

VISUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: APONTAMENTOS PARA A PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS EDUCACIONAIS

Leila Cardoso Teruya e Guilherme Andrade Marson*

Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes, 748, 05508-000 São Paulo - SP, Brasil

Celeste Rodrigues Ferreira e Agnaldo Arroio

Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, Av. da Universidade, 308, 05508-040 São Paulo - SP, Brasil

Recebido em 11/4/12; aceito em 12/11/12; publicado na web em 18/2/13

VISUALIZATION IN CHEMISTRY EDUCATION: DIRECTIONS FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL RESOURCES. Visualization is a fast-growing field in science education. This review covers 171 articles published between 2001 and 2010 in 14 science education journals. Major findings include: i - despite the predominance of English speaking countries, interest in the topic has increased in several countries; ii - qualitative research is increasing, but quantitative methodologies prevail; iii - the role of peer interaction in group activities is little investigated; iv - research on the way students and teachers use visualization tools is increasing, but most publications focus on the tools; v - structure of matter remains the most common subject covered.

Keywords: visualization; chemical education; educational research.

INTRODUÇÃO

Dentre os diversos temas contemplados pela pesquisa em ensino de ciência e, especificamente, de química, a visualização tem sido objeto de estudo recorrente, uma vez que pesquisadores da educação e professores de química têm reconhecido a importância do assunto para o ensino dessa ciência.¹ Há, inclusive, edições especiais dedicadas ao tema, como a edição número 3 (*Visual and Spatial Modes in Science Learning*) do periódico *International Journal of Science Education*, publicada em 2009. No período entre 2001 a 2010, o crescente número de estudos dedicados ao tema tornou a pesquisa em visualização no ensino de química consideravelmente mais densa e diversa, ao que se associa formidável volume de informação.

Gobert² afirma que os três usos mais comuns do termo visualização na psicologia e na pesquisa educacional incluem três processos distintos, mas não exclusivos: visualização como representações externas, que se referem a formas de representação com finalidade didática, como gráficos, diagramas, modelos e simulações; visualização como representações internas, definidas como construtos mentais internos ou modelos mentais; e visualização como habilidade espacial, que compreende a habilidade visuoespacial de lidar com informações desse gênero.

Ainda, de acordo com Gilbert, Reiner e Nakhleh,³ encontramos na literatura dois significados diferentes para o uso do termo visualização:

- 1º significado: o termo visualização é usado como “verbo”, visualizar algo, atuar mentalmente sobre uma representação visual, ou seja, atribuir significado. Nestes trabalhos, discutem-se questões relacionadas com a forma como as representações visuais (internas e externas) transformam-se em conhecimento, quais serão os processos mentais envolvidos na atribuição de significado a uma representação visual.⁴
- 2º significado: o termo visualização é usado como “nome”, algo que foi colocado à disposição de um público, na forma de um objeto material ou virtual. Os estudos que adotam essa convenção analisam

o impacto das representações virtuais, ou o uso combinado de vários tipos de ferramentas visuais na aprendizagem.⁵

Para Gilbert *et al.*,⁶ a visualização está relacionada à formação de uma representação interna a partir de uma representação externa, de tal modo que a essência e as relações temporais e espaciais características da representação externa são retidas. Os autores também defendem que a visualização é fundamental para o ensino de química, considerando a necessidade de se aprender os modelos científicos já estabelecidos e aprender a desenvolver novos modelos de natureza tanto quantitativa quanto qualitativa. Ainda sobre modelos científicos, Justi e Gilbert⁷ lembram que a educação em química requer o aprendizado de modelos, isto é, a formação de representações mentais apropriadas, sem as quais os estudantes podem ter dificuldades de aprendizado.

Estas, segundo Chittleborough e Treagust,⁸ podem ser atribuídas à natureza dual da química, que apresenta tanto as características reais e visíveis do nível macroscópico quanto as reais, mas não tão visíveis, do nível submicroscópico. De acordo com os autores, seria exatamente essa impossibilidade de enxergá-lo, refletida em modelos mentais pobres envolvendo a estrutura da matéria, que tornaria o nível submicroscópico de difícil compreensão para os estudantes.

Considerando que as representações visuais fornecem um meio de tornar visíveis os fenômenos que não podem ser captados por nossa visão⁹ e que a efetividade no ensino de química depende tanto da habilidade do professor em explicar conceitos abstratos e complexos quanto da habilidade dos estudantes em compreender tais explicações,¹⁰ as representações visuais têm sido empregadas para auxiliar os estudantes a aprenderem conceitos químicos pela construção de seus próprios modelos mentais.^{1,8} Apesar disso, alguns autores ressaltam que o ensino de química e a pesquisa educacional historicamente enfatizaram o aprendizado e a informação verbal, deixando as representações visuais em segundo plano, como se o uso de imagens implicasse a aprendizagem tácita dos conceitos.^{9,11}

A relação entre visualização e o ensino de química foi apontada no estudo de Wu e Shah.¹ Os autores realizaram uma revisão bibliográfica com foco em três aspectos: correlação entre habilidades espaciais e aprendizado de química; erros conceituais e dificuldade

*e-mail: gamarson@iq.usp.br

de se entender representações visuais; e ferramentas de visualização desenvolvidas para superação dessas limitações. Os resultados da pesquisa mostraram uma correlação positiva entre êxito no aprendizado de química e melhores habilidades visuoespaciais, além do fato de que muitos dos erros conceituais apresentados pelos estudantes são decorrentes da falta de entendimento adequado das representações visuais. Entretanto, tais representações invariavelmente acabam se restringindo a determinados aspectos dos conceitos e princípios estudados,¹¹ o que exige dos estudantes habilidades visuoespaciais para visualizar aquilo que não está explícito na representação original. Essa dificuldade é bastante recorrente quando é cobrada dos estudantes, por exemplo, a visualização tridimensional de moléculas que estão representadas bidimensionalmente em livros didáticos.¹²

Em relação às habilidades de visualização, Costa et al.¹³ alertam para o fato de que os alunos apresentam níveis de literacia visual diferentes, de modo que podem interpretar aquilo que veem de diversas maneiras.

Schonborn e Anderson¹⁴ complementam que são poucas as instituições de ensino que explicitamente ensinam essas habilidades aos alunos, uma vez que é comum a suposição errônea de que as mesmas, assim como outras habilidades cognitivas, podem ser adquiridas automaticamente, pela simples realização de algumas atividades que exigem visualização ou pelo uso de ferramentas de visualização. Esta situação deve-se muito provavelmente à pouca importância dada, ainda, ao uso destas ferramentas nos cursos de formação inicial, tal como constataram Ferreira e Arroio,¹⁵ e, por conseguinte, a uma formação superficial e pouco sólida nesta área.

Apesar da elevada importância que vários autores atribuem ao uso de visualizações, no sentido de estas auxiliarem os alunos a construir os seus próprios modelos mentais, Kozma e Russell¹⁶ atribuem às representações visuais um papel importante dentro da perspectiva da Teoria Situativa.¹⁷ De acordo com estes autores, é através destas representações que os químicos conseguem visualizar, discutir e compreender objetos e processos que não estão presentes ou não são visíveis numa dada situação. Na sala de aula, a presença destes recursos permitiria aos alunos interagirem entre si à medida que se engajam nas atividades propostas pelo professor, criando, segundo essa teoria, uma comunidade de práticas. Sendo assim, as representações visuais seriam úteis para construir e comunicar conhecimento, e serviriam para encorajar os alunos a formularem e avaliarem hipóteses, construir argumentos e conclusões.

Marson e Torres¹⁸ lembram ainda que o uso de recursos de visualização pode contribuir para o melhor entendimento, entre os estudantes, dos diferentes níveis de representação da química e como os mesmos se integram.

Em vista da importância da visualização no ensino de química e da crescente produção acadêmica na área observada na década de 2001 a 2010, o presente estudo teve como objetivo atender à necessidade de se identificar tendências, sistematizar conceitos e propor direções investigativas para a pesquisa em visualização no ensino de química.¹⁹ Para tanto, neste trabalho é apresentado o produto da análise de estudos publicados em periódicos relevantes da área de ensino de ciências.

Megid Neto e Pacheco²⁰ e Haddad²¹ caracterizam esse tipo de pesquisa como um campo de estudo que analisa, num recorte temporal definido, as características da evolução histórica, tendências temáticas, metodológicas, os principais resultados das investigações, problemas e limitações que devem ser objeto de análise em relação às produções acadêmicas em uma determinada área de pesquisa.

Na área do ensino de química, Schnetzler²² realizou uma revisão abrangendo o período de 1977 a 2001. A autora traçou um panorama da pesquisa em ensino de química no Brasil a partir do levantamento e análise de artigos publicados em *Química Nova* e *Química Nova*

na *Escola*, resumos de teses e dissertações sobre o assunto, além de resumos publicados nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Seguindo linha de pesquisa semelhante, Francisco e Queiroz²³ concentraram sua revisão em resumos na área de ensino apresentados nas Reuniões Anuais da SBQ entre 1999 e 2006.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Foram selecionados e analisados 171 artigos publicados entre 2001 e 2010.

Seleção de artigos para o estudo

Os artigos foram selecionados individualmente em três etapas:

- 1) seleção por periódico - os seguintes periódicos foram escolhidos, dada sua ampla circulação e reconhecida qualidade na área da pesquisa educacional: *Journal of Chemical Education* (J. Chem. Educ.), *Biochemistry and Molecular Biology Education* (BAMBED), *Research in Science Education* (Res. Sci. Educ.), *Science & Education* (Sci. Edu.), *Chemical Education Research and Practice* (Chem. Educ. Res. Pract.), *Computers & Education* (Comput. Educ.), *Journal of Research in Science Teaching* (J. Res. Sci. Teach.), *International Journal of Science Education* (Int. J. Sci. Educ.), *Problems of Education in 21st century* (PEC), *Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias* (REEC), *Journal of Science Education and Technology* (J. Sci. Educ. Technol.), *Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências* (RBPEC), *Química Nova* (Quim. Nova), *Química Nova na Escola* (QNES);
- 2) seleção por análise dos títulos e palavras-chave - número a número, os periódicos indicados na 1ª etapa foram consultados, identificando-se artigos cujos títulos sugerissem conteúdos relevantes para este estudo. Adicionalmente, empregou-se a busca por termos tais quais 'visualização', 'habilidades visuoespaciais' e 'literacia visual' (e os correspondentes em língua inglesa) no descritor de palavras-chave dos artigos;
- 3) seleção por resumos - os resumos dos artigos cujos títulos ou palavras-chave foram considerados de interesse foram então analisados a fim de se confirmar se tais trabalhos de fato se relacionavam ao tema desta pesquisa. Em caso positivo, o artigo em si foi analisado e, confirmado seu enquadramento no escopo deste estudo, classificado em descritores.

Tal procedimento baseia-se nas premissas de que, conforme indica Severino (p. 62):²⁴ os títulos "devem dar a ideia a mais exata possível do conteúdo do setor que intitulam"; e que os resumos, em princípio, facilitam a divulgação dos trabalhos produzidos na esfera acadêmica com mais abrangência.²⁵

Classificação dos artigos selecionados

Os artigos assim selecionados foram classificados de acordo com os seguintes descritores:

1. país de origem do autor principal - refere-se ao país da instituição de filiação do primeiro autor e não, necessariamente, à nacionalidade do mesmo;
2. tipo de artigo - inclui as categorias 'investigação' (identificam-se uma pergunta e a condução da pesquisa para abordá-la), 'metodologia de ensino' (proposição de alternativas metodológicas com foco na visualização), 'recurso didático' (relatos de novos recursos didáticos, sem indicação de avaliação ou vinculação à investigação) e 'revisão';
3. conceitos químicos - para maior facilidade do tratamento e interpretação dos dados, os inúmeros conceitos citados foram reunidos em 7 grupos mais frequentes: 'estrutura da matéria'

(ex.: ligação química, estrutura atômica, natureza particulada da matéria), 'propriedades moleculares' (ex.: interações intermoleculares, simetria, isomeria), 'bioquímica' (ex.: proteínas, ácidos nucleicos, transporte celular), 'físico-química' (ex.: equilíbrio químico, cinética, eletroquímica), 'química geral' (ex.: estequiometria, reações, substâncias simples e compostas), 'técnicas de laboratório' (ex.: cromatografia, titulação, separação de misturas) e 'outros' (conceitos de menor ocorrência);

- metodologia usada no contexto educacional - corresponde ao método de trabalho utilizado, no que diz respeito às estratégias de ensino empregadas. Inclui as categorias 'trabalho em grupo', 'trabalho individual', 'aula expositiva', 'laboratório', 'grupo de discussão', 'outros' (metodologias diferentes das citadas) e 'não explicitado' (metodologia não explicitada);
- metodologia de pesquisa educacional - refere-se ao método de pesquisa selecionado para atender aos objetivos da pesquisa. Abrange as categorias 'análise comparativa de pré e pós-testes', 'questionário para coleta de dados analisados de forma quantitativa', 'questionário para coleta de dados analisados de forma qualitativa', 'avaliação tipo *likert*', 'análise de desenho', 'gravação em vídeo ou áudio', 'entrevistas livres, estruturadas ou semiestruturadas', 'outros' (metodologias diferentes das citadas) e 'não explicitado' (metodologia não explicitada);
- meio suporte didático - relacionado ao tipo de recurso didático utilizado no trabalho, contemplando as categorias 'interativo' (programa computacional que oferece ao usuário algum grau de interatividade), 'modelo molecular físico' (de qualquer material), 'animação' (vídeo com animação, sem interatividade, com possibilidades mínimas de controle, como tocar, pausar etc.), 'ilustrativo papel' (ilustrações presentes em livro e qualquer outro material impresso), 'ilustrativo eletrônico' (ilustrações apresentadas em mídia eletrônica) e 'outros' (outros meios suporte diferentes dos citados).

Os descritores 'conceitos químicos', 'metodologia usada no contexto educacional', 'metodologia de pesquisa educacional' e 'meio suporte didático' admitiam classificação em mais de uma categoria (i.e. duas ou mais metodologias de pesquisa, estudo com dois ou mais tipos de suporte didático). Nesses casos, o número total de categorias no descritor pode ser maior que o número total de artigos analisados.

Os dados obtidos foram compilados em uma planilha eletrônica e analisados em termos da frequência de ocorrência das categorias nos diversos descritores (material suplementar).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção por periódico

O primeiro critério de classificação analisado foi a produção bibliográfica por periódico. Dentre as revistas pesquisadas, o *J. Chem. Educ.* é o periódico com mais publicações na área de visualização (77), seguido, na maior parte dos anos, pela *BAMBED* (21), *J. Sci. Educ. Tech.* (12) e *Chem. Edu. Res. Pract.* (11). Cada um dos demais periódicos é responsável por menos de 5% do total de artigos analisados. O periódico *Sci. Educ.* apresenta 6 trabalhos. Com igual número de publicações, aparecem as revistas *Comput. Educ.* e *PEC* (8), *J. Res. Sci. Teach.* e *Int. J. Sci. Educ.* (7), *Res. Sci. Educ.*, *REEC* e *Quim. Nova* (4), *RBPEC* e *Qnesc* (1). A partir desses dados, verifica-se que, considerando os periódicos nacionais, há um total de 6 publicações sobre o tema visualização.

