

A pesquisa em visualização no ensino de Química na última década

Research on visuallization in chemical teaching in the last decade

Leila Cardoso Teruya e Guilherme Andrade Marson

Instituto de Química – Universidade de São Paulo

*gamarson@iq.usp.br

Resumo

É conhecida a importância da visualização no ensino Química, dada a relação entre problemas de aprendizagem e a dificuldade de entendimento das representações visuais. Este estudo teve como objetivo traçar um panorama da pesquisa em visualização na última década, apontando tendências gerais. Para tanto, foram identificados, classificados e analisados 171 artigos sobre o assunto em 14 periódicos da área. Os trabalhos foram classificados segundo critérios como a natureza do artigo, o referencial teórico indicado, os conceitos químicos tratados, o suporte didático e as condições de condução da pesquisa. Para o grupo de trabalhos dedicados à pesquisa educacional foram realizadas análises cruzadas buscando-se identificar associações entre as categorias de classificação. Os resultados principais indicaram que as pesquisas em visualização têm se dedicado principalmente em estudar os processos individuais de aprendizagem, em especial dos alunos de ensino médio e superior, utilizando suportes didáticos interativos.

Palavras-chave: visualização; ensino de química, pesquisa educacional

Abstract

It is well known that visualization plays a major role in chemical education, given the relationship between learning problems and difficulties in understanding visual representations. This study aimed at outlining a panorama of the research in visualization in the last decade, pointing at general trends. For this purpose, 171 articles on the subject from 14 journals were identified, categorized and analyzed. The categories and criteria adopted included the type of article, theoretical background indicated, featured chemical concepts, didactic support medium and conditions for conducting research. In order to identify associations between some of the analytical categories adopted in the study, crossed data analysis were conducted for original research articles. The main results indicated that the research in visualization has been devoted primarily to study the individual processes of learning, especially with high-school and college audiences, using interactive didactic material.

Key-words: visualization, chemical education, educational research

Introdução

Realizar pesquisas sobre o ensino de ciências contribui para auxiliar os professores da área a melhorarem suas práticas em sala de aula. Não obstante, é fundamental que se estude, de

tempos em tempos, o que já foi investigado, a fim de saber o que ainda há para ser explorado em pesquisas futuras (Chang e col., 2010). Neste sentido, é possível encontrar na literatura tanto artigos de revisão que apresentam o atual estado da arte de um tema em particular, dentro do ensino de ciência, quanto revisões que indicam as tendências gerais da pesquisa na área de ensino. 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 de Química (Wu e Shah, 2004), havendo, inclusive, edições especiais de periódicos dedicados ao tema.

Gobert (2005) afirma que os três usos mais comuns do termo visualização na psicologia e na pesquisa educacional incluem: 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. É ressaltado ainda que o uso desses termos não acarreta três processos mutuamente exclusivos. Para Gilbert (2008), 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. De modo mais prático, Uttal e O' Doherty (2008) definem visualização como qualquer tipo de representação física concebida para tornar visível um conceito que é abstrato. Os autores argumentam que a visualização ajuda os estudantes a aprenderem simplesmente porque deixam as informações complexas mais acessíveis cognitivamente.

Em relação à importância da visualização para o aprendizado de ciência, Gilbert (2008) defende que ela é fundamental para se aprender os modelos científicos já estabelecidos e aprender a desenvolver novos modelos de natureza tanto quantitativa quanto qualitativa. Sobre modelos científicos, Justi e Gilbert (2002) 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.

Tais dificuldades, segundo Chittleborough e Treagust (2008), 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 aceitação para os estudantes.

Cook (2006) reitera que as representações visuais fornecem um meio de tornar visíveis os fenômenos que não podem ser captados por nossa visão, enquanto Treagust e col. (2003) lembram que a efetividade no ensino de Química depende da habilidade do professor em explicar conceitos abstratos e complexos e da habilidade dos estudantes em compreender tais explicações. Em vista disso, as representações visuais têm sido empregadas para auxiliar os estudantes a aprenderem conceitos químicos pela construção de seus próprios modelos mentais (Wu e Shah, 2004; Chittleborough e Treagust, 2008).

A relação entre visualização e o ensino de Química foi apontada no estudo de Wu e Shah (2004). Os autores realizaram uma revisão bibliográfica com foco em três aspectos: correlação entre habilidades espaciais e aprendizado de Química; erros conceituais e dificuldade de se entender representações visuais; e ferramentas de visualização desenvolvidas para superação dessas limitações. Os resultados da revisão 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. Schonborn e Anderson (2006) complementam que são poucas as instituições de ensino que explicitamente ensinam habilidades de visualização 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.

