ Foi o primeiro projeto público a tratar da informática na educação (LOUREIRO e LOPES, 2012).

Ferreira (1998) também destaca a falta de preparação dos professores. Esse autor indica que existe um movimento messiânico na sociedade, que atribui à inserção da tecnologia o dom de “antídoto” para os problemas da educação. Nesta visão messiânica, a inserção do computador é vista como uma maneira de salvar a excelência do ensino; como num passe de mágica, os estudantes se livrariam de aulas monótonas e chatas, sendo assim automaticamente eliminadas as aulas “tradicionais” (FERREIRA, 1998).

Considerações finais

A ideia – fecunda - da Química como uma ciência visual esbarra num ensino que requer metodologias que permitam a exploração desta ciência numa dimensão visível, a partir do emprego de múltiplas estratégias de ensino. Outro traço característico da Química como uma ciência visual é abordagem dos três níveis de representação: macroscópico, microscópico e simbólico. Essa condição é promovida, por exemplo, na experimentação, que permite uma troca permanente entre teoria e prática, galgando assim mais um degrau na direção de uma teoria revestida de significados. Outro componente importante é o caráter motivacional da experimentação no ensino de Química (OLIVEIRA, FILHO e ANDRADE, 2011).

Já o emprego de softwares computacionais no ensino de Química leva a uma multiplicação adicional das possibilidades de representação, em especial no que diz respeito aos níveis macroscópico, microscópico e simbólico, decisivos no aprendizado da Química. Além desta estratégia de ensino facilitar a aprendizagem, torna o ensino de Química mais atraente e interessante (CARDOSO e COLINVAUX, 1999). Esta é uma condição para aumentar a produtividade e eficiência, como também aumenta a capacidade de compreensão dos estudantes em função do aprendizado visual, que é nitidamente reforçado. Em síntese, conforme declaram Dallacosta, Fernandes e Bastos (1998) o uso de softwares computacionais motiva os estudantes a aprender.

Referências

AXT, R. O papel da experimentação no ensino de ciências. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. (org.).

Tópicos em ensino de ciências. Porto Alegre: Sagra, 1991.

CARDOSO, S. P; COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar Química. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 401-4, maio/jun. 1999.

CARVALHO, C. R. da S. Simulação computacional: um instrumento que influencia e potencializa conceitos nas representações simbólicas no ensino da geometria molecular. **III Simpósio e VI Fórum Nacional de Educação.** Torres, 2009. Disponível em:

R. B. E. C. T., vol 7, núm. 3, set-dez.2014 ISSN - 1982-873X

DOI: Em andamento.

<http://forum.ulbratorres.com.br/2009/mesa_texto/MESA%2014%20D.pdf>. Acesso em: 20 out. 2012.

CHARTIER, R. Os livros resistirão às tecnologias digitais. **Revista Nova Escola**. São Paulo, v. 22, n. 201, p. 22-6, ago. 2007.

DALLACOSTA, A.; FERNANDES, A. M. da R.; BASTOS, R. C. Desenvolvimento de um software educacional para o ensino de Química relativo à tabela periódica. **IV Congresso RIBIE**. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt200342412827160.PDF>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

EICHLER, M.; DEL PINO, J. C. Computadores em educação Química: estrutura atômica e tabela periódica. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 6, p. 835-840, nov./dez. 2000.

FAGUNDES, L. da C. Tecnologia e educação: a diferença entre inovar e sofisticar as práticas tradicionais. **Revista Fonte**, Belo Horizonte, ano 5, n. 8, p. 6-14, dez. 2008.

FERREIRA, V. F. As tecnologias interativas no ensino. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 6, p.780-6, nov./dez. 1998.

FERREIRA, C.; ARROIO, A.; REZENDE, D. de B. Uso de modelagem molecular no estudo dos conceitos de nucleofilicidade e basicidade. **QuímicaNova**, São Paulo, v. 34, n. 9, p. 1661-5, set. 2011.

GABEL, D. L. Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. **JournalofTurkish Science Education**, v. 70, n. 3, p. 193-4, mar. 1993.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, p. 43-9, nov. 1999.

GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 279-304, ago. 2005.

GIORDAN, M.; GÓIS, J. Telemática educacional e ensino de Química: considerações sobre um construtor de objetos moleculares. **Linhas Críticas**, Brasília, v. 11, n. 21, p. 285-301, jul. 2005.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 198-202, ago. 2009.

JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of Chemistry - Logical or Psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

OLIVEIRA, C. A. F. de; FILHO, J. B. M. de R.; ANDRADE, L. R. de. Identificação de ácido salicílico em produtos dermatológicos utilizando-se materiais convencionais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 125-9, maio. 2011.

LOUREIRO, C. B.; LOPES, M. C. Tecnologias da informação e comunicação na educação: outras formas de condução das condutas. In: **35 Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação – ANPED**, Porto de Galinhas. v. 1. p. 1-16, out., 2012.

Disponível em:

<http://35reuniao.anped.org.br/images/stories/trabalhos/GT16%20Trabalhos/GT16-2284_int.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2013.

NETO, A. S. de A.; RAUPP, D. T.; MOREIRA, M. A. A evolução histórica da linguagem representacional Química: uma interpretação baseada na teoria dos campos conceituais.

Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências – VII ENPEC. Florianópolis, nov. 2009. Disponível em:

<<http://www.foco.fae.ufmg.br/viiienpec/index.php/enpec/viiienpec/paper/view/528>>. Acesso em: 27 maio. 2012.

PAULETTI, F. **O ensino de química e a escola pública**: a isomeria geométrica mediada pelo uso de programas computacionais. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, 2013.

RAUPP, D. T. **Um estudo de caso sobre a compreensão de conceitos químicos mediante visualização de representações computacionais 3D utilizando o referencial de Campos Conceituais**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Canoas, 2010.

RAUPP, D. et al. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v. 9, n. 1, p. 18-34, 2010.

RIBEIRO, A. A.; GRECA, I. M. Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 542-9, jul./ago., 2003.

ROCHA, J. R. C. da; CAVICCHIOLI, A. Uma alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, no Ensino Fundamental e Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 21, p. 29-33, maio. 2005.

ROMANELLI, L. I.; JUSTI, R da S. **Aprendendo Química**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1997.

SANTOS, W. L. P. dos; MÓL, G. de S. (coord.). **Química e sociedade**: volume único, Ensino Médio. São Paulo: Nova Geração, 2005.

- SANTOS, D. O.; WARTHA, E. J.; FILHO, J. C. da S. Softwares educativos livre para o ensino de Química: análise e categorização. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química - XV ENEQ**. Brasília, jul. 2010. Disponível em: <<http://www.xveneq2010.unb.br/resumos/R0981-1.pdf>>. Acesso em: 01 maio. 2012.
- SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. Função social: o que significa ensino de Química para formar o cidadão? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 4, p. 28-34, nov. 1996.
- SILVA, A. M. da. Proposta para tornar o ensino de Química mais atraente. **Revista de Química Industrial - RQI**, Rio de Janeiro, n. 731, p. 7-12, 2011.
- SOUZA, K. A. de F. D. de; CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 27, p. 51-6, fev. 2008.
- SIRHAN, G. Learning difficulties in chemistry: an overview. **Journal of Turkish Science Education**, v. 4, n. 2, p. 2-20, set. 2007.
- WU, H.; SHAH, P. Exploringvisuospatial thinking in chemistry learning. **Science Education**, v. 88, n. 24, p. 465-492, abr. 2004.
- WU, H.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, abr. 2001.

Fabiana Pauletti - Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestre em Educação pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Graduada em Química pela UCS. E-mail: fabiana.pauletti@acad.pucrs.br.

Marcelo Prado Amaral Rosa - Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre em Educação pela UCS. Graduado em Química pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI). E-mail: marcelo.pradorosa@gmail.com.

Francisco Catelli - Possui doutorado em Educação pela UniversitéLaval. Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da UCS. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCS. E-mail: fcatelli@ucs.br.