Os quatro periódicos com maior número de publicações sobre visualização também apresentam os maiores números de publicações gerais, dentre os periódicos pesquisados. Um ponto interessante a discutir é o destaque da *BAMBED*, uma revista voltada para a área

de educação em bioquímica e biologia molecular, entre os periódicos com mais artigos sobre o tema.

Como ressaltam Schonborn e Anderson,¹⁴ é consenso entre bioquímicos a relevância da visualização e das ferramentas de visualização para o entendimento de biociências tanto em nível celular quanto molecular. Apesar dos diferentes tamanhos, esses níveis estão presentes na proposta de Talanquer,²⁶ que amplia a ideia de que o conhecimento químico pode ser expresso em três componentes: macroscópico, microscópico e simbólico.²⁷ Para Talanquer, o conhecimento químico pode ser de três tipos diferentes: experiência (empírico), modelo (explicativo) e visualização (signos visuais). Ele pode estar compreendido ainda em escalas de tamanho variadas, estando os níveis subatômico e macroscópico em seus extremos. Completando a proposta, o conhecimento químico também poderia ter diferentes dimensões (estrutura/composição, energia e tempo) e ser abordado de formas distintas (matemática, conceitual, contextual e histórica).

Acerca das revistas brasileiras, vale destacar o discreto aumento das publicações sobre visualização nas mesmas, em consonância com o crescente número de resumos na área de pesquisa em ensino de química publicados nas Reuniões Anuais da SBQ ao longo dos anos.^{22,23}

Produção por país

A produção bibliográfica por país da instituição de filiação do primeiro autor a cada ano pode se visualizada na Figura 1.

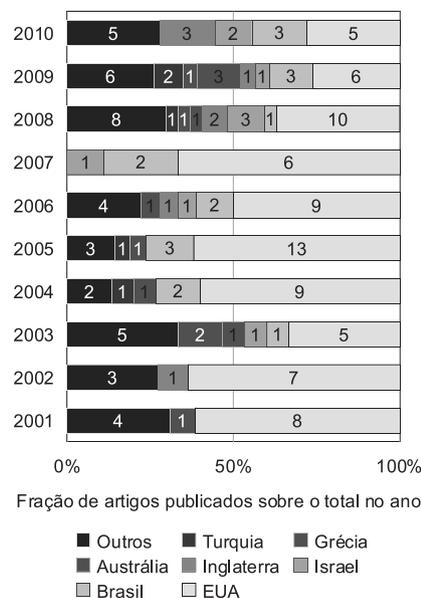


Figura 1. Produção anual por país de origem da instituição de filiação do primeiro autor. Os dados em barras exprimem para cada ano a produção em termos do % do total de artigos publicados no ano. Os números nas barras indicam os valores absolutos. Foram considerados os 8 países de produção mais expressiva. A categoria outros inclui os países Canadá, Taiwan, México, Portugal, África do Sul, Espanha e Suíça

Os resultados revelam que os Estados Unidos são o país com maior número de publicações na área de visualização (78), sendo Brasil (17), Israel (9), Reino Unido (8) e Austrália (7) os próximos países que mais contribuem com publicações. Sobre a posição de destaque do Brasil neste levantamento, ressalta-se que a maior parte dos trabalhos (12) não foi publicada em periódicos nacionais, mas sim nos estrangeiros. Salienta-se ainda nestes resultados que, dentre esses cinco países, três têm o inglês como idioma oficial, que é a língua em que se publicam os artigos nos principais periódicos

internacionais. Este deve ser um fator facilitador para a publicação de artigos para estes países, como hipotetizam Lee *et al.*²⁸ Segundo os autores, os quatro países que mais publicaram entre 2003 e 2007, considerando três diferentes jornais da área de ensino, foram Estados Unidos, Austrália, Reino Unido e Canadá, todos falantes do inglês. Por outro lado, na mesma revisão, foi mostrado que os países em que o inglês não é o idioma oficial têm aumentado suas contribuições na literatura de pesquisa em ensino de ciências. Resultado semelhante foi encontrado no presente estudo, uma vez que a diversidade de países com publicações na área de visualização aumentou nos últimos anos.

Produção por tipo de artigo

De acordo com a Figura 2, que aponta a produção por tipo de artigo a cada ano, os artigos do tipo recurso didático, que tratam do desenvolvimento e avaliação de recursos didáticos, representam a maior parte dos artigos publicados em quase todo o período, sendo verificado ligeiro declínio nos últimos anos, com aumento também pequeno da participação de artigos do tipo metodologia de ensino, em que aspectos metodológicos do ensino constituem o foco principal da pesquisa.

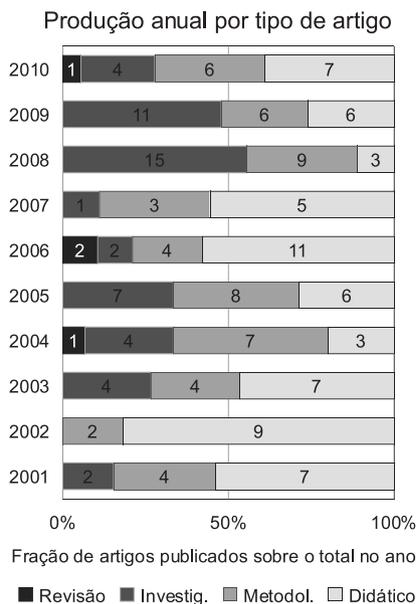


Figura 2. Produção anual por tipo de artigo. Os dados em barras exprimem para cada ano a produção em termos do % do total de artigos publicados no ano. Os números nas barras indicam os valores absolutos. Foram considerados os 4 tipos de artigos: i – Revisão: artigos de revisão; ii – Investig.: artigos de investigação; iii – Metodol.: artigos de metodologia de ensino; iv – Didático: artigos sobre recursos didáticos

Os dados obtidos indicam que os trabalhos de inovações didáticas e metodológicas, portanto, constituíram a maior parcela dos artigos publicados em todos os anos.

Os números encontrados são condizentes, em âmbito nacional, com os apresentados por Francisco e Queiroz.²³ Segundo levantamento realizado pelas autoras, os trabalhos classificados como de recursos didático e de conteúdo-método foram, em 1º e 2º lugares, respectivamente, os mais apresentados nas RASBQ no período de 1999 a 2006. Dessa forma, é plausível que os artigos sobre visualização sigam tendência semelhante, com destaque, no caso, para as ferramentas de visualização.

Wu e Shah¹ destacam que o grande interesse das pesquisas envolvendo recursos de visualização, que vão desde os modelos físicos até

os programas de computador, deve ser atribuído à importância que o raciocínio visuoespacial tem para a química. O uso de visualizações no ensino está imerso em várias correntes teóricas que vão desde as teorias socioculturais até as correntes de base mais internalista, apoiadas pelo forte desenvolvimento da psicologia cognitiva.

De acordo com a Teoria Sociocultural de Vygotsky,²⁹ as visualizações podem ser consideradas ferramentas de mediação semiótica, em que sistemas de signos são constantemente utilizados para mediar processos sociais (comunicar, construir conhecimento) e o pensamento. Em uma das suas palestras proferidas em 1930, dá exemplos de algumas destas ferramentas: *a linguagem; vários sistemas para contar; técnicas mnemônicas; sistema de símbolos e algébricos; trabalhos sobre arte; escritos; esquemas; diagramas; mapas e desenhos mecânicos; todo tipo de signos convencionais etc.*³⁰ Esta perspectiva sociocultural propõe-nos que o processo de significação, em sala de aula, seja concebido por uma prática social mediada pelo signo (por exemplo, visualização) e pelo outro (colegas e professores).³¹

Dentro da corrente da psicologia cognitiva, destacam-se a Teoria da Codificação Dual de Allan Paivio,³² a Teoria da Carga Cognitiva de John Sweller³³ e a Teoria de Aprendizagem por Multimídia de Richard Mayer.³⁴ Durante os últimos anos, muitos dos softwares e metodologias propostas no campo do ensino de ciências através do uso de ferramentas visuais têm sido inspiradas nestas teorias e no conhecimento atual sobre a arquitetura cognitiva. De acordo com Reed,³⁵ a arquitetura cognitiva inclui a descrição dos tipos de memórias de armazenamento de informação (curto e longo prazo), códigos de memória (associações semânticas, imagens visuais etc.) e operações cognitivas.

Embora esta questão seja polêmica, dado que uma representação mental é inacessível aos outros, é também nesta área que encontramos subsídios para compreendermos como representamos internamente informação, ou seja, que tipo de representações internas construímos a partir das representações externas. De acordo com Johnson-Laird,³⁶ existem três tipos de representações mentais:

- representações proposicionais, que são cadeias de símbolos (representações de significados totalmente abstraídas) relacionados por uma determinada sintaxe, verbalmente expressáveis;
- modelos mentais, que são análogos estruturais de objetos ou eventos que são espacial e temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo - e aí nos vêm imagens - e que, em geral, não retêm aspectos distintivos de uma dada instância de um objecto ou evento;
- imagens, que são representações bastante específicas que retêm muitos aspectos perceptivos de determinados objetos ou situações vistas de um ângulo particular.³⁷

Dado que o conhecimento químico é inerentemente multimodal e as palavras sozinhas não conseguem expressar todo este conhecimento,³⁸ vários autores³⁹ sugerem que o uso de visualizações adequadas levará à construção de modelos mentais adequados e que, sem estes, a aprendizagem em química se torna muito difícil. No entanto, o enfoque destes trabalhos centra-se, por vezes, na relação entre o sujeito e a ferramenta (visualização), sendo as interações sociais omitidas ou relegadas para segundo plano.

Estes estudos têm causado impacto na comunidade de ensino de química, na qual a necessidade e a proliferação de ferramentas visuais associadas ao uso de tecnologias são muito grandes, como já referido. Professores e educadores, nos seus respectivos contextos, estabelecem uma série de objetivos de aprendizagem para os seus alunos, numa tentativa de serem bem sucedidos; estes professores e educadores recorrem então, cada vez mais, ao uso de ferramentas de visualização.

Apesar do grande número de artigos sobre recursos didáticos e metodologias, observou-se um pequeno aumento relativo dos trabalhos investigativos, sugerindo que mais questões relacionadas

à visualização em ensino de química têm surgido e despertado o interesse dos pesquisadores.

Dentre as questões levantadas pelos pesquisadores, pode ser citado o efeito da utilização de ferramentas de visualização no aprendizado. Diversos estudos comparam grupos de pesquisa que fizeram uso de determinado recurso de visualização e grupos de controle que tiveram aulas sem o recurso ou com pouca ênfase em visualização,⁴⁰ trazendo, em sua maioria, conclusões favoráveis ao uso das ferramentas de visualização. A comparação entre diferentes modalidades de suporte didático também é objetivo recorrente de muitos estudos,⁴¹ cujos resultados tendem a associar o melhor aprendizado dos alunos à utilização de ferramentas de visualização mais dinâmicas.

Outra questão relevante é a influência do conhecimento prévio do aluno no aproveitamento dos recursos de visualização. De acordo com Liu *et al.*,⁴² alunos com domínio conceitual prévio de níveis diferentes adotam estratégias distintas quando resolvem problemas que envolvem simulação computacional; além disso, o conhecimento prévio também influenciaria a interação entre os alunos ao resolver os problemas. Ainda sobre o assunto, o estudo de Cook *et al.*⁴³ indica que alunos com melhor entendimento prévio de um conceito dirigem sua atenção visual a aspectos mais relevantes de uma representação visual e têm mais facilidade em coordenar representações micro e macroscópicas para compreender um fenômeno. Cook,⁴⁴ por sua vez, afirma que o conhecimento prévio pode influenciar a forma como o aluno percebe e interpreta uma representação visual.

Produção por conceito químico

Na Figura 3, observa-se a produção por conceitos químicos a cada ano. Apesar da variação irregular ao longo dos anos, é possível notar que estrutura da matéria constitui a classe de conceito mais

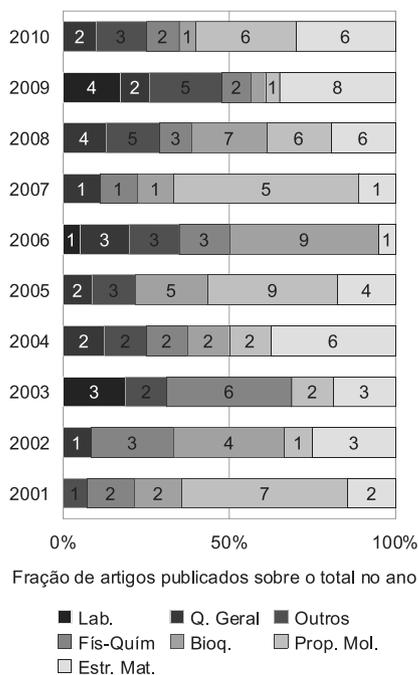


Figura 3. Classificação da produção anual por conceitos químicos tratados nos artigos. Os dados em barras exprimem para cada ano a produção em termos do % do total de artigos publicados no ano. Os números nas barras indicam os valores absolutos. Os conceitos químicos foram agrupados em grandes categorias: i – Lab.: técnicas de laboratório; ii – Q. Geral: química geral; iii – Outros: categorias de menor ocorrência; iv – Fis-Quím: físico-química; v – Bioq.: bioquímica; vi – Prop. Mol.: propriedades moleculares; vii – Estr. Mat.: estrutura da matéria

estudada na área de visualização, seguida de perto por propriedades moleculares.

Este grupo compreende conceitos que estão presentes na maioria dos currículos de todos os níveis de ensino (fundamental, médio e superior), como ligação química, estrutura molecular e natureza particulada da matéria.

A dificuldade de se compreender este último tópico, em particular, é atribuída não apenas à dimensão submicroscópica da matéria,⁴⁵ mas também ao fato de que, para os alunos, não é intuitiva a ideia de que a matéria é constituída por partículas.⁴⁶ Problemas de aprendizagem envolvendo esse conceito podem ser resultado de uma habilidade de visualização pobre,⁴⁷ gerando possíveis concepções alternativas sobre esse modelo de constituição da matéria.⁴⁸ Stern *et al.*⁴⁹ lembram, ainda, que a compreensão de muitos conceitos importantes da química esbarra na falta de entendimento da natureza particulada da matéria.

Outros tópicos relacionados à estrutura da matéria também são apontados como básicos para o aprendizado de outros conceitos. Deste modo, por exemplo, a habilidade de visualizar estruturas moleculares é considerada essencial para se entender conceitos mais avançados, como análise conformacional,⁵⁰ reatividade⁵¹ e simetria molecular.⁵²

Embora representem conceitos, *a priori*, mais elementares, dificuldades de ensino relacionadas à estrutura da matéria são verificadas em todos os níveis, o que pode explicar o maior interesse por estudos tratando de visualização para esses conceitos. Precisa-se destacar que, para esse grupo de conceitos, há um alto grau de abstração relacionado, tornando-se, por isso, um campo ideal para o uso e desenvolvimento de modelos e de ferramentas de visualização.

Destaca-se também que, apesar de ainda pouco utilizados, os recursos computacionais destinados ao aprendizado de técnicas de laboratório podem ser grandes aliados no ensino de química.⁵³ Tal afirmação decorre da importância que o laboratório tem para o ensino desta disciplina e, ao mesmo tempo, da dificuldade de se implantar laboratórios nas escolas.⁵⁴

Alguns autores destacam, por exemplo, os custos de manutenção de um laboratório⁵⁵ e o elevado número de alunos nas turmas⁵⁶ como fatores que estimulariam o uso de ferramentas computacionais, permitindo ao aluno simular diferentes técnicas e procedimentos, além de utilizar reagentes diversos, o que nem sempre seria possível de se fazer no ambiente real de um laboratório.