Dada a importância da visualização no ensino de Química, este artigo tem como objetivo apresentar um panorama da pesquisa na área no período de 2001 a 2010, apontando tendências gerais acerca do tema e possíveis correlações entre as características dos trabalhos publicados.

Metodologia

Os seguintes periódicos foram pesquisados nos anos de 2001 a 2010: *Journal of Chemical Education (J. Chem. Edu.)*; *Biochemistry and Molecular Biology Education (BAMBED)*; *Research in Science Education (Res. Sci. Edu.)*; *Science Education (Sci. Edu.)*; *Chemical Education Research and Practice (Chem. Edu. Res. Pract.)*; *Computers and Education (Comp. Edu.)*; *Journal of Research in Science Teaching (J. Res. Sci. Teach.)*; *International Journal of Science Teaching (Int. J. Sci. Teach.)*; *Problems of Education in 21 st century (PEC)*; *Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)*; *Journal of Science Education and Technology (J. Sci. Edu. Tech.)*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências (RBPEC)*; *Química Nova (QN)*; *Química Nova na Escola (QNEC)*. Deve-se se notar que, enquanto os três últimos são nacionais, os demais são estrangeiros, e que alguns deles iniciaram suas publicações após 2001, ano a partir do qual se iniciou o levantamento.

Numa primeira etapa, a pesquisa bibliográfica foi realizada com base na leitura dos títulos dos artigos publicados em cada periódico e, em alguns casos, na leitura dos respectivos resumos também. Com essa triagem inicial, selecionaram-se os artigos de interesse para a análise completa dos textos.

Os seguintes parâmetros de identificação e de classificação foram adotados para os artigos analisados: *ano, volume e número da publicação, números de páginas, idioma e autores; periódico, país de origem do autor principal, conceitos químicos envolvidos, natureza do artigo (original, revisão etc.), público alvo, referencial teórico, metodologia de aplicação, metodologia de investigação e suporte didático*. Destaca-se que, à exceção dos critérios *periódico, país e tipo de artigo*, os critérios permitiam múltiplas classificações. Por exemplo, a pesquisa direcionada a mais de um nível educacional. Nestes casos, a contabilização de dados dentro de um mesmo critério pode ser maior que o número total de artigos analisados. Os seguintes tipos de artigo foram considerados: pesquisa original (O. Pesquisa); metodologia original (O. Metodologia); recurso didático; e revisão. Consideraram-se artigos originais de pesquisa todos aqueles que apresentassem algum viés investigativo, havendo a definição clara de uma pergunta a ser respondida com a pesquisa e a devida citação da metodologia de investigação utilizada para tal finalidade.

Os dados obtidos foram compilados em uma planilha eletrônica, sendo submetidos a um tratamento estatístico que indicou o número de artigos publicados de acordo com cada um dos critérios de classificação estabelecidos e ao longo dos anos de 2001 a 2010. Os resultados obtidos foram agrupados em duas populações de artigos. Artigos de revisão, inovações didáticas e metodológicas foram agrupados como *Não Pesquisa*, enquanto as pesquisas originais como *Pesquisa*. Os artigos agrupados nessas categorias foram comparados quanto

aos conceitos e níveis educacionais abordados nos respectivos trabalhos. Para o grupo de artigos de *Pesquisa* foram realizadas também análises cruzadas para algumas categorias, definindo-se associações entre: conceito e nível educacional; conceito e suporte didático; referencial teórico e metodologia de investigação; e referencial teórico e metodologia aplicada.

Resultados e Discussão

Caracterização geral dos artigos sobre visualização em ensino de Química

Este estudo se inicia com a caracterização geral do total de artigos sobre visualização em ensino de Química (n = 171), considerando a evolução temporal dos artigos segundo os critérios periódico, país de origem do autor principal e tipo de artigo.

O primeiro critério analisado é a produção bibliográfica por periódico. Conforme pode ser observado na figura 1, que mostra a produção absoluta e porcentual por revista a cada ano, o J. Chem. Edu. é o periódico com mais publicações na área de visualização, seguido, na maior parte dos anos, pela BAMBED, J. Sci. Edu. Tech. e Chem. Edu. Res.

