

# O desafio do ensino de estereoquímica no Ensino Médio e o papel da visualização

## The challenge of teaching stereochemistry in high school and the role of visualization

**Daniele Trajano Raupp**

Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha  
dtraupp@gmail.com

**José Cláudio Del Pino**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - PPGQVS  
delpinojc@yahoo.com.br

### Resumo

O conceito estereoquímica que no passado era considerado um devaneio e recebeu duras críticas da comunidade científica, hoje considerado um conceito chave sem o qual a química moderna seria quase que inconcebível. O ensino de estereoquímica e seus desafios têm sido discutidos há décadas sendo que complexidade na resolução de problemas no nível tridimensional tem sido considerada como uma das principais fontes de dificuldades de aprendizagem. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi buscar subsídios na literatura da área para compreender essas dificuldades e o papel da visualização. A análise dos dados coletados indica que a utilização apenas das fórmulas 2D ou projeções, em detrimento do uso de modelos 3D, pode dificultar a compreensão de estudantes que não estão familiarizados com a visão tridimensional, e mesmo o uso de modelos 3D não é o bastante se o aluno não tiver o acesso adequado à informação visual.

**Palavras chave:** estereoquímica, visualização, representações tridimensionais.

### Abstract

The concept stereochemistry in the past was considered a daydream and received harsh criticism from the scientific community, now considered a key concept without which modern chemistry would be almost inconceivable. The teaching of stereochemistry and its challenges have been discussed for decades and that complexity in solving problems in the three-dimensional level has been considered as a major source of learning difficulties. Thus, the aim of this work was to seek subsidies in the literature to understand these problems and the role of visualization. The data analysis indicates that only the use of formulas or 2D projections, rather than the use of 3D models, can hinder the understanding of students who are not familiar with the three-dimensional view, and even the use of 3D models is not enough if the student does not have adequate access to visual information.

**Key words:** stereochemistry, visualization, three-dimensional representations.

## Introdução

Em Química Orgânica, a complexidade na resolução de problemas no nível tridimensional tem sido considerada como fonte de problemas de aprendizagem em estereoquímica (BAKER, GEORGE, HARDING, 1998). Esses problemas são constantemente relacionados às limitações dos estudantes em transpor estruturas 2D em 3D, e vice-versa (WU; SHAH, 2004; (KURBANOGLU; TASKESENLIGIL; SOZBILIR, 2006). Isso porque quando os alunos são requeridos a identificar compostos diferentes que têm a mesma fórmula molecular e diferem apenas em suas estruturas espaciais, a visualização tem um papel importante. Por isso existe uma necessidade de desenvolver a capacidade de visualização de estudantes quando em atividades de resolução de problemas químicos (GILBERT, 2005).

Os químicos historicamente usam representações dos mais variados tipos para tornar os modelos de "invisíveis" em moléculas visíveis, para que as características estruturais possam ser analisadas e a estereoquímica das moléculas comunicada (BATEMAN, 2002). O caso específico da Química faz com que ela seja um belo exemplo de como a ciência pode usar as representações e de como imagens são capazes de transmitir informações sutis que são difíceis de descrever em palavras (JONES; JORDAN; STILLINGS, 2001). Na estereoquímica encontramos um caso típico da demonstração dessa sutileza: os estereoisômeros. Estes tipos de compostos apresentam a mesma fórmula molecular, podendo ser diferenciados apenas pelo arranjo tridimensional de seus átomos. Por ser menos frequente nos compostos inorgânicos, é considerada uma qualidade própria das substâncias orgânicas. (RAUPP, DEL PINO, 2011).

Dessa forma a visualização em química orgânica é considerada uma ferramenta importante uma vez que a compreensão da estereoquímica envolve a manipulação de representações 3D. Para compreender o papel da visualização e as dificuldades do ensino buscou-se compreender primeiramente, como o problema vem sendo discutido por alguns professores da área.

## O desafio do ensino de estereoquímica ao longo das décadas

O ensino de estereoquímica e seus desafios tem sido discutidos há décadas. No ano de 1945 um professor da Escola Politécnica de Porto Rico, escreveu uma carta ao diretor da Journal of Chemical Education na qual criticava o uso de modelos moleculares no ensino uma vez que os alunos não se familiarizam com um modelo que tinham acesso apenas em sala de aula. Então ele decidiu que seus alunos construiriam com cartolina seus próprios modelos (Figura 1), e com o uso desses modelos “[...] resultados muito melhores foram obtidos [...]” (FROM, 1945, p.43), uma vez que cada aluno poderia manipular os modelos individualmente.