O uso de simulações também é reportado para situações de ensino à distância, com os objetivos de familiarizar os alunos de um curso de química à distância com o laboratório e prepará-los para as aulas práticas presenciais.⁵⁷ Como atividades pré-laboratório, as simulações também podem contribuir para preparar melhor os alunos para o trabalho prático, possibilitando o treinamento de técnicas e fornecendo o embasamento teórico associado ao experimento.⁵⁸ Com isso, as atividades de laboratório seriam muito mais significativas para os alunos.

Produção por metodologia usada no contexto educacional

A produção de artigos por metodologia aplicada a cada ano está representada na Figura 4.

Primeiramente, deve-se apontar para a discreta redução no número de publicações sem citações da metodologia de pesquisa aplicada ao longo dos anos. A escolha pelo trabalho em grupo é a mais comum, seguida pelo trabalho individual, metodologias que, em número, não variaram muito no período considerado.

É preciso ressaltar, porém, que o trabalho em grupo não necessariamente implica trabalho colaborativo, em que a discussão entre alunos e/ou com o professor aparece como estratégia de ensino e parte integrante da sequência didática adotada, podendo essa interação ser ou não objeto de investigação mais detalhada.

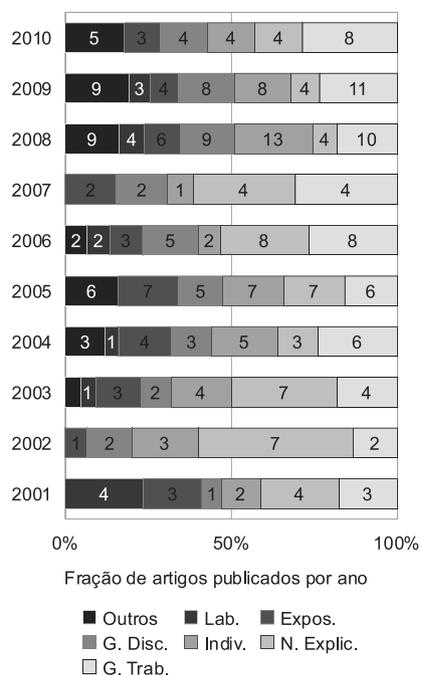


Figura 4. Classificação da produção anual de artigos por metodologia de ensino. Os dados em barras exprimem para cada ano a produção em termos do % do total de artigos publicados no ano. Os números nas barras indicam os valores absolutos. As metodologias de ensino indicadas nos artigos foram classificadas nas categorias: i – G. Trab.: trabalho em grupo; ii – N. Explic.: metodologia não explicitada; iii – Indiv.: trabalho individual; iv – G. Disc.: grupos de discussão; v – Expos.: aula expositiva; vi – Lab.: atividades em laboratório; vii – Outros

A realização do trabalho em grupo, em duplas, por exemplo, pode ser mais uma questão de organização da infraestrutura disponível do que metodológica, como em trabalhos realizados em laboratório.⁵⁹ Ou seja, é possível que a limitação de recursos ou espaço tenha sido o fator decisivo para que o trabalho fosse feito em grupo em alguns casos.

A respeito disso, é interessante citar o estudo de Ardac e Akaygun,⁶⁰ que comparou o uso de animações no ensino de transformações químicas e físicas entre alunos que fizeram uso individual de computadores e alunos que assistiram à animação demonstrada pelo professor em um computador único. De acordo com a pesquisa, a possibilidade de os próprios alunos explorarem a ferramenta de visualização, em vez de somente acompanharem o seu uso pelo professor, levou ao melhor entendimento dos conceitos abordados. Neste caso, portanto, havia condições para que parte dos alunos trabalhasse individualmente, o que pode não ter acontecido em outros trabalhos.

Deste modo, é mais compreensível também o fato de que os grupos de discussão sejam menos adotados do que o trabalho individual, apesar de o trabalho em grupo ser a opção mais comum de metodologia.

Dentre os trabalhos que avaliam a interatividade entre os alunos, cabe destacar a pesquisa de Liu *et al.*,⁴² segundo a qual o conhecimento prévio dos alunos influencia a interação entre os mesmos nas atividades em grupo. No estudo, em que foi proposta a resolução de um problema de eletroquímica utilizando simulação computacional, as duplas de alunos com menor conhecimento prévio sobre o assunto apresentaram interações menos significativas enquanto resolviam o problema do que as duplas com maior conhecimento prévio ou as duplas mistas, em que os integrantes possuíam níveis diferentes de conhecimento prévio.

Nota-se ainda uma prevalência de trabalhos com enfoque cognitivistas (centrados na interação aluno - recursos de visualização)

e menos situacionais (alunos - professor - recursos de visualização), o que evidencia uma necessidade de ampliação das pesquisas com enfoque situacional, considerando que as atividades de ensino ocorrem majoritariamente no plano social da sala de aula, muitas vezes por mediações entre os alunos, professores e ferramentas ou recursos.

Mais um dado interessante é o ligeiro aumento na diversificação das metodologias aplicadas, que pode estar relacionado a uma escolha dos pesquisadores de realizar um conjunto de diferentes atividades em suas pesquisas, uma vez que as metodologias aplicadas estão longe de serem mutuamente excludentes.

Produção por metodologia de pesquisa educacional

A Figura 5 mostra a evolução das publicações ao longo dos anos de acordo com a metodologia de pesquisa empregada.

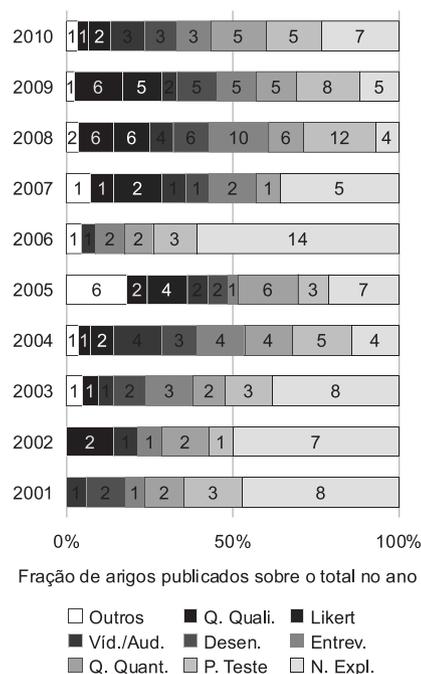


Figura 5. Classificação da produção anual de artigos por metodologia de pesquisa indicada. Os dados em barras exprimem para cada ano a produção em termos do % do total de artigos com viés investigativo publicados no ano. Os números nas barras indicam os valores absolutos. As metodologias indicadas nos artigos foram classificadas nas categorias: i – N. Expl.: metodologia não explicitada; ii – P. Teste: análise comparativa de pré e pós-testes; iii – Q. Quant.: questionários com análise quantitativa; iv – Entrev.: entrevista; v – Desen.: análise de desenhos; vi – Vid/Aud.: vídeo e áudio; vii – Likert: avaliação do tipo Likert; viii – Q. Quali.: questionários com análise qualitativa; ix – Outros

Observa-se claramente predomínio dos artigos sem citação explícita da metodologia de pesquisa empregada. Tais trabalhos apontam resultados obtidos com estudantes, mas não deixam claro qual o método de pesquisa empregado para a obtenção de tais dados, valendo-se em muitos casos do relato dos autores como validação dos resultados. Contudo, essa tendência tem diminuído com o tempo, o que indica um processo de amadurecimento dentre aqueles que se propõem a investigar minimamente o papel da visualização no aprendizado.

Entre aqueles que indicam explicitamente uma metodologia de pesquisa, é mais frequente a aplicação de metodologias de pesquisa quantitativas, abrangendo testes e questionários cuja avaliação é de caráter quantitativo e estatístico. Apesar disso, verifica-se uma tendência de redução no uso dessas metodologias, com aumento

das pesquisas com metodologias mais qualitativas, que utilizam, por exemplo, entrevistas, desenhos e gravações em vídeo ou áudio. Nota-se que, embora ainda predominem as pesquisas que abordam os impactos do uso de recursos de visualização, como softwares, por exemplo, começa a aumentar o número de trabalhos que privilegiam os processos pelos quais os alunos aprendem em situações apoiadas por ferramentas de visualização.

Tais resultados concordam com os de outras pesquisas, que mostram o aumento das metodologias qualitativas comparado às quantitativas.^{28,61} Em alguns casos, as gravações em vídeo ou áudio têm como propósito apenas registrar a sequência didática aplicada, sem uma finalidade clara de avaliar processos interacionais.⁶² Porém, em outros, as mesmas têm como objetivo registrar as interações dos alunos com o professor e/ou entre seus pares e/ou com a ferramenta de visualização utilizada, para uma análise posterior do processo de aprendizagem.⁶³ Segundo Schnetzler,²² no final dos anos 70, houve uma mudança de foco nas pesquisas educacionais, dando-se mais atenção aos processos de aprendizagem do que de ensino, o que contribuiu para uma alteração também no tipo de metodologia de pesquisa aplicada, de mais quantitativa para mais qualitativa.

Também se deve atentar para a possibilidade de metodologias mistas, em que mais de um instrumento metodológico é utilizado, de forma complementar. Dos trabalhos analisados, por exemplo, muitos fizeram uso de mais do que três metodologias de pesquisa diferentes.⁶⁴ Segundo Prain *et al.*,⁶⁵ que fizeram uso de entrevistas, desenhos e questionários em um estudo abordando a natureza particulada da matéria, o emprego de metodologias de pesquisa diferentes permite aos alunos expressarem melhor o que sabem, uma vez que podem apresentar performances distintas ao expressar o seu conhecimento, dependendo da maneira como se dá essa expressão, seja por representações verbais, gestuais, escritas ou pictóricas.

Além disso, a opção por metodologias de pesquisa variadas permite ao professor investigar e questionar inconsistências e contradições nas formas de representação utilizadas pelos alunos.⁶⁶ Kelly e Jones,⁶⁷ por exemplo, avaliaram o efeito do uso de uma animação no aprendizado do processo de dissolução por alunos de um curso de química. As autoras notaram que a qualidade de seus desenhos melhorou após os alunos assistirem à animação. Entretanto, verificou-se que muitos alunos cujos desenhos foram avaliados como bons pelas pesquisadoras apresentaram erros conceituais nas entrevistas, sugerindo que seus desenhos apenas refletiam o que havia sido observado na animação.

Produção por tipo de meio suporte didático

Verifica-se na Figura 6 a produção bibliográfica por tipo de meio suporte didático a cada ano. Conforme referem Wu e Shah,¹ as diferentes ferramentas de visualização são destinadas a dificuldades específicas de aprendizagem, citando as potencialidades de cada tipo de recurso.

De acordo com os resultados, o tipo de suporte mais empregado é aquele de natureza interativa, compreendendo softwares computacionais que oferecem possibilidades de interação modulada com a informação e, em alguns poucos casos, entre usuários. A ampliação do uso desses recursos pode ter sido motivada pelo rápido avanço tecnológico, que contribuiu para o desenvolvimento de softwares educacionais.⁶⁸ Já a interatividade entre aluno e ferramenta educacional, quando incorporada à prática pedagógica, favorece a elaboração conceitual entre os estudantes, que se tornam mais engajados no processo de aprendizagem.⁶⁹

Diversos trabalhos demonstram os efeitos positivos da utilização de softwares interativos no ensino de química.⁷⁰ Nestes estudos, os alunos do grupo de pesquisa que fizeram uso deste recurso obtiveram melhor desempenho em avaliações realizadas após a aplicação

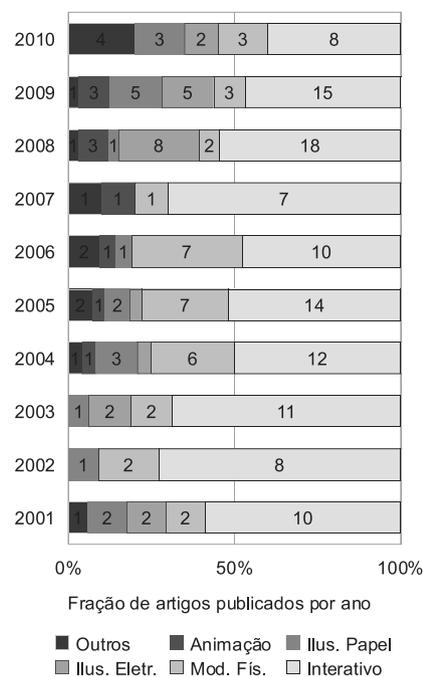


Figura 6. Classificação da produção anual de artigos, segundo meio suporte do curso didático. Os dados em barras exprimem para cada ano a produção em termos do % do total de artigos publicados no ano. Os números nas barras indicam os valores absolutos. Os meios suporte dos recursos de visualização indicados nos artigos foram classificadas nas categorias: i – Interativo: programa computacional interativo; ii – Mod. Físico: modelos moleculares físicos; iii – Ilus. Eletr.: ilustração em meio eletrônico; iv – Ilus. Papel: ilustração impressa; v – Animação: animações com possibilidades mínimas de controle; vi – Outros

da sequência didática, quando comparados aos alunos do grupo controle, que tiveram aulas sobre o mesmo assunto, mas sem o uso do software. No entanto, o melhor desempenho nem sempre parece refletir um aprendizado significativo do conceito abordado, pois, em longo prazo, grupos controle e de pesquisa podem apresentar resultados semelhantes na mesma avaliação,⁴⁹ o que sugere a necessidade de mais estudos acerca do assunto.

Sobre o uso dessa tecnologia pelos professores, aqueles que a utilizam afirmam que falta incentivo ao emprego de softwares na sala de aula, ressaltando a necessidade de treinamento pedagógico e técnico aos professores para a utilização efetiva dessa tecnologia na prática docente.⁷¹

A despeito das variações no número de artigos publicados que citam o software interativo como suporte, não é possível observar uma tendência clara de aumento ou diminuição de seu uso no período considerado. Em contrapartida, o emprego de modelos moleculares físicos parece estar diminuindo ao longo dos anos, apesar de alguns autores defenderem que o uso de modelos físicos pode ser mais eficiente no ensino de química, uma vez que são ferramentas mais concretas, possíveis de serem tocadas e manipuladas, características estas que favoreceriam o aprendizado dos alunos.⁷² Atentos às potencialidades e limitações de cada recurso, alguns estudos apontam que o uso associado de modelos físicos com outras ferramentas de visualização, como os softwares, pode melhorar o aprendizado de química.⁷³

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou características gerais da pesquisa em visualização no ensino de química na última década, mostrando

que este tema tem despertado o interesse de mais pesquisadores da educação, de diferentes países. Contudo, ainda se verifica certa predominância de trabalhos provenientes de países de língua inglesa a despeito da participação crescente de nações falantes de outras línguas. Os trabalhos na área utilizam mais metodologias de investigação quantitativas, apesar de se observar uma tendência de se usar metodologias de caráter mais qualitativo. O uso deste tipo de metodologia permite, no caso da pesquisa em visualização no ensino de química, o acesso à forma como os alunos constroem os seus modelos mentais, o que está de acordo com a influência atribuída a estas ferramentas na construção destes modelos e na aprendizagem. Os trabalhos em grupo predominam como metodologia aplicada, assim como as pesquisas que tratam de recursos didáticos, muito embora as pesquisas investigativas estejam aumentando. A maior parte dos estudos envolve principalmente o uso de ferramentas computacionais de visualização dedicadas comumente aos conceitos relacionados à estrutura da matéria.