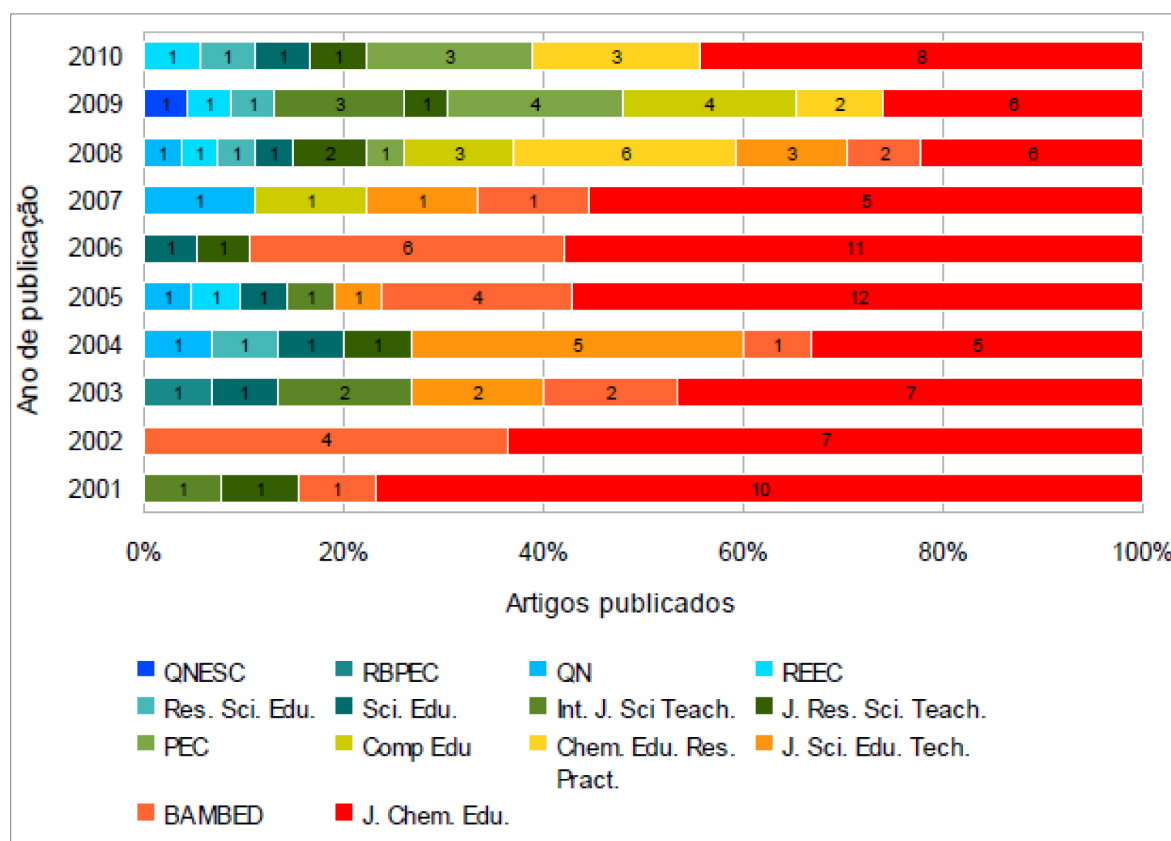


Figura 1. Produção absoluta e porcentual por periódico

Cabe assinalar que estes quatro periódicos também exibem os maiores números de publicações gerais. O J. Chem. Edu., por exemplo, que ocupa a primeira posição em publicações na área, apresenta edições mensais, com elevado número de artigos publicados, principalmente de inovações didáticas, por número da revista. Também vale destacar o discreto aumento das publicações sobre visualização nas revistas brasileiras, 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 (Schnetzler, 2002; Francisco e Queiroz,

2008). A produção bibliográfica por país de origem do autor principal a cada ano pode se observada na figura 2. A informação do país foi coletada nos próprios artigos, de modo que o país não se refere necessariamente à nacionalidade do autor, mas ao país da instituição de pesquisa em que o estudo foi realizado.