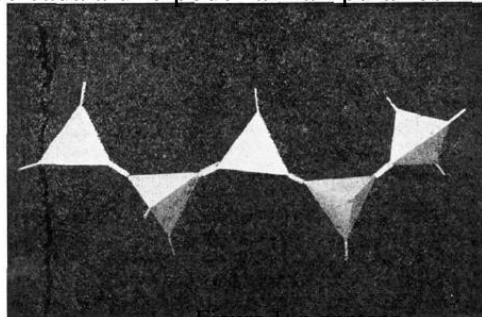


Figura 1. n-pentano

Na década seguinte, no de 1957, uma professora da Universidade de Tecnologia de Texas também defendia a ideia da não utilização de modelos tridimensionais. Seu argumento era que modelos 3D apresentavam uma desvantagem: o professor estava familiarizado com as formas das moléculas que estavam sendo apresentadas, enquanto o estudante poderia estar vendo pela primeira vez e além disso estava visualizando esse modelo a uma determinada

distância. Tentando solucionar o problema de aprendizagem de seus estudantes ela criou modelo específico. A ideia era construir um cartão de plástico com a projeção da molécula e sobrepor um cartão ao outro. Na Figura 2 temos um cartão com a projeção do ácido alfa-hidroxi-glutárico (A), a vista lateral do cartão (B) e os dois cartões sobrepostos (C), sendo que o primeiro cartão (A) foi rotacionado 180 ° no plano, para ilustrar a imagem especular. (SHINE, 1957). Em ambos casos citados, os professores buscaram utilizando estratégias, onde cada aluno pudesse manipular e ter seu próprio modelo.

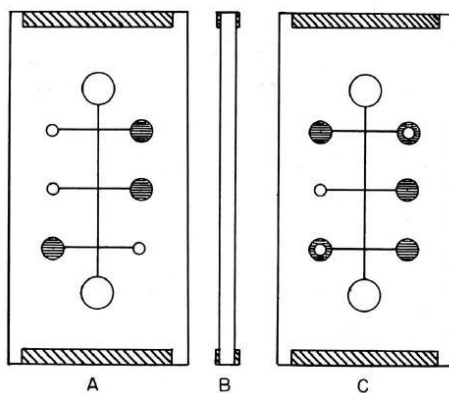


Figura 2: Modelo de cartões de plástico

Na década de 60, além do problema relacionado com os tipos de modelos, havia uma indefinição sobre a linguagem química, sendo que um dos motivos era a discordância completa entre os químicos de diferentes países. (ROQUE; SILVA, 2008). Sendo assim os termos isomerismo "óptico" e "geométrico" eram utilizados para definir a estereoquímica. Esses termos eram a linha divisória entre os dois tipos de estereoisomerismo. Atualmente a classificação isomeria geométrica e óptica termos obsoletos e com o uso fortemente desencorajado pelas novas orientações da IUPAC (2012). No entanto esse problema parece não ter sido solucionado, uma vez que: "Alguns químicos ainda usam conceitos e definições no campo da estereoquímica que são de natureza operacional, e parece haver considerável confusão sobre o assunto, não só nos livros relativamente recentes da química orgânica, mas em escritos mais avançadas em estereoquímica." (NOYCE, 1961, p.23).

Em 1963 o professor Evans da Tufts University, em Massachusetts quando pesquisou sobre processo de aprendizagem em estereoquímica, concluiu que seus alunos estavam conscientes da natureza da sua dificuldade e estavam dispostos a lutar para superá-la. No entanto, menos da metade de cada classe alcançava uma compreensão suficiente dos fundamentos da estereoquímica para ser capaz de dar respostas claras e corretas mesmo para problemas considerados "modestos". Evans (1963, p.439) comenta que: "Não esperava que seus estudantes fossem tão inteligentes quanto van't Hoff, mas o fracasso em lidar com casos mais simples parece não deixar alternativa à conclusão de que muitos estudantes são simplesmente incapazes do mínimo necessário para compreender as visualizações tridimensionais."

Não havia interesse dos estudantes em utilizar modelos, pois mesmo quando eles utilizavam não conseguiam muitas conclusões a partir deles. Ainda, segundo a pesquisadora, fato que novamente aponta para visualização tridimensional inadequada como a principal fonte de dificuldade. Ao mesmo tempo, um número considerável de estudantes não adquire qualquer habilidade na resolução de problemas estereoquímicos, aparentemente porque eles não conseguem visualizar relações espaciais (WU; SHAH, 2004).

Na década de 80, o professor Beauchamp da Universidade Politécnica do estado da Califórnia

considerava a compreensão da estereoquímica como uma ginástica mental, que segundo ele “pode ser muitas vezes desesperadamente frustrante para o aluno”. (BEAUCHAMP, 1984). Tal complexidade justifica o fato de que para alguns estudantes o aprendizado de estereoquímica pode ser difícil e algumas vezes traumático, pois a tarefa de visualizar os aspectos tridimensionais de moléculas e suas relações com outras moléculas é um desafio considerável (KURBANOGLU; TASKESENLIGIL; SOZBILIR, 2006).

Em outras palavras, o problema do ensino de química, é que apesar da Química estar evoluindo para uma ciência muito dependente da inteligência visuoespacial, fazendo uso intensivo de diferentes representações, utiliza-se a mesma abordagem de 40-50 anos atrás. As estratégias utilizadas apresentavam resultados esperados, e esse fracasso pode ser relacionado com a dificuldade em desenvolver as habilidades visuais dos estudantes. (HABRAKEN, 1996).