Este estudo evidencia a necessidade de se direcionar as pesquisas sobre o tema visualização, visando a ampliar o entendimento sobre o tema e suas implicações diretas e indiretas ao ensino de química. Destacamos a produção ainda incipiente relacionada ao papel da visualização na formação de professores quer seja inicial ou em serviço, bem como as pesquisas sobre os processos de aprendizagem dos alunos em atividades apoiadas por ferramentas visuais por meio de pesquisas qualitativas.

MATERIAL SUPLEMENTAR

No material suplementar, encontra-se a tabela de dados a partir dos quais se realizou este estudo. Nessa tabela, estão compiladas as referências de cada artigo – incluindo título do periódico e do artigo, ano, volume e página da publicação, autores e palavras-chave – além da classificação de cada trabalho analisado, segundo os parâmetros de categorização empregados na metodologia de pesquisa. Está disponível em <http://quimicanova.sbq.org.br>, em arquivo pdf, com acesso livre.

REFERÊNCIAS

1. Wu, H.-K.; Shah, P.; *Sci. Educ.* **2004**, *88*, 465.
2. Gobert, J. D. Em *Leveraging technology and cognitive theory on visualization to promote students' science learning and literacy*; Gilbert, J. K., ed.; Springer: Netherlands, 2005.
3. Gilbert, J. K.; Reiner, M.; Nakhleh, M. Em *Introduction*; Gilbert, J. K.; Reiner, M.; Nakhleh, M., eds.; Springer: New York, 2008.
4. Barnea, N. Em *Teaching and learning about chemistry and modeling with a computer-managed modeling system*; Gilbert, J. K.; Boulter, C., eds.; Kluwer: Dordrecht, 2000; Greca, I. M. Em *Algumas metodologias para o estudo de modelos*; Santos, F.; Greca, I. M., eds.; Unijuí: Ijuí, 2007; Gilbert, J. K. Em *Visualization: a metacognitive skill in science and science education*; Gilbert, J. K., ed.; Springer: Dordrecht, 2007; Rapp, D. N. Em *Mental models: theoretical issues for visualizations in science education*; Gilbert, J. K., ed.; Springer: Dordrecht, 2007; Rapp, D.; Kurby, C. Em *The 'ins' and 'outs' of learning: internal representations and external visualizations*; Gilbert, J. K.; Reiner, M.; Nakhleh, M., eds.; Springer: New York, 2008; Reiner, M. Em *The nature and development of visualization: a review of what is known*; Gilbert, J. K.; Reiner, M.; Nakhleh, M., eds.; Springer: New York, 2008.
5. Wu, H.; Krajcik, J. S.; Soloway, J.; *J. Res. Sci. Teach.* **2001**, *38*, 821; Ferik, V.; Vrtacnik, M.; Blejec, A.; Girl, A.; *Int. J. Sci. Educ.* **2003**, *25*, 1227; Santos, F. M. T.; Greca, I. M.; *REEC* **2005**, *4*; Tasker, R.; Dalton, R.; *Chem. Educ. Res. Pract.* **2006**, *7*, 141; Savec, V.; Vrtacnik, M.; Gilbert, J. K. Em *Evaluating the Educational Value of Molecular Structure Representations*; Gilbert, J. K., ed.; Springer: Dordrecht, 2007; Kozma, R.; Russell, J. Em *Assessing learning from the use of multimedia chemical visualization software*; Gilbert, J. K., ed.; Springer: Dordrecht, 2007; Arroio, A.; Honório, K.; *PEC* **2008**, *9*, 17.
6. Gilbert, J. K.; Justí, R.; Queiroz, A. S. Em *The use of a model of modeling to develop visualization during the learning of ionic bonding*; Tasar, M. F.; Cakmakci, G., eds.; Pegem Akademi: Ankara, 2010.
7. Justí, R.; Gilbert, J. K.; *Int. J. Sci. Educ.* **2002**, *24*, 369.
8. Chittleborough, G.; Treagust, D.; *Res. Sci. Educ.* **2008**, *38*, 463.
9. Cook, M. P.; *Sci. Educ.* **2006**, *90*, 1073.
10. Treagust, D.; Chittleborough, G.; Mamiala, T.; *Int. J. Sci. Educ.* **2003**, *25*, 1353.
11. Yang, E.; Andre, T.; Greenbowe, T. J.; Tibell, L.; *Int. J. Sci. Educ.* **2003**, *25*, 329.
12. Giordan, M.; Góis, J.; *Enseñanza de las Ciencias* **2005**, *23*, 1.
13. Costa, M. J.; Galembeck, E.; Marson, G. A.; Torres, B. B.; *PLoS Comput. Biol.* **2008**, *4*, e1000035.
14. Schonborn, K. J.; Anderson, T. R.; *BAMBED* **2006**, *34*, 94.
15. Ferreira, C.; Arroio, A.; *PEC* **2009**, *16*, 48.
16. Kozma, R.; Russell, J. Em *Pupils becoming chemists: developing representational competence*; Gilbert, J. K., ed.; Springer: Dordrecht, 2007.
17. Greeno, J.; *American Psychologist* **1998**, *53*, 5.
18. Marson, G. A.; Torres, B. B.; *J. Chem. Educ.* **2011**, *88*, 1616.
19. Chang, Y.-H.; Chang, C.-Y.; Tseng, Y.-H.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2010**, *19*, 315.
20. Megid Neto, J.; Pacheco, D. Em *Pesquisas sobre o ensino de física no nível médio no Brasil: concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações*; Nardi, R., org.; Escrituras: São Paulo, 2001.
21. Haddad, S., coord.; *Evolução de jovens e adultos no Brasil (1996-1998)*, MEC/INEP/COMPED: Brasília, 2002, (Série: Estado do conhecimento).
22. Schnetzler, R. P.; *Quim. Nova* **2002**, *25* supl. 1, 14.
23. Francisco, C. A.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2008**, *31*, 2100.
24. Severino, A. J.; *Metodologia do trabalho científico*, Cortes: São Paulo, 1976.
25. Ferreira, N. S. A.; *Educação e sociedade* **2002**, *23*, 257.
26. Talanquer, V.; *Int. J. Sci. Educ.* **2011**, *33*, 179.
27. Gabel, D.; *J. Chem. Educ.* **1999**, *76*, 548.
28. Lee, M.-S.; Wu, Y.-T.; Tsai, C.-C.; *Int. J. Sci. Educ.* **2009**, *31*, 1999.
29. Vygotsky, L. S.; *Mind in Society*, Harvard University Press: Cambridge, 1978.
30. Wertsch, J. V.; *Vygotsky e a formação social da mente*, Ediciones Paidós: Barcelona, 1988.
31. Machado, A. H.; *Aula de Química: discurso e conhecimento*, Editora Unijuí: Ijuí, 1999.
32. Paivio, A.; *Mental representations: a dual-coding approach*, Oxford University Press: New York, 1986.
33. Sweller, J.; *Cognitive load theory: a special issue of educational psychologist*, LEA Inc.: London, 2003.
34. Mayer, R.; *Multimedia learning*, Cambridge University Press: New York, 2001.
35. Reed, S. K.; *Educational Psychologist* **2006**, *41*, 87.
36. Johnson-Laird, P. N.; *Mental Models*, Harvard University Press: Cambridge, 1983.
37. Sternberg, R. J.; *Cognitive psychology*, Harcourt Brace College Publishers: Forth Worth, 1996.
38. Cheng, M.; Gilbert, J. K. Em *Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education*; Gilbert, J. K.; Treagust, D., eds.; Springer: New York, 2009.
39. Gilbert, J. K. Em *Visualization: a metacognitive skill in science and science education*; Gilbert, J. K., ed.; Springer: Dordrecht, 2007; Rapp, D. N. Em *Mental models: theoretical issues for visualizations in science education*; Gilbert, J. K., ed.; Springer: Dordrecht, 2007; Briggs, M.; Bodner, G. Em *A model of molecular visualization*; Gilbert, J. K., ed.;

- Springer: Dordrecht, 2007; Rapp, D.; Kurby, C. Em *The 'ins' and 'outs' of learning: internal representations and external visualizations*; Gilbert, J. K.; Reiner, M.; Nakhleh, M., eds.; Springer: New York, 2008.
40. Evans, K. L.; Yaron, D.; Leinhardt, G.; *Chem. Educ. Res. Pract.* **2008**, *9*, 208; Özmen, H.; *Comput. Educ.* **2008**, *51*, 423; Özmen, H.; Demircioglu, H.; Demircioglu, G.; *Comput. Educ.* **2009**, *52*, 681; Limniou, M.; Papadopoulos, N.; Whitehead, C.; *Comput. Educ.* **2009**, *52*, 45; Yang, E. M.; Greenbowe, T. J.; Andre, T.; *J. Chem. Educ.* **2004**, *81*, 587; Arasasingham, R. D.; Taagepera, M.; Potter, F.; Martorell, I.; Lonjers, S.; *J. Chem. Educ.* **2005**, *82*, 1251; Yezierski, E. J.; Birk, J. P.; *J. Chem. Educ.* **2006**, *83*, 954; Frailich, M.; Kesner, M.; Hofstein, A.; *J. Res. Sci. Teach.* **2009**, *46*, 289; Rotbain, Y.; Marbach-Ad, G.; Stavy, R.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2008**, *17*, 49.
41. Trey, L.; Khan, S.; *Comput. Educ.* **2008**, *51*, 519; Limniou, M.; Roberts, D.; Papadopoulos, N.; *Comput. Educ.* **2008**, *51*, 584; Yang, E.; Andre, T.; Greenbowe, T. J.; Tibell, L.; *Int. J. Sci. Educ.* **2003**, *25*, 329; Ardac, D.; Akaygun, S.; *Int. J. Sci. Educ.* **2005**, *27*, 1269; Aldahmash, A. H.; Araham, M. R.; *J. Chem. Educ.* **2009**, *86*, 1442; Rotbain, Y.; Marbach-Ad, G.; Stavy, R.; *J. Res. Sci. Teach.* **2006**, *43*, 500; Marbach-Ad, G.; Rotbain, Y.; Stavy, R.; *J. Res. Sci. Teach.* **2008**, *45*, 273.
42. Liu, H. C.; Andre, T.; Greenbowe, T. J.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2008**, *17*, 466.
43. Cook, M.; Wiebe, E. N.; Carter, G.; *Sci. Edu.* **2008**, *92*, 848.
44. Cook, M. P.; *Sci. Edu.* **2006**, *90*, 1073.
45. Giudice, J.; Galagovsky, L.; *REEC* **2008**, *7*, 629.
46. Adadan, E.; Irving, K. E.; Trundlek, K. C.; *Int. J. Sci. Educ.* **2009**, *31*, 1743.
47. Yezierski, E. J.; Birk, J. P.; *J. Chem. Educ.* **2006**, *83*, 954.
48. Yezierski, E. J.; Birk, J. P.; *J. Chem. Educ.* **2006**, *83*, 954; Snir, J.; Smith, C. L.; Raz G.; *Sci. Edu.* **2003**, *87*, 794.
49. Stern, L.; Barnea, N.; Shauli, S.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2008**, *17*, 305.
50. Pellegrinet, S. C.; Mata, E. G.; *J. Chem. Educ.* **2005**, *82*, 73.
51. Sandvoss, L. M.; Harwood, W. S.; Korkmaz, A.; Bollinger, J. C.; Huffman, J. C.; Huffman, J. N.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2003**, *12*, 277.
52. Mc Kay, S. E.; Boone, S. R.; *J. Chem. Educ.* **2001**, *78*, 1487; Sein Jr, L. T.; *J. Chem. Educ.* **2010**, *87*, 827; Korkmaz, A.; Harwood, W. S.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2004**, *13*, 243; Nottis, K. E. K.; Kastner, M. E.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2005**, *14*, 51.
53. Dalagarno, B.; Bishop, A. G.; Adlong, W.; Bedgood Jr, D. R.; *Comput. Educ.* **2009**, *53*, 853; Limniou, M.; Papadopoulos, N.; Whitehead, C.; *Comput. Educ.* **2009**, *52*, 45; Papadopoulos, N.; Limniou, M.; *J. Chem. Educ.* **2003**, *80*, 709; Martínez-Jiménez, P.; Pontes-Pedrajas, A.; Polo, J.; Climent-Bellido, M. S.; *J. Chem. Educ.* **2003**, *80*, 346.
54. Pinto, A. C.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2008**, *19*, nº 5, editorial.
55. Papadopoulos, N.; Limniou, M.; *J. Chem. Educ.* **2003**, *80*, 709.
56. Martínez-Jiménez, P.; Pontes-Pedrajas, A.; Polo, J.; Climent-Bellido, M. S.; *J. Chem. Educ.* **2003**, *80*, 346.
57. Dalagarno, B.; Bishop, A. G.; Adlong, W.; Bedgood Jr, D. R.; *Comput. Educ.* **2009**, *53*, 853.
58. Limniou, M.; Papadopoulos, N.; Whitehead, C.; *Comput. Educ.* **2009**, *52*, 45.
59. Ghaffari, S.; *J. Chem. Educ.* **2006**, *83*, 1182; Bindel, T. H.; *J. Chem. Educ.* **2008**, *85*, 303.
60. Ardac, D.; Akaygun, S.; *Int. J. Sci. Educ.* **2005**, *27*, 1269.
61. White, R.; *Res. Sci. Educ.* **2007**, *27*, 215.
62. Nottis, K. E. K.; Kastner, M. E.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2005**, *14*, 51; Santos, F. M. T.; Greca, I. M.; *REEC* **2005**, *4*.
63. Pierri, E.; Karatrantou, A.; Panagiotakopoulos, C.; *Chem. Educ. Res. Pract.* **2008**, *9*, 234; Treagust, D. F.; Chittleborough, G.; Mamiala, T. L.; *Int. J. Sci. Educ.* **2003**, *25*, 1353; Maia, P. F.; Justi, R.; *Int. J. Sci. Educ.* **2009**, *31*, 603; Wu, H. K.; Krajcik, J. S.; Soloway, E.; *J. Res. Sci. Teach.* **2001**, *38*, 821; Treagust, D. F.; Chittleborough, G. D.; Mamiala, T. L.; *Res. Sci. Educ.* **2004**, *34*, 1.
64. Tuvi-Arad, I.; Blonder, R.; *Chem. Educ. Res. Pract.* **2010**, *11*, 48; Kelly, R. M.; Jones, L. L.; *J. Chem. Educ.* **2008**, *85*, 303; Kerby, H. W.; Cantor, J.; Weiland, M.; Barbiarz, C.; Kerby, A. W.; *J. Chem. Educ.* **2010**, *87*, 1024; Wu, H. K.; Krajcik, J. S.; Soloway, E.; *J. Res. Sci. Teach.* **2001**, *38*, 821; Kelly, R. M.; Jones, L. L.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2007**, *16*, 413; Liu, H. C.; Andre, T.; Greenbowe, T. J.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2008**, *17*, 466; Treagust, D. F.; Chittleborough, G. D.; Mamiala, T. L.; *Res. Sci. Educ.* **2004**, *34*, 1.
65. Prain, V.; Tytler, R.; Peterson, S.; *Int. J. Sci. Educ.* **2009**, *31*, 787.
66. Ardac, C.; Akaygun, S.; *J. Res. Sci. Teach.* **2004**, *41*, 317.
67. Kelly, R. M.; Jones, L. L.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2007**, *16*, 413.
68. Arroio, A.; Honório, K. M.; Weber, K. C.; Homem-de-Mello, P.; da Silva, A. B. F.; *Quim. Nova* **2005**, *28*, 360.
69. Ferreira, C.; Arroio, A.; Rezende, D. B.; *Quim. Nova* **2011**, *34*, 1661.
70. Özmen, H.; *Comput. Educ.* **2008**, *51*, 423; Özmen, H.; Demircioglu, H.; Demircioglu, G.; *Comput. Educ.* **2009**, *52*, 681; Yang, E. M.; Greenbowe, T. J.; Andre, T.; *J. Chem. Educ.* **2004**, *81*, 587; Arasasingham, R. D.; Taagepera, M.; Potter, F.; Martorell, I.; Lonjers, S.; *J. Chem. Educ.* **2005**, *82*, 1251; Frailich, M.; Kesner, M.; Hofstein, A.; *J. Res. Sci. Teach.* **2009**, *46*, 289; Rotbain, Y.; Marbach-Ad, G.; Stavy, R.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2008**, *17*, 49; Stern, L.; Barnea, N.; Shauli, S.; *J. Sci. Educ. Technol.* **2008**, *17*, 305.
71. Aksela, M.; Lundell, J.; *Chem. Educ. Res. Pract.* **2008**, *9*, 301.
72. Herman, T.; Colton, S.; Batiza, A.; Patrick, M.; Franzen, M.; Goodsell, D. S.; *BAMBED* **2006**, *34*, 247; Pellegrinet, S. C.; Mata, E. G.; *J. Chem. Educ.* **2005**, *82*, 73.
73. Roberts, J. R.; Hagedorn, E.; Dillenburg, P.; Patrick, M.; Herman, T.; *BAMBED* **2005**, *33*, 105; Cox, J. P. L.; *J. Chem. Educ.* **2006**, *83*, 1319; Geldenhuys, W. J.; Hayes, M.; Vand Der Schyf, C. J.; Allen, D. D.; Malan, S. F.; *J. Chem. Educ.* **2007**, *84*, 979.

VISUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: APONTAMENTOS PARA A PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS EDUCACIONAIS

Leila Cardoso Teruya e Guilherme Andrade Marson*

Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes, 748, 05508-000 São Paulo - SP, Brasil

Celeste Rodrigues Ferreira e Agnaldo Arroio

Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, Av. da Universidade, 308, 05508-040 São Paulo - SP, Brasil

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
BAMBED 2001, 29, 3	Computer-Assisted Simulations Of Phosphofruktokinase-1 Kinetics Using Simplified Velocity Equations	Roy H; Diwan J; Segel L D; Segel I H	EUA	Recurso didático	phosphofruktokinase; simulations; allosteric; computer; cooperativity; kinetics	cinética	Não citada	Trabalho individual, Trabalho em grupo	Interativo
BAMBED 2002, 30, 93	Student Difficulties With The Interpretation Of A Textbook Diagram Of Immunoglobulin G (Igg)	Schönborn K J; Anderson T R; Grayson D J	África do Sul	Recurso didático	student's conceptual and reasoning difficulties; textbook diagrams; teaching and learning	proteínas	Questionários: qualitativo, Vídeo/Audio, Entrevistas	Trabalho individual	Ilustração em papel
BAMBED 2002, 30, 209	Using Three-Dimensional Imaging Of Proteins: Examples Of Class Activities And Subsequent Assessments	Willian K R	Reino Unido	Recurso didático	receptors; protein structure; three-dimensionam imaging	proteínas	Questionários: quantitativo	Trabalho individual	Interativo
BAMBED 2002, 30, 21	Teaching Molecular 3-D Literacy	Richardson D C; Richardson J S	EUA	Metodologia	Não citadas	biomoléculas	Pré/Pós-testes, Questionários: qualitativo	Trabalho individual, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo
BAMBED 2002, 30, 130	Evaluation Of Molecular Visualization Software For Teaching Protein Structure: Differing Outcomes From Lecture And Lab	White B; Kim S; Sherman K; Weber N	EUA	Metodologia	evaluation; molecular visualization; protein structure	proteínas	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Aula expositiva	Interativo
BAMBED 2003, 31, 93	On The Convenience Of Using A Computer Simulation To Teach Enzyme Kinetics To Undergraduate Students With Biological Chemistry-Related Curricula	González-Cruz J; Rodríguez-Sotres R; Rodríguez-Penagos M	México	Investigação	teaching enzyme-kinetics; computer-assisted teaching	cinética	Relatório, Pré/ Pós-testes	Trabalho individual, Grupo de discussão, Outros	Interativo
BAMBED 2003, 31, 234	Energy Diagrams For Enzyme-Catalyzed Reactions: Concepts And Misconcepts	Aledo J C; Lobo C; Del Valle A E	Espanha	Recurso didático	reaction coordinate; activation energy; thermokinetics	cinética	Não citada	Não citada	Ilustração em papel
BAMBED 2004, 32, 201	Lucenz Simulator: A Tool For The Teaching Of Enzyme Kinetics	Clark A G	Nova Zelândia	Recurso didático	kinetics; simulation; demonstration; modeling; inhibition; activation energy	cinética	Não citada	Não citada	Interativo
BAMBED 2005, 33, 65	Software For Teaching Structure-Hydrophobicity Relationships	White B; Perma I; Carison R	EUA	Metodologia	laboratory exercises; cheminformatics; hydrophobicity; molecular properties	interações intermoleculares, ligação química	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Aula expositiva	Interativo

*e-mail: gamarson@iq.usp.br

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
BAMBED 2005, 33, 105	Physical Models Enhance Molecular Three-Dimensional Literacy In An Physical Models Enhance Molecular Three-Dimensional Literacy In An Introductory Biochemistry Course	Roberts J R; Hagedorn E; Dillenburg P; Patrick M; Herman T	EUA	Investigação	physical models; swiss protein bank viewer; biochemical education	biomoléculas	Likert, Questionários: quantitativo	Trabalho individual, Grupo de discussão, Aula expositiva	Modelos físicos, Interativo,
BAMBED 2005, 33, 194	Molecular Modeling Of Heme Proteins Using Moe: Bio-Inorganic And Structure-Function Activity For Undergraduates	Ray G B	EUA	Metodologia	metalloproteins; computational biochemistry; three dimensional-visualization; bioinorganic; MOE	proteínas	Relatórios, Questionários: qualitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Outros, Outros	Interativo
BAMBED 2005, 33, 319	Exploring Protein Function And Evolution Using Free Online Bioinformatics Tools	Weaver T; Cooper S	EUA	Metodologia	molecular model; secondary structure; motif; alignment; ortholog; paralog	proteínas	Questionários	Não citada	Interativo
BAMBED 2006, 34, 343	Jamvle, A New Integrated Molecular Visualization Learning Environment	Bottomley S; Chandler D; Morgan E; Helmerhorst E.	Austrália	Recurso didático	evaluation of computer-based learning systems; molecular visualization; interactive learning environment	proteínas	Não citada	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo
BAMBED 2006, 34, 187	A New Three-Dimensional Educational Model Kit For Building Dna And Rna Molecules: Development And Evaluation	Beltramine L M; Araújo A P U; Oliveira T H G; Abel L D S; Silva A R; Santos N F	Brasil	Recurso didático	nucleic acids; DNA; RNA; molecular structures; educational model and evaluation	ácidos nucleicos	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Modelos físicos
BAMBED 2006, 34, 94	The Importance Of Visual Literacy In The Education Of Biochemists	Schönborn K J; Anderson T R	África do Sul	Revisão	external representation; visual literacy; visualization; interpretation; teaching; learning	Não especificado	Não citada	Não citada	Outros
BAMBED 2006, 34, 255	Biomolecules In The Computer: Jmol To The Rescue	Herráez A	Espanha	Recurso didático	molecular models; Jmol; Chime; open source; proteins	biomoléculas	Não citada	Não citada	Interativo
BAMBED 2006, 34, 247	Tactile Teaching: Exploring Protein Structure/Function Using Physical Models	Herman T; Colton S; Batiza A; Patrick M; Franzen M; Goodsell D S	EUA	Metodologia	Não citadas	proteínas	Não citada	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Outros	Modelos físicos
BAMBED 2006, 34, 402	Ez-Viz, A Tool For Simplifying Molecular Viewing In Pymol	Grell L; Parkin C; Slatest L; Craig P A	EUA	Recurso didático	Não citadas	biomoléculas	Não citada	Não citada	Interativo
BAMBED 2007, 35, 238	Molecular Modeling Of Estrogen Receptor Using Molecular Operating Environment	Roy U; Luck L A	EUA	Recurso didático	computational biology; biotechnology education; computers in research and teaching; molecular modeling; estrogen receptor; estradiol; molecular operating environment	interações intermoleculares	Não citada	Não citada	Interativo
BAMBED 2008, 36, 77	Interactive Computer Simulations Of Genetics, Biochemistry, And Molecularbiology	White B T; Bolker E D	EUA	Metodologia	computer simulation; genetics; protein folding; biochemistry; molecular biology	ácidos nucleicos, proteínas	Relatórios, Vídeo/Áudio	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo
BAMBED 2008, 36, 203	Tonal Interface To Macromolecules (Timmol: A Textual And Tonal Tool For Molecular Visualization	Cordes T J; Carlson C B; Forest K T	EUA	Recurso didático	three-dimensional visualization; spatial learning; 3D learning; macromolecular structure	proteínas	Pré/Pós-testes, Likert	Trabalho individual	Interativo

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 301	Computer-Based Molecular Modelling: Finnish School Teachers' Experiences And Views	Aksela M; Lundell J	Finlândia	Investigação	information and communications technology; chemistry teaching; molecular modelling; Finish school chemistry teachers; upper secondary school; teacher training; life-long learning	Não especificado	Likert, Questionários: qualitativo, Pré/Pós-testes	Outros	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 234	Exploring The Phenomenon Of 'Change Of Phase' Of Pure Substances: Using The Microcomputer-Based-Laboratory (Mbl System	Pierri E; Karatrantou A; Panagiotakopoulos C	Grécia	Metodologia	phase change; melting point; freezing point; microcomputer-based-laboratory (MBL system	interações intermoleculares	Entrevistas, Vídeo/Audio	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Trabalho em laboratório	Ilustração eletrônica
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 277	Simchemistry As An Active Learning Tool In Chemical Education	Bolton K; Saalman E; Christie M; Ingerman A; Linder C	Suécia	Metodologia	molecular simulation; active learning; visualization in learning; cooperative learning; reflective diaries	estrutura molecular, interações intermoleculares	Entrevistas, Seminários	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Aula expositiva	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 169	Impact Of A Pre-Laboratory Organic-Extraction Simulation Comprehension And Attitudes Of Undergraduate Chemistry Students	Supasorn S; Suits J P; Jones L L; Vibuljan S	Tailândia	Investigação	organic chemistry; extraction; spatial ability; animation; simulation; visualization; mental models; simulated experiments; micro/macroscopic levels; higher-/lower-order cognitive skills; particulate nature of matter	interações intermoleculares	Entrevistas, Pré/Pós-testes, Likert	Não citada	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 11	Probing Student Teachers' Subject Content Knowledge In Chemistry: Case Studies Using Dynamic Computer Models	Toplis R	Reino Unido	Investigação	models; animations; misconceptions; alternative frameworks	ligação química, reações	Entrevistas	Outros, Grupo de discussão, Trabalho em grupo	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 208	Learning Stoichiometry: A Comparison Of Text And Multimedia Formats	Evans K L; Yaron D; Leinhardt G	EUA	Investigação	online instruction; cognitively informed instruction; randomized design; stoichiometry; virtual laboratory; undergraduate general chemistry	estequiometria	Pré/Pó-testes	Outros, Outros, Trabalho individual	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2009, 10, 62	Visualization And Interactivity In The Teaching Of Chemistry To Science And Non-Science Students	Venkataraman B	EUA	Metodologia	visualization; molecular modelling; non-science majors; assessment; mental models	vários	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2009, 10, 296	Organicpad: An Interactive Freehand Drawing Application For Drawing Lewis Structures And The Development Of Skills In Organic Chemistry	Cooper M M; Grove N P; Pargas R; Bryfezynski S P; Gatlin T	EUA	Recurso didático	Lewis structures; organic chemistry; information technology	estrutura de Lewis	Não citada, Pré/Pós-testes	Não citada	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2010, 11, 48	Continuous Symmetry And Chemistry Teachers: Learning Advanced Chemistry Content Through Novel Visualization Tools	Tuvi-Arad I; Blonder R	Israel	Metodologia	symmetry, continuous symmetry; chemistry teachers; content knowledge; professional development; molecular visualization	simetria	Entrevistas, Vídeo/Audio, Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Aula expositiva, Outros	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2010, 11, 154	Student-Generated Submicro Diagrams: A Useful Tool For Teaching And Learning Chemical Equations And Stoichiometry	Davidowitz B; Chittleborough G; Murray E	África do Sul	Metodologia	chemical equations; stoichiometry; submicroscopic diagrams; representations	estequiometria	Questionários: quantitativo, Desenho	Trabalho em grupo	Ilustração em papel