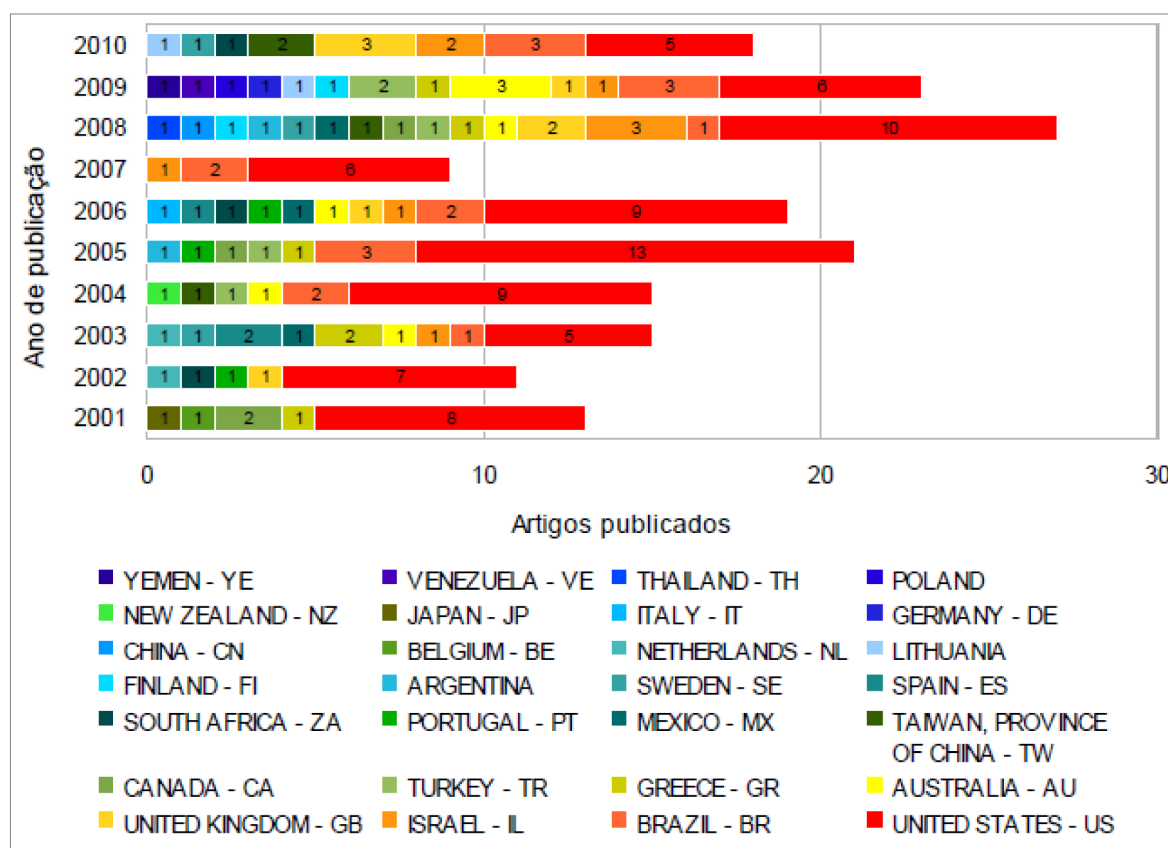


Figura 2. Produção absoluta de artigos por país do autor principal ao longo do tempo

Os resultados mostram que os Estados Unidos são o país com maior número de publicações na área de visualização, sendo Brasil, Israel, Reino Unido e Austrália os próximos quatro países, em ordem decrescente, que mais contribuem com publicações. Salienta-se 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 nestes países, como hipotetizam Lee e col. (2009). 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 apontado que os países em que o inglês não é o idioma oficial têm aumentado suas contribuições na literatura de pesquisa em ensino de ciência. Resultado semelhante é encontrado no presente estudo, uma vez que a diversidade de países com publicações na área de visualização tem aumentado nos últimos anos.

Outro parâmetro de classificação é a produção bibliográfica por tipo de artigo. De acordo com a figura 3, que aponta a produção absoluta por tipo de artigo a cada ano, os artigos do tipo recurso didático, com foco no 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, em que aspectos metodológicos do ensino constituem o foco principal do trabalho.