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
Chem. Educ. Res. Pract. 2010 , <i>11</i> , 43	Origami: A Versatile Modeling System For Visualising Chemical Structure And Exploring Molecular Function	Davis J; Leslie R; Billington S; Slater P R	Reino Unido	Recurso didático	origami; models; shape; modeling; molecular shape; visualization	estrutura molecular, interações intermoleculares	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Outros	Modelos físicos
Comput. Educ. 2007 , <i>48</i> , 30	Transition From Traditional To Ict-Enhanced Learning Environments In Undergraduate Chemistry Courses	Barak M	Israel	Recurso didático	improving classroom teaching; post-secondary education; visualization; teaching/learning strategies	estrutura molecular	Entrevistas, Fórum eletrônico/e-mail	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo
Comput. Educ. 2008 , <i>51</i> , 519	How Science Students Can Learn About Unobservable Phenomena Using Computer-Based Analogies	Trey L; Khan S	Canadá	Investigação	simulations; multimedia/hypermedia systems; interactive learning environments; teaching strategies/learning strategies	equilíbrio	Questionários: quantitativo, Desenho	Trabalho individual	Interativo, Ilustração eletrônica
Comput. Educ. 2008 , <i>51</i> , 423	The Influence Of Computer-Assisted Instruction On Students' Conceptual Understanding Of Chemical Bonding And Attitude Toward Chemistry: A Case For Turkey	Özmen H	Turquia	Investigação	computer-assisted instruction; chemical bonding; attitude; alternative conception	ligação química	Pré/Pós-testes, Likert	Trabalho em grupo, Trabalho individual	Interativo
Comput. Educ. 2008 , <i>51</i> , 584	Full Immersive Virtual Environment Cavetm In Chemistry Education	Limniou M; Roberts D; Papadopoulos N	Reino Unido	Metodologia	interactive learning environment; virtual reality; improving classroom teaching	reações	Pré/Pós-testes	Trabalho em grupo	Outros, Animação
Comput. Educ. 2009 , <i>53</i> , 853	Effectiveness Of A Virtual Laboratory As A Preparatory Resource For Distance Education Chemistry Students	Dalgarno B; Bishop A G; Adlong W; Bedgood Jr D R	Austrália	Investigação	virtual reality; simulations; interactive learning environments; distance education; post-secondary education; chemistry education	Trabalho em laboratório	Likert, Entrevistas, Pré/Pós-testes	Outros, Trabalho em laboratório, Trabalho individual	Interativo
Comput. Educ. 2009 , <i>52</i> , 390	3D Visualization Types In Multimedia Applications For Science Learning: A Case Study For 8Th Grade Students In Greece	Korakakis G; Pavlatou E A; Spyrellis N	Grécia	Investigação	secondary education; media in education; multimedia/hypermedia systems; simulations	separação de misturas	Pré/Pós-testes	Trabalho individual	Interativo, Ilustração eletrônica, Animação
Comput. Educ. 2009 , <i>52</i> , 681	The Effects Of Conceptual Change Texts Accompanied With Animations On Overcoming 11Th Grade Students' Alternative Conceptions Of Chemical Bonding	Özmen H; Demircioglu H; Demircioglu G	Turquia	Investigação	conceptual change texts; animations; alternative conception; chemical bonding	ligação química	Pré/Pós-testes	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Trabalho individual	Interativo
Comput. Educ. 2009 , <i>52</i> , 45	Integration Of Simulation Into Pre-Laboratory Chemical Course: Computer Cluster Versus Webct	Limniou M; Papadopoulos N; Whitehead C	Reino Unido	Investigação	simulations; teaching/learning strategies; interactive learning environments; cooperative/collaborative learning; improving classroom teaching	titulação	Questionários: quantitativo	Outros, Grupo de discussão, Trabalho em grupo, Trabalho individual, Trabalho em laboratório	Interativo
Int. J. Sci. Educ. 2001 , <i>23</i> , 1303	The Impact Of Concept Mapping And Visualization On The Learning Of Secondary School Chemistry Students	Brandt L; Elen J; Hellemans J; Heerman L; Couwenberg I; Volckaert L; Morisse H	Bélgica	Investigação	Não citadas	eletroquímica	Pré/Pós-testes	Aula expositiva, Trabalho individual	Ilustração em papel
Int. J. Sci. Educ. 2003 , <i>25</i> , 1353	The Role Of Submicroscopic And Symbolic Representations In Chemical Explanations	Treagust D F; Chittleborough G; Mamiala T L	Austrália	Metodologia	Não citadas	vários	Entrevistas, Vídeo/Audio	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Aula expositiva	Modelos físicos
Int. J. Sci. Educ. 2003 , <i>25</i> , 329	Spatial Ability And The Impact Of Visualization/Animation On Learning Electrochemistry	Yang E; Andre T; Greenbowe T J; Tibell L	EUA	Investigação	Não citadas	eletroquímica	Questionários: quantitativo, Pré/Pós-testes, Desenho	Aula expositiva, Trabalho individual	Interativo, Ilustração eletrônica

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
Int. J. Sci. Educ. 2005, 27, 1269	Using Static And Dynamic Visuals To Represent Chemical Change At Molecular Level	Ardac D; Akaygun S	Turquia	Investigação	Não citadas	Natureza particular da matéria, reações	Questionários: quantitativo, Desenho	Trabalho individual, Grupo de discussão	Animação, Ilustração eletrônica
Int. J. Sci. Educ. 2009, 31, 787	Multiple Representation In Learning About Evaporation	Prain V; Tytler R; Peterson S	Austrália	Metodologia	Não citadas	Natureza particular da matéria	Entrevistas, Questionários: qualitativo, Desenho	Outros, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Modelos físicos, Ilustração em papel
Int. J. Sci. Educ. 2009, 31, 603	Learning Of Chemical Equilibrium Through Modelling-Based Teaching	Maia P F; Justi R	Brasil	Metodologia	Não citadas	equilíbrio	Vídeo/Audio, Questionários: qualitativo, Desenho	Outros, Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Trabalho em laboratório	Modelos físicos, Ilustração em papel
Int. J. Sci. Educ. 2009, 31, 1743	Impacts Of Multi-Representational Instruction On High School Students' Conceptual Understandings Of The Particulate Nature Of Matter	Adadan E; Irving K E; Trundle K C	Turquia	Investigação	Não citadas	Natureza particular da matéria	Questionários: qualitativo, Entrevistas, Desenho	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo, Ilustração eletrônica
J. Chem. Educ. 2001, 78, 837	A Computer-Assisted Tutorial On Protein Structure	Tsai C S	Canadá	Recurso didático	upper-division undergraduate; biochemistry; computer bulletin board; computer-based learning; proteins/peptides	proteínas	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 840	Integrating Molecular Modeling Into The Inorganic Chemistry Laboratory	Montgomery C D	Canadá	Recurso didático	second-year undergraduate; laboratory instruction; molecular modeling exercises and experiments; computer-based learning; computational chemistry	estrutura molecular	Não citada	Trabalho em laboratório	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 1560	Spec UV-Vis: An Ultraviolet-Visible Spectrophotometer Simulation	Papadopoulos N; Limniou M; Koklamanis G; Tsarouhas A; Roilidis M; Bigger S W	Grécia	Recurso didático	second-year undergraduate; analytical chemistry; computer-based learning; UV-VIS spectroscopy	espectroscopia	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 121	Teaching 1H Nmr Spectrometry Using Computer Modeling	Habata Y; Akabori Y	Japão	Recurso didático	second-year undergraduate; organic chemistry; teaching with technology; computer-based learning; molecular properties/structure	espectroscopia	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 420	Which Nitrogen? Combining Computer Modeling With Laboratory Work In Organic Chemistry	Hull L A	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; organic chemistry; molecular modeling exercises and experiments; inquiry-based/discovery learning; laboratory computing/interfaces	espectroscopia	Não citada	Trabalho em laboratório	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 824	Spektri-Sim: Interactive Simulation And Analysis Of The Infrared Spectra Of Diatomic Molecules	Glendening E D; Kansanoho J M	EUA	Recurso didático	second-year undergraduate; physical chemistry; computer-based learning; IR spectroscopy	espectroscopia	Não citada	Trabalho em laboratório	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 1195	From The Wood-Shop To Crystal Engineering: Teaching Three-Dimensional Chemistry	Martin J D	EUA	Metodologia	upper-division undergraduate; inorganic chemistry; computer-based learning; crystals/crystallography	estrutura molecular	Desenho	Não citada	Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2001, 78, 1412	Using Computer-Based Visualization Strategies To Improve Students' Understanding Of Molecular Polarity And Miscibility	Sanger M J; Badger S M	EUA	Investigação	first-year undergraduate/general; chemical education research; multimedia-based learning; molecular properties/structure	polaridade, interações intermoleculares	Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo	Trabalho em laboratório	Interativo, Modelos físicos, Ilustração eletrônica

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2001 , 78, 1487	An Early Emphasis On Symmetry And A Three-Dimensional Perspective In The Chemistry Curriculum	Mc Kay S E; Boone S R	EUA	Metodologia	second-year undergraduate; curriculum; group theory/symmetry	simetria	Questionários: quantitativo	Aula expositiva	Outros
J. Chem. Educ. 2001 , 78, 1551	Integrating Computational Chemistry Into A Project-Oriented Biochemistry Laboratory Experience: A New Twist On The Lysozyme Experiment	Peterson R R; Cox J R	EUA	Metodologia	upper-division undergraduate; biochemistry; computer bulletin board; hands-on learning/ manipulatives; carbohydrates	proteínas	Não citada	Trabalho em grupo	Interativo
J. Chem. Educ. 2002 , 79, 588	Teaching Bonding In Organometallic Chemistry Using Computational Chemistry	Haaren R J; Reek J N H; Oevering H; Coussens B B; Strijdonck G P F; Kamer P C J; Leeuwen P W N M	Holanda	Recurso didático	Não citadas	estrutura molecular	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2002 , 79, 640	Le Chat: Simulation In Chemical Equilibrium	Paiva J C M; Gil V M S; Correia A F	Portugal	Recurso didático	Não citadas	equilíbrio	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2002 , 79, 468	Crystal Models Made From Clear Plastic Boxes And Their Use In Determining Avogadro'S Number	Bindel T H	EUA	Recurso didático	high school/introductory chemistry; crystals/crystallography	estrutura molecular	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2002 , 79, 638	Kinsimxp, A Chemical Kinetics Simulation	Allendoerfer R D	EUA	Recurso didático	Não citadas	cinética	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2002 , 79, 1088	A Three-Dimensional Model For Water	Johnson J L H; Yalkowsky S H; Vitz E	EUA	Recurso didático	high school/introductory chemistry; demonstrations; tested demonstrations; aqueous solution chemistry	estrutura molecular, interações intermoleculares	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2002 , 79, 1372	Using Computer Graphics To Demonstrate The Origin And Applications Of The "Reacting Bond Rules"	Tyler D R; Herrick D R	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; physical chemistry; computer bulletin board; computer-based learning; computational chemistry	reações	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2002 , 79, 1379	Webware For Classroom, Computer Room, Student'S Room	Hanson R M	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; physical chemistry; JCE WebWare; internet/web-based learning; MO theory	cinética	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2003 , 80, 709	General Chemistry Collection, 7Th Edition	Papadopoulos N; Limniou M	Grécia	Recurso didático	high school/introductory chemistry; analytical chemistry; JCE software; computer-based learning; acids/bases	titulação	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2003 , 80, 1222	3Dnormalmodes	Sigalas M P; Charistos N D; Teberekidis V I; Tsipis C A;	Grécia	Recurso didático	second-year undergraduate; JCE software; computer-based learning; IR spectroscopy	espectroscopia	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2003 , 80, 582	Web-Based Computations And Animations	Borkent H; Rooij J; Stueker O; Brunberg I; Fels G	Holanda	Recurso didático	second-year undergraduate; organic chemistry; JCE WebWare: web-based learning aids; internet/web-based learning; computational chemistry	vários	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2003 , 80, 346	Learning In Chemistry With Virtual Laboratories	Martínez-Jiménez P; Pontes-Pedrajas A; Polo J; Climent-Bellido M S	Espanha	Investigação	first-year undergraduate/general; chemical education research; teaching with technology; computer-based learning; laboratory computing/interfaces	Trabalho em laboratório, separação de misturas	Questionários: quantitativo, Relatórios	Trabalho em grupo, Trabalho em laboratório	Interativo

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2003 , 80, 109	Modeling A Boltzmann Distribution: Simbo (Simulated Boltzmann, A Computer Laboratory Exercise	Lyubartsev A P; Heald E F; York R W	Suécia	Recurso didático	upper-division undergraduate; physical chemistry; JCE software; computer-based learning; laboratory computing/interfacing	termodinâmica	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2003 , 80, 157	Paper-And-Glue Unit Cell Models	Birk J P; Yezierski E J; Laing M	EUA	Metodologia	high school/introductory chemistry; demonstrations; tested demonstrations; solid state chemistry	estrutura molecular	Não citada	Trabalho em grupo	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2003 , 80, 1425	Thermodynamics For Visual Learners	Hamilton T M	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; physical chemistry; thermodynamics	termodinâmica	Não citada	Não citada	Ilustração eletrônica
J. Chem. Educ. 2004 , 81, 1322	Teaching Ionic Solvation Structure With A Monte Carlo Liquid Simulation Program	Serrano A; Santos F M T; Greca I M	Brasil	Metodologia	upper-division undergraduate; physical chemistry; computer-based learning; mathematics/symbolic mathematics	interações intermoleculares	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2004 , 81, 587	The Effective Use Of An Interactive Software Program To Reduce Students' Misconceptions About Batteries	Yang E M; Greenbowe T J; Andre T	EUA	Investigação	high school/introductory chemistry; chemical education research; teaching with technology; computer-based learning; electro-chemistry	eletroquímica	Questionários: quantitativo, Vídeo/Audio	Aula expositiva, Trabalho em grupo	Interativo
J. Chem. Educ. 2004 , 81, 818	Visualizing Bent Bonds In Cyclopropane	Bertolini T M	EUA	Recurso didático	high school/introductory chemistry; demonstrations; overhOutros projector demonstrations; molecular modeling	ligação química	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2004 , 81, 1136	Exploring Organic Mechanistic Puzzles With Molecular Modeling	Horowitz G; Schwartz G	EUA	Metodologia	second-year undergraduate; organic chemistry; molecular modeling exercises and experiments; collaborative/co-operative learning; molecular properties/structure	reações	Não citada	Trabalho em grupo	Interativo
J. Chem. Educ. 2004 , 81, 1431	Introducing Molecular Visualization To Primary Schools In California: The Start! Teaching Science Through Art Program	Halpine S M	EUA	Metodologia	elementary/middle school science; chemistry for kids; computer-based learning; bioinorganic chemistry	estrutura molecular	Desenho, Questionários: quantitativo	Outros, Grupo de discussão	Interativo, Modelos físicos, Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2005 , 82, 73	A Set Of Hands-On Exercises On Conformational Analysis	Pellegrinet S C; Mata E G	Argentina	Metodologia	first-year undergraduate/general; organic chemistry; collaborative/co-operative learning; alkanes/cycloalkanes	análise conformacional	Não citada	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2005 , 82, 1800	A New Exploration Of The Torsional Energy Surface Of N-Pentane Using Molecular Models And Molecular Modeling Software	Galembeck S E; Caramori G F; Romero J R	Brasil	Metodologia	upper-division undergraduate; physical chemistry; computer-based learning; computational chemistry	análise conformacional	Não citada	Não citada	Interativo, Modelos físicos,
J. Chem. Educ. 2005 , 82, 1805	Analyzing The 3D Structure Of Human Carbonic Anhydrase Ii And Its Mutants Using Deep View And The Protein Data Bank	Ship N J; Zamble D B	Canadá	Metodologia	upper-division undergraduate; biochemistry; molecular modeling exercises and experiments; computer-based learning; molecular modeling	proteínas	Seminários, Relatórios	Trabalho individual	Interativo

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1741	Teaching Molecular Symmetry With Jce Webware	Charistos N D; Tsiapis C A; Sigalas M P	Grécia	Recurso didático	first-year undergraduate/general; chemoinformatics; JCE WebWare: web-based learning aids; computer-based learning; group theory/symmetry	simetria	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1021	Computer Modeling And Research In The Classroom	Ramos M J; Fernandes P A	Portugal	Metodologia	upper-division undergraduate; computer-based learning; computational chemistry	estrutura molecular	Relatório	Aula expositiva, Trabalho em grupo	Interativo
J. Chem. Educ. 2005, 82, 79	A 3D Model Of Double-Helical Dna Showing Variable Chemical Details	Cady S G	EUA	Recurso didático	high school/introductory chemistry; biochemistry; hands-on learning/manipulatives; biotechnology	ácidos nucleicos	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2005, 82, 401	Simple Dynamic Models For Hydrogen Bonding Using Velcro-Polarized Molecular Models	Schultz E	EUA	Recurso didático	high school/introductory chemistry; demonstrations; molecular properties/structure	interações intermoleculares	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2005, 82, 937	Molecular Visualization In Science Education: An Evaluation Of An Nsf-Sponsored Workshop	José T J; Williamson V M	EUA	Investigação	first-year undergraduate/general; curriculum; chemical education research; conferences	Outros	Likert, Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo	Outros	Outros
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1009	Chirality Made Simple: A 1- And 2-Dimensional Introduction To Stereochemistry	Gawley R E	EUA	Recurso didático	second-year undergraduate; organic chemistry; analogies/transfer; chirality/optical activity	simetria	Não citada	Não citada	Modelos físicos, Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1251	Assessing The Effect Of Web-Based Learning Tools On Student Understanding Of Stoichiometry Using Knowledge Space Theory	Arasasingham R D; Taagepera M; Potter F; Martorell I; Lonjers S	EUA	Investigação	first-year undergraduate/general; chemical education research; teaching with technology; computer-based learning; stoichiometry	estequiometria	Questionários: quantitativo, Likert	Aula expositiva, Grupo de discussão, Trabalho individual	Interativo
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1513	Techniques To Enhance Instructors' Teaching Effectiveness With Chemistry Students Who Are Blind Or Visually Impaired	Supalo C	EUA	Recurso didático	first-year undergraduate/general; laboratory instruction; testing/assessment; enrichment/review materials	Outros	Outros	Outros	Outros
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1736	The Use Of The Free, Open-Source Program Jmol To Generate An Interactive Web Site To Teach Molecular Symmetry	Cass M E; Rzepa H S; Rzepa D R; Williams C K	EUA	Recurso didático	first-year undergraduate/general; physical chemistry; internet/web-based learning; group theory/symmetry	simetria	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1567	A Gel Permeation Chromatography Simulator From Jce Webware	Marson G A; Torres B B	Brasil	Metodologia	second-year undergraduate/general second-year undergraduate; biochemistry; chromatography; computer-based learning; multimedia-based learning	cromatografia	Não citada	Trabalho em grupo	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1353	Teaching Physical Chemistry Experiments With A Computer Simulation By Labview	Belletti A; Borromei R; Ingletto G	Itália	Recurso didático	first-year undergraduate/general; physical chemistry; computer-based learning; equilibrium	equilíbrio	Não citada	Trabalho em laboratório	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 481	Computational Quantum Chemistry: A Reliable Tool In The Understanding Of Gas-Phase Reactions	Galano A; Alvarez-Idaboy J R; Vivier-Bunge A	México	Recurso didático	graduate education/research; physical chemistry; research: science and education; computer-based learning; applications of chemistry	reações	Não citada	Não citada	Interativo

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2006, 83, 170	Using Computer Simulations To Teach Salt Solubility	Gil V M S; Paiva J C M	Portugal	Recurso didático	high school/introductory chemistry; physical chemistry; computational chemistry	termodinâmica	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1319	A Unique Demonstration Model Of Dna	Cox J P L	Reino Unido	Recurso didático	elementary/middle school science; biochemistry; hands-on learning/manipulatives; molecular biology	ácidos nucleicos	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2006, 83, 77	Molecular Dynamics Simulations Of Chemical Reactions For Use In Education	Xie Q; Tinker R	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; chemical education research; molecular modeling exercises and experiments; computer-based learning; molecular mechanics/dynamics	cinética	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 336	Using Jmol To Help Students Better Understand Fluxional Processes	Cass M E; Rzepa H S	EUA	Recurso didático	first-year undergraduate/general; inorganic chemistry; JCE WebWare: web-based learning aids; internet/web-based learning; computational chemistry	reações	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 954	Misconceptions About The Particulate Nature Of Matter: Using Animations To Close The Gender Gap	Yeziński E J; Birk J P	EUA	Investigação	elementary/middle school science; chemical education research; constructivism; learning theories	Natureza particular da matéria	Pré/Pós-testes, Entrevistas, Vídeo/Áudio	Grupo de discussão, Trabalho individual, Aula expositiva	Animação
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1182	A Laboratory Experiment Using Molecular Models For An Introductory Chemistry Class	Ghaffari S	EUA	Metodologia	high school/introductory chemistry; demonstrations; hands-on learning/manipulatives; molecular modeling	vários	Não citada	Trabalho em grupo, Trabalho em laboratório	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1317	Classifying Matter: A Physical Model Using Paper Clips	Blake B; Hogue L; Sarquis J L	EUA	Recurso didático	elementary/middle school science; curriculum; analogies/transfer; molecular properties/structure	substâncias simples e compostas	Não citada	Trabalho em grupo	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1322	Using Physical Models Of Biomolecular Structures To Teach Concepts Of Biochemical Structure And Structure Depiction In The Introductory Chemistry Laboratory	Bain G A; Yi J; Beikmohamadi M; Herman T M; Patrick M A	EUA	Metodologia	high school/introductory chemistry; biochemistry; hands-on learning/manipulatives; amino acids	ácidos nucleicos, proteínas	Pré/Pós-testes	Trabalho em grupo, Aula expositiva	Modelos físicos, Interativo
J. Chem. Educ. 2007, 84, 1866	Biochemical View: A Web Site Providing Material For Teaching Biochemistry Using Multiple Approaches	Dórea F C; Rodrigues H S; Lapouble O M M; Pereira M R; Castro M S; Fontes W	Brasil	Investigação	continuing education; biochemistry; computer-based learning; amino acids	vias metabólicas	Questionários: quantitativo, Likert	Aula expositiva	Interativo
J. Chem. Educ. 2007, 84, 979	Receptor Surface Models In The Classroom: Introducing Molecular Modeling To Students In A 3-D World	Geldenhuys W J; Hayes M; Van Der Schyf C J; Allen D D; Malan S F	EUA	Metodologia	first-year undergraduate/general; biochemistry; computer-based learning; bioorganic chemistry	interação estérica	Likert	Não citada	Interativo, Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2007, 84, 1551	An Interactive Computer Program To Help Students Learn Molecular Symmetry Elements And Operations	Meyer D E; Sargent A L	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; inorganic chemistry; JCE WebWare: web-based learning aids; computer-based learning; group theory symmetry	simetria	Não citada	Não citada	Interativo

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2007, 84, 1776	Visualizing The Transition State: A Hands-On Approach To The Arrhenius Equation	Kuntzleman T S; Swanson M S; Sayers D K	EUA	Metodologia	first-year undergraduate/general; laboratory instruction; applications and analogies; analogies/transfer; kinetics	cinética	Não citada	Trabalho em grupo	Outros
J. Chem. Educ. 2007, 84, 1945	Predicting The Shifts Of Absorption Maxima Of Azulene Derivatives Using Molecular Modeling And Zindo Ci Calculations Of UV-Vis Spectra	Patalinghug W C; Chang M; Solis J	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; laboratory instruction; molecular modeling exercises and experiments; analogies/transfers; aromatic compounds	espectroscopia	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2008, 85, 444	Constructing 1h Symmetrical Fullerenes From Pentagons	Gan L H	China	Recurso didático	upper-division undergraduate; physical chemistry; computer-based learning; carbon	simetria	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2008, 85, 240	Using Tactile Learning Aids For Students With Visual Impairments In A First-Semester Organic Chemistry Course	Poon T; Ovardia R	EUA	Metodologia	second-year undergraduate; organic chemistry; hands-on learning/manipulatives; molecular modeling	vários	Desenho, Questionários: qualitativo	Trabalho individual	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2008, 85, 303	Investigating Students' Ability To Transfer Ideas Learned From Molecular Animations Of The Dissolution Process	Kelly R M; Jones L L	EUA	Investigação	first-year undergraduate/general; chemical education research; computer-based learning; aqueous solution chemistry	reações	Desenho, Entrevistas, Vídeo/Áudio	Trabalho individual	Animação
J. Chem. Educ. 2008, 85, 718	The Effects Of A Two-Year Molecular Visualization Experience On Teachers' Attitudes, Content Knowledge, And Spatial Ability	Willianson V M; José T J	EUA	Investigação	first-year undergraduate/general; chemical education research; constructivism; molecular modeling	Não especificado	Likert, Pré/Pós-testes	Trabalho em grupo, Outros	Interativo, Animação
J. Chem. Educ. 2008, 85, 822	Exploring Solid-State Structure And Physical Properties: A Molecular And Crystal Model Exercise	Bindel T H	EUA	Metodologia	first-year undergraduate/general; inorganic chemistry; hands-on learning/manipulatives; crystals/crystallography	simetria	Não citada	Trabalho em grupo, Trabalho em laboratório	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2008, 85, 1071	Using Molecular Dynamics Simulation To Reinforce Student Understanding Of Intermolecular Forces	Burkholder P R; Pursler G H; Cole R S	EUA	Metodologia	first-year undergraduate/general; curriculum; molecular modeling exercises and experiments; computer-based learning; computational chemistry	interações intermoleculares	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2009, 86, 477	Conformational Analysis Of Drug Molecules: A Practical Exercise In The Medicinal Chemistry Course	Yuriev E; Chalmers D; Capuano D	Austrália	Recurso didático	second-year undergraduate; biochemistry; molecular modeling exercises and experiments; computer-based learning; computational chemistry	análise conformacional	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2009, 86, 19	Board-Game Gel Filtration And Affinity Chromatography	Hunt E A; Deo S K	EUA	Recurso didático	first-year undergraduate/general; analytical chemistry; classroom activity connections; collaborative/cooperative learning; bioanalytical chemistry	cromatografia	Não citada	Não citada	Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2009, 86, 254	Visualization Tools For Organic Chemistry	Musyka J L	EUA	Recurso didático	second-year undergraduate; organic chemistry; JCE: WebWare; web-based learning aids; Internet/web-based learning; alkanes/cycloalkanes	vários	Não citada	Não citada	Interativo

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2009, 86, 450	Enthalpy Costs Of Making And Breaking Bonds: A Game Of Generating Molecules With Proper Lewis Structures	Bell P T; Adkins A D; Gamble R J; Schultz L D	EUA	Recurso didático	first-year undergraduate/general; organic chemistry; humor/puzzles/game; calorimetry/thermochemistry	ligação química	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo	Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2009, 86, 460	Using The Cambridge Structural Database To Teach Molecular Geometry Concepts In Organic Chemistry	Wackerly J W; Janowicz P A; Ritchey J A; Caruso M M; Elliott E L; Moore J S	EUA	Metodologia	second-year undergraduate; organic chemistry; teaching with technology; computer-based learning; atomic properties/structure	estrutura molecular	Likert, Pré/Pós-testes	Trabalho individual	Interativo
J. Chem. Educ. 2009, 86, 1442	Kinetic Versus Static Visuals For Facilitating College Students' Understanding Of Organic Reaction Mechanisms In Chemistry	Aldahmash A H; Abraham M R	Yemen	Investigação	second-year undergraduate; chemical education research; reasearch: science and education; multimedia-based learning; learning theories	reações	Pré/Pós-testes; Questionários: quantitativo, Desenho	Aula expositiva, Trabalho individual	Animação, Ilustração eletrônica
J. Chem. Educ. 2010, 87, 406	Where'S Ester? A Game That Seeks The Structures Hiding Behind The Trivial Names	Angelin M; Ramström O	Suécia	Recurso didático	first-year undergraduate/general; general public; high school/introductory chemistry; second-year undergraduate; upper-division undergraduate; biochemistry; organic chemistry; humor/puzzles/games; amino acids; drugs/pharmaceuticals; nomenclature/units/symbols	nomenclatura	Não citada	Trabalho em grupo	Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2010, 87, 809	Teaching Three-Dimensional Structural Chemistry Using Crystal Structure Databases. 1. An Interactive Web-Accessible Teaching Subset Of The Cambridge Structural Database	Battle G M; Allen F H; Ferrence G M	Reino Unido	Recurso didático	second-year undergraduate; upper-division undergraduate; chemoinformatics; internet/web-based learning	estrutura molecular	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2010, 87, 819	A Pictorial Visualization Of Normal Mode Vibrations Of The Fullerene (C60 Molecule In Terms Of Vibrations Of A Hollow Sphere	Dunn J L	Reino Unido	Recurso didático	upper-division undergraduate; graduate education/research; chemoinformatics; computer-based learning; group theory/symmetry; theoretical chemistry	simetria	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2010, 87, 291	Use Of Molecular Models For Active Learning In Biochemistry Lecture Courses	Hageman J H	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; biochemistry; organic chemistry; analogies/transfer; collaborative/co-operative learning; hands-on learning/manipulatives	estrutura molecular	Não citada	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2010, 87, 294	A Hands-On Classroom Simulation To Demonstrate Concepts In Enzyme Kinetics	Junker M	EUA	Metodologia	second-year undergraduate; upper-division undergraduate; biochemistry; analogies/transfer; hands-on learning/manipulatives; catalysis; enzymes; kinetics; mechanism of reactions	cinética	Não citada	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Outros