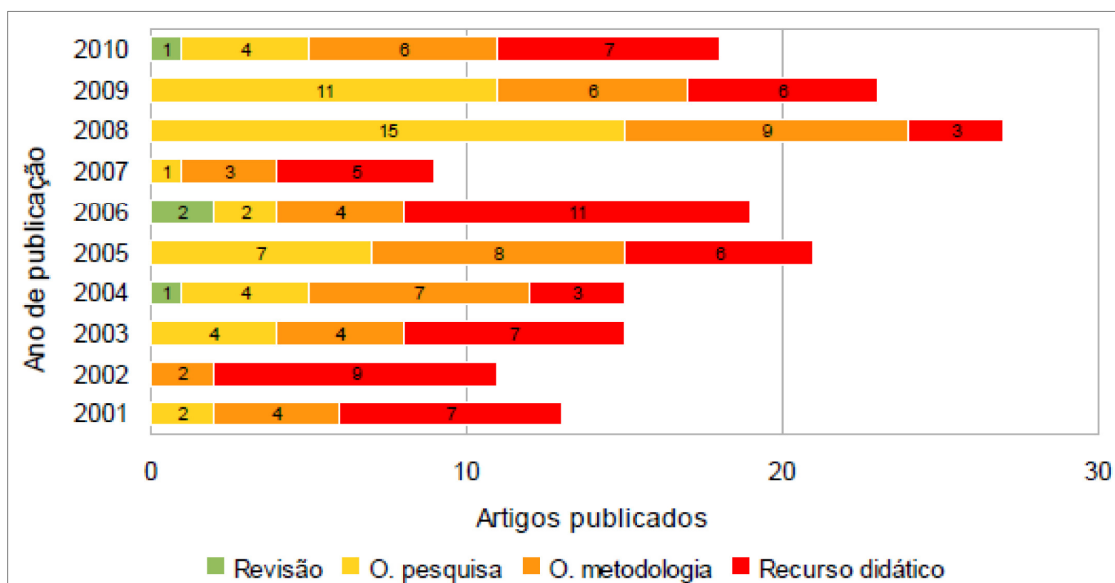


Figura 3. Produção absoluta de artigos por tipo de artigo ao longo do tempo

Esses números são condizentes, ao menos em âmbito nacional, com os dados apresentados por Francisco e Queiroz (2008). Segundo levantamento realizado pelas autoras, os trabalhos classificados como de recursos didáticos e de conteúdo-método foram, em primeiro e segundo lugares, respectivamente, os mais apresentados nas Reuniões Anuais da SBQ 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 Shah (2004) 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. A partir da classificação dos artigos, de acordo com os tipos citados, os trabalhos analisados foram agrupados posteriormente em artigos de não pesquisa ($n = 121$) e de pesquisa ($n = 50$), conforme descrito na metodologia. Tal categorização foi proposta com o objetivo de se diferenciar os artigos com viés investigativo dos demais e determinar qual a contribuição desses trabalhos na produção bibliográfica total na área. A figura 4 mostra a produção relativa dos artigos de cada grupo ao longo do tempo.

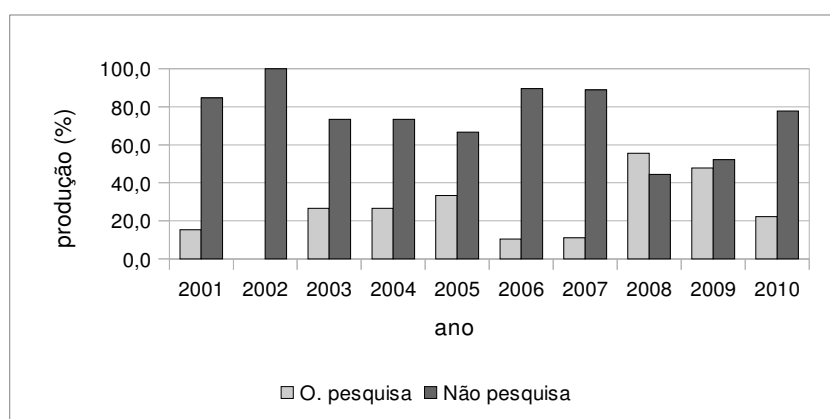


Figura 4. Produção relativa de artigos de pesquisa e não pesquisa ao longo do tempo

Os dados obtidos indicam que os trabalhos de revisão, inovações didáticas e metodológicas, constituem a maior parcela dos artigos publicados em todos os anos. Apesar disso, observa-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, podem ser citadas o efeito da utilização de ferramentas de visualização no aprendizado, a comparação entre diferentes modalidades de suporte didático e a influência do conhecimento prévio do aluno no aproveitamento dos recursos de visualização.

Os dois grupos de artigos foram comparados quanto aos conceitos abordados nos trabalhos e o nível educacional envolvido. Ressalta-se novamente que mais de uma informação poderia ser registrada dentro de determinado parâmetro, conforme descrito na metodologia, e, portanto, a somatória dos dados ultrapassa o valor total de artigos analisados.

A tabela 1 apresenta a comparação para os conceitos abordados. Cabe informar que inúmeros conceitos foram tabelados no levantamento dos dados, entretanto, para maior facilidade no tratamento e na interpretação dos resultados, os conceitos foram reunidos em sete classes propostas neste trabalho.

Tabela 1. Conceitos abordados em artigos de pesquisa e não pesquisa

Conceito	% Pesquisa (n = 55)	% Não Pesquisa (n = 129)
Estrutura da matéria	25	20
Bioquímica	15	19
Química geral	13	8
Físico-química	11	14
Técnicas de laboratório	9	2
Propriedades moleculares	9	26
Outros	18	11

Os dados revelam que os artigos de pesquisa tratam principalmente de conceitos relacionados à estrutura da matéria e à bioquímica, contemplando assuntos como natureza particulada da matéria, estrutura molecular, ligação química e proteínas. Esses temas também são bastante abordados nos demais artigos, porém, os mais citados são aqueles relacionados a propriedades moleculares, como simetria, isomeria, espectroscopia e interações intermoleculares, por exemplo.

Acerca dos conceitos de estrutura da matéria, convém notar que os mesmos são abordados em todos os níveis educacionais, incluindo o ensino fundamental, com maior ou menor grau de aprofundamento, o que pode explicar sua presença em grande número de trabalhos.

A tabela 2 compara a proporção de artigos de pesquisa e de não pesquisa para os diferentes níveis educacionais envolvidos.

Tabela 2. Nível educacional envolvido em artigos de pesquisa e não pesquisa

Nível educacional	% Pesquisa (n = 53)	% Não Pesquisa (n = 134)
Ensino Superior	42	69
Ensino Médio	36	17
Ensino Fundamental	11	4
Formação de Professores	11	3
Não especificado	0	7

De acordo com esses valores, os trabalhos em visualização no ensino de Química envolvem, em sua maioria, estudantes do ensino superior e do médio, que constituem o principal público-alvo do ensino de Química. As pesquisas em visualização, aliás, investigam majoritariamente esses níveis de ensino, havendo menor participação do ensino fundamental e da formação de professores. Em contrapartida, quase 70% dos artigos de inovações didáticas e metodológicas são destinados ao público do ensino superior.

Em conjunto, os resultados das tabelas 1 e 2 apontam que os tópicos relacionados à estrutura da matéria e à bioquímica são bastante visados tanto pelos artigos investigativos quanto pelos artigos de inovações didáticas e metodológicas. Todavia, o ensino médio é o público mais explorado pelos trabalhos investigativos do que pelos demais, o que parece sugerir que o ensino de Química neste nível educacional suscita questões investigativas no que diz respeito à visualização, mas tem recebido menos destaque nos trabalhos que visam ao desenvolvimento e à avaliação de recursos didáticos e metodologias de ensino.

Correlações entre parâmetros pesquisados nos artigos de pesquisa

A primeira correlação realizada é entre conceito abordado nas pesquisas e nível educacional envolvido. A motivação para cruzar esses dados é a ideia de que os diferentes conceitos químicos tratados em cada nível educacional estão intimamente relacionados aos planejamentos curriculares adotados pelos mesmos. Os resultados obtidos com essa correlação são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Correlação entre conceito investigado e nível educacional

Conceito	ES	EM	EF	FP	Total
Técnicas de laboratório	4	0	1	0	5
Química geral	4	2	0	1	7
Estrutura da matéria	2	9	5	1	17
Bioquímica	3	5	0	0	8
Físico-química	4	2	0	0	6
Propriedades moleculares	5	0	0	0	5
Outros	2	3	0	4	9
Total	24	21	6	6	57

Legenda: ES: ensino superior; EM: ensino médio; EF: ensino fundamental; FP: formação de professores

Algumas considerações podem ser feitas a partir desses dados. Uma delas diz respeito à maior diversificação dos conceitos abordados no ensino superior comparado aos níveis médio e fundamental. Assim, se este último nível tende a apresentar apenas conceitos mais elementares de Química, como natureza particulada da matéria, por exemplo, o ensino superior contempla muito mais tópicos da Química e com maior grau de complexidade. O maior aprofundamento nos assuntos, aliás, representa também a exigência de um raciocínio mais abstrato e microscópico por parte dos estudantes da graduação. Isso justifica o maior número de pesquisas em visualização, considerando que, por meio das representações visuais, os fenômenos e conceitos mais abstratos podem ser mais bem compreendidos (Cook, 2006; Treagust e col., 2003). Destaca-se nessa tabela, ainda, a importância dada aos tópicos

relacionados à estrutura da matéria em todos os níveis de ensino, uma vez que conceitos mais elementares, como ligação química, por exemplo, explicam diversas propriedades da matéria e vários fenômenos (Carvalho e col., 2009). A abordagem desses tópicos é recorrente, portanto, em todos os níveis educacionais, inclusive para tratar de outros assuntos, como conceitos relacionados a propriedades moleculares, tópico mais frequente nas pesquisas com o ensino superior.

Associação entre os conceitos abordados e o tipo de suporte didático usado na pesquisa

Conforme referem Wu e Shah (2004) as diferentes ferramentas de visualização são destinadas a dificuldades específicas de aprendizagem, citando as potencialidades de cada tipo de recurso. Os resultados obtidos da correlação entre conceito e tipo de suporte didático utilizado estão na tabela 4.