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2010 , 87, 827	Dynamic Paper Constructions For Easier Visualization Of Molecular Symmetry	Sein Jr L T	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; inorganic chemistry; laboratory instruction; physical chemistry; hands-on learning/manipulatives; group theory/symmetry; molecular properties/structure	simetria	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2010 , 87, 924	Articulate Pictures And Kinetic-Molecular Theory Concepts: Seizing An Opportunity	Waner M J	EUA	Recurso didático	elementary/middle school science; high school/introductory chemistry; first-year undergraduate/general; upper-division undergraduate; physical chemistry; chemical education research; gases; kinetic-molecular theory	Natureza particular da matéria, cinética	Não citada	Não citada	Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2010 , 87, 1024	Fusion Science Theater Presents The Amazing Chemical Circus: A New Model Of Outreach That Uses Theater To Engage Children In Learning	Kerby H W; Cantor J; Weiland M; Barbiarz C; Kerby A W	EUA	Metodologia	first-year undergraduate/general; general public; elementary/middle school science; interdisciplinary/multidisciplinary; demonstrations; public understanding/outreach; testing/assessment; inquiry-based/discovery learning; applications of chemistry; student-centered learning	vários	Likert, Pré/Pós-testes, Desenho	Outros	Outros
J. Res. Sci. Teach. 2001 , 38, 821	Promoting Understanding Of Chemical Representations: Students' Use Of A Visualization Tool In The Classroom	Wu H K; Krajcik J S; Soloway E	EUA	Metodologia	Não citadas	vários	Pré/Pós Testes, Entrevistas, Vídeo/Áudio	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo, Modelos físicos, Ilustração eletrônica
J. Res. Sci. Teach. 2004 , 41, 317	Effectiveness Of Multimedia-Based Instruction That Emphasizes Molecular Representations On Students' Understanding Of Chemical Change	Ardac C; Akaygun S	Turquia	Investigação	Não citadas	reações, Natureza particular da matéria	Pré/Pós-testes, Entrevistas, Desenho	Aula expositiva, Trabalho em laboratório, Trabalho individual	Interativo
J. Res. Sci. Teach. 2006 , 43, 500	Effect Of Bead And Illustrations Models On High School Students' Achievement In Molecular Genetics	Rotbain Y; Marbach-Ad G; Stavay R	Israel	Investigação	Não citadas	ácidos nucleicos	Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo, Entrevistas	Aula expositiva, Trabalho individual, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Modelos físicos, Ilustração em papel
J. Res. Sci. Teach. 2008 , 45, 219	Chemical Understanding And Graphing Skills In An Honors Case-Based Computerized Chemistry Laboratory Environment: The Value Of Bidirectional Visual And Textual Representations	Dori Y J; Sasson I	Israel	Investigação	chemistry; laboratory science; secondary; achievement; classroom research	vários	Questionários: qualitativo, Questionários: quantitativo	Outros, Aula expositiva, Trabalho em laboratório, Grupo de discussão, Trabalho individual	Interativo, Ilustração eletrônica
J. Res. Sci. Teach. 2008 , 45, 273	Using Computer Animation And Illustration Activities To Improve High School Students' Achievement In Molecular Genetics	Marbach-Ad G; Rotbain Y; Stavay R	Israel	Investigação	biology; achievement; attitudes	ácidos nucleicos	Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo, Entrevistas	Aula expositiva, Trabalho individual, Grupo de discussão	Interativo, Ilustração em papel
J. Res. Sci. Teach. 2009 , 46, 289	Enhancing Students' Understanding Of The Concept Of Chemical Bonding By Using Activities Provided On An Interactive Website	Frailich M; Kesner M; Hofstein A	Israel	Investigação	chemistry; technology education/software design; secondary	ligação química	Questionários: quantitativo, Entrevistas, Vídeo/Áudio	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Res. Sci. Teach. 2010 , 47, 91	Bridging Scientific Reasoning And Conceptual Change Through Adaptive Web-Based Learning	She H C; Liao Y W	Taiwan	Investigação	chemistry; conceptual change; technology education ; middle school science	estrutura atômica	Pré/Pós-testes, Entrevistas, Vídeo/Áudio	Trabalho individual	Interativo, Ilustração eletrônica
J. Sci. Educ. Technol. 2003 , 12, 277	Common Molecules: Bringing Research And Teaching Together Through An Online Collection	Sandvoss L M; Harwood W S; Korkmaz A; Bollinger J C; Huffman J C; Huffman J N	EUA	Recurso didático	common molecules; chemistry education; visualization; digital library; crystal structures	estrutura molecular	Não citada	Não citada	Interativo
J. Sci. Educ. Technol. 2003 , 12, 285	Connected Chemistry—Incorporating Interactive Simulations Into The Chemistry Classroom	Stieff M; Wilensky U	EUA	Metodologia	chemistry education; modeling environments; scientific visualization	equilíbrio	Entrevistas, Questionários: qualitativo	Trabalho individual	Interativo
J. Sci. Educ. Technol. 2004 , 13, 51	Reasoning With Atomic-Scale Molecular Dynamic Models	Pallant A; Tinker R F	EUA	Metodologia	models; phases of matter; thermodynamics; molecular dynamics	Natureza particular da matéria	Questionários: quantitativo, Entrevistas, Desenho	Trabalho em grupo	Interativo
J. Sci. Educ. Technol. 2004 , 13, 243	Web-Supported Chemistry Education: Design Of An Online Tutorial For Learning Molecular Symmetry	Korkmaz A; Harwood W S	EUA	Recurso didático	3-D; symmetry; interactivity; molecular structure; inorganic chemistry	simetria	Entrevistas, Pré/Pós-testes, Vídeo/Áudio	Trabalho individual	Interativo, Modelos físicos, Ilustração em papel
J. Sci. Educ. Technol. 2004 , 13, 315	The Use Of Video Demonstrations And Particulate Animation In General Chemistry	Velázquez-Marcano A; Williamson V M; Ashkenazi G; Tasker R; Williamson K C	EUA	Investigação	chemical education research; particulate nature of matter; computer-based instruction; demonstrations; internet/web-based materials; teaching/learning aids	difusão/efusão	Pré/Pós-testes	Trabalho individual	Animação
J. Sci. Educ. Technol. 2004 , 13, 361	Instructional Technology And Molecular Visualization	Appling J R; Peake L C	EUA	Metodologia	multimedia; chemistry; model-building	estrutura molecular	Pré/Pós-testes	Trabalho individual	Interativo, Modelos físicos
J. Sci. Educ. Technol. 2004 , 13, 461	Students' Understanding Is Enhanced Through Molecular Modeling	Ealy J B	EUA	Investigação	molecular modeling; multimedia learning; microscopic	vários	Pré/Pós-testes	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Trabalho individual	Interativo, Modelos físicos, Ilustração eletrônica
J. Sci. Educ. Technol. 2005 , 14, 51	The Effect Of Instructional Modality And Prior Knowledge On Learning Point Group Symmetry	Nottis K E K; Kastner M E	EUA	Investigação	chemistry education; point group symmetry; computer courseware; prior knowledge	simetria	Questionários: quantitativo, Pré/Pós-testes, Vídeo/Áudio, Desenho	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Trabalho individual	Interativo, Modelos físicos, Ilustração em papel
J. Sci. Educ. Technol. 2007 , 16, 413	Exploring How Different Features Of Animations Of Sodium Chloride Dissolution Affect Students' Explanations	Kelly R M; Jones L L	EUA	Metodologia	NaCl dissolution; animations; written, oral and drawn explanations; misconceptions	interações intermoleculares	Vídeo/Áudio, Entrevistas, Questionários: qualitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Trabalho individual	Animação
J. Sci. Educ. Technol. 2008 , 17, 49	Using A Computer Animation To Teach High School Molecular Biology	Rotbain Y; Marbach-Ad G; Stavry R	Israel	Investigação	computer animation; molecular genetics; secondary science; nucleic acid	ácidos nucleicos	Pré/Pós-testes, Entrevistas, Desenho	Aula expositiva, Trabalho individual, Grupo de discussão	Interativo
J. Sci. Educ. Technol. 2008 , 17, 466	The Impact Of Learner'S Prior Knowledge On Their Use Of Chemistry Computer Simulations: A Case Study	Liu H C; Andre T; Greenbowe T J	Taiwan	Investigação	chemical education; science education; computer simulation; computer-supported learning	eletroquímica	Vídeo/Áudio, Pré/Pós-testes, Questionários: qualitativo	Outros, Grupo de discussão, Trabalho em grupo	Interativo
J. Sci. Educ. Technol. 2008 , 17, 305	The Effect Of A Computerized Simulation On Middle School Students' Understanding Of The Kinetic Molecular Theory	Stern L; Barnea N; Shauli S	EUA	Investigação	dynamic simulation; kinetic molecular theory; middle school; teaching strategies; curricular intervention; particles; microscopic view	Natureza particular da matéria	Questionários: quantitativo, Entrevistas, Desenho	Aula expositiva, Trabalho individual	Interativo
PEC 2008 , 9, 17	Images And Computational Methods In Molecular Modeling Education	Arroio A; Honório K M	Brasil	Recurso didático	images; visualization; computational techniques; molecular modeling	orbital molecular, proteínas	Não citada	Não citada	Ilustração eletrônica

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
PEC 2009, 11, 69	Teaching Protein Science With Application Of Computers – Case Study Of Bcl-2 Protein Family	Kaczor A; Matosiuk D; Persona A	Polônia	Metodologia	protein science; proteins as drug targets; BCL-2 protein family	proteínas	Não citada	Outros, Aula expositiva	Interativo
PEC 2009, 16, 23	Visualization InScience Education: The Results Of Pilot Research In Grade 10	Bilbokaitė R	Lituânia	Investigação	science education; visualization	Não especificado	Pré/Pós-testes, Likert	Outros	Ilustração em papel, Ilustração eletrônica
PEC 2009, 16, 48	Teacher'S Education And The Use Of Visualizations In Chemistry Instruction	Ferreira C; Arroio A	Brasil	Investigação	visualization; chemistry instructing; teacher's formation	Não especificado	Questionários: qualitativo	Outros	Outros
PEC 2009, 16, 80	Chemistry Teachers' And Student'S Perceptions Of Practical Work Through Different Ict Learning Environments	Perna J; Aksela M	Finlândia	Investigação	chemistry teaching; information and communications technology; ICT; modeling; practical work	vários	Likert, Questionários: qualitativo, Pré/Pós-testes	Outros, Trabalho em grupo, Outros	Animação, Interativo
PEC 2010, 24, 19	The Usage Of A Simulation To Study Intermolecular Forces: Some Findings	Ayres C; Ferreira C; Arroio A	Brasil	Metodologia	visualization; computer; simulation; chemistry	interações intermoleculares	Questionários: qualitativo, Desenho	Trabalho em grupo	Interativo
PEC 2010, 24, 49	Use Of Visualization To Motivate Science And Geography Education Of Female School-children	Bilbokaitė R	Lituânia	Investigação	visualization; motivation; comprehensive school	Não especificado	Likert	Outros	Outros
PEC 2010, 24, 75	Metavisualization: An Important Skill In The Learning Chemistry	Locatelli S; Ferreira C; Arroio A	Brasil	Revisão	metavisualization; metacognition; visualization; chemistry instruction	Não especificado	Outros	Outros	Outros
QN 2004, 27, 489	Ampc – Sinalização Intracelular: Um Software Educacional	Yokaichiya D K; Fraceto L F; Miranda M A; Galembeck E; Torres B B	Brasil	Metodologia	AMPC; educational software; intracellular signaling	sinalização celular	Likert, Questionários: qualitativo	Outros, Trabalho em grupo	Interativo
QN 2005, 28, 360	O Ensino De Química Quântica E O Computador Na Perspectiva De Projetos	Arroio A; Honório K M; Weber K C; Mello P M; Silva A B F	Brasil	Metodologia	computer; projects; quantum chemistry teaching	estrutura molecular	Seminários, Questionários: qualitativo	Outros, Trabalho em grupo, Aula expositiva	Interativo
QN 2007, 30, 727	Reatividade Em Reações De Diels-Alder: Uma Prática Computacional	Lacerda Jr V; Oliveira K T; Silva R C Constantino M G; Silva G V J	Brasil	Recurso didático	Diels-Alder reactivity; FMO theory; NBO analysis	reações	Não citada	Aula expositiva, Trabalho em grupo	Interativo
QN 2008, 31, 2184	Integración De Visualización Científica Molecular En El Salón De Clases	García-Ruiz M A; Valdez-Velasquez L L; Gómez-Sandoval Z	México	Metodologia	molecular; visualization; classroom	estrutura molecular	Likert, Questionários: qualitativo	Outros, Trabalho em grupo	Interativo
QNEC 2009, 31, 82	Um Modelo Para O Estudo Do Fenômeno De Deposição Metálica E Conceitos Afins	Francisco Júnior W E; Ferreira L H; Hartwig D R	Brasil	Metodologia	models; representation; metallic deposition	eletroquímica	Questionários: qualitativo	Trabalho individual	Modelos físicos
RBPEC 2003, 3, 58	Uso Do Software Dicewin Na Química Geral (The Use Of The Dicewin Software In General Chemistry)	Santos F M T; Greca I M; Serrano A	Brasil	Metodologia	simulation programs; general chemistry; intermolecular forces; chemistry representations	interações intermoleculares	Desenho	Aula expositiva, Trabalho em grupo	Interativo
REEC 2005, 4	Promovendo Aprendizagem De Conceitos E De Representações Pictóricas Em Química Com Uma Ferramenta De Simulação Computacional	Santos F M T; Greca I M	Brasil	Investigação	chemistry concepts; pictorial representations; simulations	interações intermoleculares	Desenho, Vídeo/Áudio	Trabalho individual, Aula expositiva	Interativo
REEC 2008, 7, 629	Modelar La Naturaleza Discontinua De La Materia: Una Propuesta Para La Escuela Media	Giudice J; Galagovsky L	Argentina	Investigação	teaching; learning; model; analogy; particulate nature of matter	Natureza particular da matéria	Desenho, Questionários: quantitativo	Aula expositiva, Trabalho em laboratório, Trabalho individual, Grupo de discussão	Ilustração eletrônica

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
REEC 2009, 8, 440	Integración De Elementos Didácticos Y Del Diseño Em El Software Educativo Hipermedial "Estequiometría. Contando Masas, Moles Y Partículas"	Grisolia M; Grisolia C V	Venezuela	Recurso didático	educational software; graphic design; stoichiometry; chemistry teaching and learninf	estequiometria	Entrevistas, Mapa conceitual	Grupo de discussão, Trabalho em grupo	Interativo
REEC 2010, 9, 18	Uso De Um Software De Construção De Modelos Moleculares No Ensino De Isomeria Geométrica: Um Estudo De Caso Baseado Na Teoria De Mediação Cognitiva	Raupp D; Serrano A; Martins T L C; Souza B C	Brasil	Metodologia	computer simulations; isomers; theories of cognition and learning; representations	isomeria	Desenho, Questionários: quantitativo	Aula expositiva, Trabalho individual	Interativo
Res. Sci. Educ. 2004, 34, 1	Students' Understanding Of The Descriptive And Predictive Nature Of Teaching Models In Organic Chemistry	Treagust D F; Chittleborough G D; Mamiala T L	Austrália	Metodologia	mental models; organic chemistry; scientific models; teaching model; uppersecondary science	estrutura molecular	Likert, Vídeo/Áudio, Entrevistas,	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo, Modelos físicos, Ilustração em papel
Res. Sci. Educ. 2008, 38, 463	Correct Interpretation Of Chemical Diagrams Requires Transforming From One Level Of Representation To Another	Chittleborough G; Treagust D	Austrália	Metodologia	chemical diagrams; chemistry; representations; explanations; non-major; first-year university	vários	Questionários: quantitativo, Pré/Pós-testes, Entrevistas	Trabalho individual, Outros	Ilustração eletrônica, Ilustração eletrônica
Res. Sci. Educ. 2009, 39, 495	The Effect Of Three-Dimensional Simulations On The Understanding Of Chemical Structures And Their Properties	Urhahne D; Nick S; Schanze S	Alemanha	Investigação	three dimensional simulations; information technology; conceptual knowledge; spatial ability; chemistry education	estrutura molecular	Likert, Pré/Pós-testes, Desenho	Trabalho individual, Trabalho em grupo	Interativo, Ilustração eletrônica
Res. Sci. Educ. 2010, 40, 375	Learning Using Dynamic And Static Visualizations: Students' Comprehension, Prior Knowledge And Conceptual Status Of A Biotechnological Method	Yarden H; Yarden A	Israel	Investigação	animations; biotechnology education; conceptual status; dynamic visualization; prior knowledge; static visualization	PCR,	Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo, Vídeo/Áudio	Aula expositiva, Trabalho individual, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo, Ilustração eletrônica
Sci. Edu. 2003, 87, 794	Linking Phenomena With Competing Underlying Models: A Software Tool For Introducing Students To The Particulate Model Of Matter	Snir J; Smith C L; Raz G	Israel	Investigação	Não citadas	Natureza particular da matéria,	Pré/Pós-testes, Entrevistas	Trabalho individual	Interativo
Sci. Edu. 2004, 88, 465	Exploring Visuospatial Thinking In Chemistry Learning	Hu H K; Shah P	Taiwan	Revisão	Não citadas	Não especificado	Outros	Outros	Outros
Sci. Edu. 2005, 89, 117	Enhancing Undergraduate Students' Chemistry Understanding Through Project-Based Learning In An It Environment	Barak M; Dori Y J	EUA	Investigação	Não citadas	vários	Pré/Pós-testes, Likert, Entrevistas	Outros, Trabalho individual	Interativo
Sci. Edu. 2006, 90, 1073	Visual Representations In Science Education: The Influence Of Prior Knowledge And Cognitive Load Theory On Instructional Design Principles	Cook M P	EUA	Revisão	Não citadas	Não especificado	Outros	Outros	Outros
Sci. Edu. 2008, 92, 848	The Influence Of Prior Knowledge On Viewing And Interpreting Graphics With Macroscopic And Molecular Representations	Cook M; Wiebe E N; Carter G	EUA	Investigação	Não citadas	transporte celular	Pré/Pós-testes, Entrevistas	Trabalho individual	Ilustração eletrônica
Sci. Edu. 2010, 94, 73	The Impact Of Designing And Evaluating Molecular Animations On How Well Middle School Students Understand The Particulate Nature Of Matter	Chang H Y; Quintana C; Krajcik J S	Taiwan	Investigação	Não citadas	Natureza particular da matéria	Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo, Entrevistas	Trabalho individual	Interativo