Tabela 4. Correlação entre conceito investigado e suporte didático

Conceito	Inter.	I. Eletr.	I. Papel	M. Fís.	Anim.	Outros	Total
Técnicas de laboratório	5	1	0	0	1	3	10
Química geral	4	2	0	0	3	2	11
Estrutura da matéria	11	5	0	0	2	5	23
Bioquímica	5	2	2	2	1	2	14
Físico-química	5	2	1	0	0	4	12
Propriedades moleculares	5	2	1	3	0	2	13
Outros	6	3	1	1	2	4	17
Total	41	17	5	6	9	22	100

Legenda: Inter.: interativo; I.: ilustração; Eletr.: eletrônica; M. Fís.: modelo físico; Anim.: animação

A primeira informação que se pode depreender dessa tabela é o baixo número de pesquisas com ilustrações em papel em oposição ao alto número de trabalhos investigativos com suportes de natureza interativa, compreendendo softwares computacionais que possibilitam a interatividade. A respeito das ferramentas de visualização computacionais, Wu e Shah (2004) atribuem a sua grande utilização ao rápido desenvolvimento tecnológico. Nota-se também que os programas computacionais concentram-se principalmente nos conceitos de estrutura da matéria. Isso pode ser relacionado a maior facilidade técnica para desenvolver programas que permitem a visualização de estruturas moleculares, em comparação às ferramentas computacionais destinadas a outros tópicos da Química.

Associações entre o referencial teórico e as metodologias de investigação e de aplicação no contexto investigativo.

A tabela 5 mostra a correlação do referencial com a metodologia de investigação. Deve-se pontuar que o referencial teórico registrado na coleta de dados foi aquele citado pelos autores.

Tabela 5. Correlação entre referencial teórico citado e metodologia de investigação

Referencial Teórico	Testes QT	Quest QT	Entrev QL	Des	V/A	Likert	Quest QL	Outros	Total
R. Múltiplas	13	6	8	4	4	4	3	0	42
H. Cognitivas	11	8	4	7	4	4	3	0	41

C. Alternativas	6	4	7	3	4	1	1	0	26
Construtivismo	4	6	6	1	4	0	1	1	23
H. Visuoespaciais	6	3	0	3	0	3	0	0	15
Modelos mentais	2	1	0	2	1	1	2	0	9
Outros	11	3	3	2	1	9	4	0	33
Total	53	31	28	22	18	22	14	1	189

Legenda: QT: quantitativo; QL: qualitativo; Quest: questionário; Entrev: entrevista; Des: desenho; V/A: vídeo/áudio; R.: representações; H.: habilidades; C.: concepções

Em relação aos referenciais teóricos, os dois mais citados são as “representações múltiplas” e as “habilidades cognitivas”, que estão correlacionados principalmente com os testes quantitativos. A maior correlação do referencial “concepções alternativas”, terceiro mais citado, é com o método entrevista. Desse modo, é plausível considerar que, em alguns casos, os pesquisadores determinam suas metodologias de investigação de acordo com o referencial adotado.

A tabela 6 apresenta resultados de correlação entre referencial teórico e metodologia de aplicação no contexto investigativo.

Tabela 6. Correlação entre referencial teórico citado e metodologia aplicada

Referencial Teórico	Grupo trabalho	Indiv.	Grupo discussão	Aula expositiva	Técnicas de labor.	Outros	Total
R. Múltiplas	6	13	6	7	2	7	41
H. Cognitivas	7	12	7	7	2	6	41
C. Alternativas	6	7	5	6	0	1	25
Construtivismo	5	6	6	6	2	1	26
H. Visuoespaciais	2	4	0	2	0	2	10
Modelos mentais	2	1	2	1	1	3	10
Outros	5	8	3	4	1	10	31
Total	33	51	29	33	8	30	184

Legenda: R.: representações; C.: concepções; H.: habilidades; Indiv.: individual; labor.: laboratório

Primeiramente, cabe apontar que a escolha pelo trabalho individual é a metodologia mais comum, seguida pelo trabalho e a discussão em grupo. É preciso ressaltar, porém, que o trabalho em grupo não necessariamente implica trabalho colaborativo, conforme se observa em muitos estudos. Por vezes, a realização do trabalho em grupo, em duplas, por exemplo, é mais uma questão de logística do que metodológica. Ou seja, a limitação de recursos ou espaço pode ser o fator decisivo para que o trabalho seja feito em grupo em alguns casos. Mais um dado interessante é a 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. Correlacionando com os referenciais teóricos, tem-se que os pesquisadores que citam os referenciais “representações múltiplas”, “habilidades cognitivas” e “habilidades visuoespaciais” elegem, principalmente, o trabalho individual como metodologia de trabalho.

Nas pesquisas em que outros referenciais são citados, parece haver maior equilíbrio entre as metodologias escolhidas. Esses dados sugerem que o foco das pesquisas investigativas tem sido mais os processos de aprendizagem individuais, mediados pela visualização, que o efeito das relações sociais na aprendizagem, com o uso das representações visuais como suporte.

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.

Os trabalhos na área utilizam mais atividades individuais e ferramentas computacionais de visualização. Esses dados sugerem que as pesquisas em visualização têm se concentrado nos processos de aprendizagem individuais. O uso predominante de programas computacionais parece reiterar essa tendência, uma vez que as interações estudadas são entre aluno e suporte instrucional. Há interesse dos pesquisadores em saber como as habilidades individuais dos alunos influenciam no uso e aproveitamento dos recursos didáticos e, paralelamente, qual o efeito destes nas habilidades dos alunos. Parte considerável dos trabalhos tenta responder tais questões por meio de metodologias quantitativas, geralmente menos aplicadas em situações de trabalho em grupo. A visão da aprendizagem como um processo individual parece ser confirmada pelo uso de metodologias diversificadas. Embora algumas sejam mais recorrentes do que outras, é comum a opção por se utilizar mais de uma metodologia de pesquisa e se aplicar mais de um tipo de atividade. Essa prática pode estar relacionada à tentativa de se investigar mais detalhadamente a forma como os alunos aprendem, contemplando as particularidades de cada um, o que é mais difícil de ocorrer quando se adota somente uma metodologia de pesquisa e se aplica apenas um tipo de atividade. Apesar da importância de se investigar os processos individuais de aprendizagem, sente-se falta nas pesquisas em visualização de estudos que investiguem mais as relações dialógicas dos alunos no que se refere ao compartilhamento e à expressão de suas representações visuais em meio aos seus pares, bem como o efeito de tais relações na aprendizagem dos alunos.

Além disso, nota-se que os trabalhos em visualização focam principalmente os níveis superior e médio de ensino. Os alunos de nível fundamental e os professores são bem menos investigados, e, por isso mesmo, compõem um público alvo em potencial para pesquisas. Acredita-se, ainda, que estes dois grupos representam na realidade um público-chave para as pesquisas em visualização no ensino de Química. As dificuldades no entendimento de representações visuais, que resultam em problemas de aprendizagem em Química no ensino médio e superior, poderiam ser mais estudadas em alunos de ensino fundamental, possibilitando a sua identificação precoce. As habilidades de visualização dos professores também devem ser objeto de estudo dos pesquisadores, considerando que as dificuldades dos professores nessa área podem se refletir no uso que os mesmos fazem da visualização em sala de aula e, por consequência, em um processo de ensino e aprendizagem menos eficiente.

Este trabalho apontou, portanto, que alguns campos de estudo são preferidos nas pesquisas em visualização. Porém, investigações pertinentes na área ainda podem ser feitas, contribuindo para ampliar o entendimento atual do papel da visualização no ensino de Química.

Referências

- CARVALHO, A. S.; BUENO, S. G.; SILVA, A. F. A. Concepções dos estudantes sobre o conceito de ligação química. *Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, 2009.
- CHANG, Y-H; CHANG, C-Y; TSENG, Y-H. Trends of Science Education Research: An Automatic Content Analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 19(4), 315-331, 2010.
- CHITTLEBOROUGH, G; TREAGUST, D. Correct interpretation of Chemical diagrams requires transforming from one level of representation in another. *Research in Science Education*, 38(4), 463-482, 2008.
- COOK, M. P. Visual Representations in Science Education: The Influence of Prior Knowledge and Cognitive Load Theory on Instructional Design Principles. *Science Education*, 90(6), 1073-1091, 2006.
- FRANCISCO, C. A. QUEIROZ, S. L. A Produção do Conhecimento Sobre o Ensino de Química nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química: Uma Revisão. *Química Nova*, 31(8), 2100-2110, 2008.
- GILBERT, J. K. Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In: GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. (eds). *Visualization: Theory and Practice in Science Education*, Springer, 2008.
- GOBERT, J. D. Leveraging Technology and Cognitive Theory on Visualization to Promote Students' Science. In: GILBERT, J. K. (ed). *Visualization in Science Education*, Springer, 2005.
- JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of the modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387, 2002.
- LEE M-S, Wu Y-T, TSAI C-C. Research trends in science education from 2003 to 2007: a content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 31(15),1999–2020, 2009.
- SCHNETZLER, R. P. A Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas, *Química Nova*, 25(1), 14-24, 2002.
- SCHONBORN, K. J.; ANDERSON, T. R. The Importance of Visual Literacy in Education of Biochemists. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 34(2), 94-102, 2006.
- TREAGUST, D.; CHITTLEBOROUGH, G; MAMIALA, T. The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368, 2003.
- UTTAL, D. H.; O' DOHERTY, K. Comprehending and Learning from "Visualizations": A Developmental Perspective. In: GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. (eds). *Visualization: Theory and Practice in Science Education*, Springer, 2008.
- WHITE, R. Trends in Research in Science Education . *Research in Science Education*, 27(2), 215-221 , 1997.
- WU, H-K; SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492, 2004.