Exemplo dessa dificuldade é o conceito de quiralidade, que é um fundamental para a compreensão de conteúdos de química orgânica, bioquímica e biologia molecular, e que é muitas vezes introduzido/o em livros de química orgânica apenas pela ilustração de um par de mãos (figura 3), sem a devida ênfase na visualização dos modelos moleculares. Segundo Gawley (2005) isso é como ao ensinar alguém a nadar, jogando-o em águas profundas: às vezes funciona, mas o estudante teme a ideia mais adiante.



Figura 3 - Exemplo de demonstração de quiralidade

Dessa forma o aprendizado de Estereoquímica representa um desafio considerável não só para estudantes, mas representa igualmente um desafio para os professores que devem auxiliar os estudantes no desenvolvimento de habilidades para resolução desses problemas. De modo a minimizar essas dificuldades de aprendizagem, torna-se necessário o uso de ferramentas que facilitem a compreensão de conceitos químicos representados tridimensionalmente. (RAUPP, DEL PINO, 2011, WU; SHAH, 2004).

Por essa razão, uma abordagem benéfica para a compreensão de conceitos que pode ser aplicada em sala de aula é a utilização de modelos concretos, ilustrações, animações, modelagem e simulações (TASKER; DALTON, 2006; CHITTLEBOROUGH; TREAGUST, 2007). Essas representações podem auxiliar nas dificuldades que os estudantes possuem em visualizar estruturas moleculares 3D, principalmente se os estudantes puderem ter livre acesso a essas ferramentas.

## O papel da visualização em estereoquímica

Para John K. Gilbert (2005) que estuda e tem inúmeras publicações sobre a visualização de representações no Ensino de Ciências, a capacidade para compreender objetos tridimensionais a partir de representação bidimensionais e vice versa é denominada visualização espacial. Para ele, as habilidades espaciais são um dos fatores cognitivos que podem ser relevantes para o domínio de conceitos de ciências, em especial da Química. Para identificar, por exemplo, se uma substância, a partir de sua fórmula estrutural, apresenta isomeria requer esse tipo de raciocínio espacial. Para identificar e diferenciar determinadas as estruturas, os estudantes

precisam rotacionar mentalmente a molécula, fazer as devidas relações entre elas e manipulá-las. (RAUPP, 2010).

Esse raciocínio utilizado para identificação dos isômeros exige habilidade ou inteligência espacial, que envolve pensar em imagens, bem como a capacidade de perceber, transformar e recriar diferentes aspectos do mundo visual e espacial” (SEABRA; SANTOS, 2004, p.2). A aptidão de relacionar estruturas em diferentes dimensões é denominada visualização espacial, que se traduz na capacidade de compreender objetos tridimensionais a partir de representação bidimensionais e vice versa.(GILBERT, 2005). A habilidade de compreender e expressar-se por meio da estrutura espacial a fim de representar compostos orgânicos, é particularmente importante porque, na maioria dos casos, uma fórmula molecular bidimensional pode representar vários diferentes compostos, como no caso dos isômeros geométricos. (TVERSKY, 2005).

As habilidades espaciais são formadas por um conjunto de fatores, sendo um deles a visualização espacial (daí o termo visuoespacial) que utiliza uma sequencia complexa de manipulação mental para a resolução de problemas. Por essa razão as habilidades espaciais são um dos fatores cognitivos que podem ser relevantes para o domínio de conceitos de química, fazer as devidas relações entre elas e manipulá-las.

Desta forma, torna-se evidente que habilidades visuoespaciais são um importante componente no aprendizado em Química (WU; SHAH, 2004). Em resumo a visualização 3D em Química envolve habilidade de compreender e expressar-se por meio da fórmula espacial a fim de representar compostos. Nesse sentido as habilidades espaciais são um dos fatores cognitivos que podem ser relevantes para o domínio de conceitos de química (WU; SHAH, 2004; GILBERT, 2005).

Além dessas habilidades deve-se considerar o papel da visualização e os dois principais significados que o termo possui: “[...] ‘visualização externa’ cujos modelos são representados por percepção visual, e ‘visualização interna’ em que os resultados da percepção estão representados na mente” (GILBERT, 2005, p.2). O processo de resolução de problemas em estereoquímica envolve em primeiro lugar a habilidade de visualizar uma representação externa, e a partir dessa construir uma imagem mental que represente a estrutura e permita manipulá-la mentalmente.

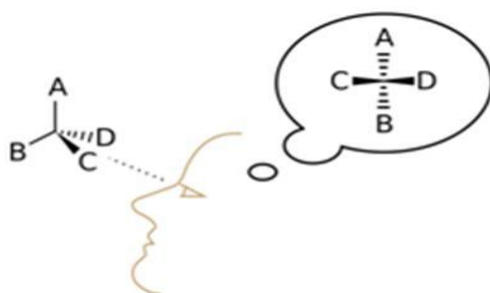


Figura 4- Visualização externa e interna

As visualizações externas promovem uma espécie de suporte para toda a percepção enquanto as visualizações internas desempenham um papel fundamental no processo cognitivo. E ambas estão relacionadas com os tipos de representações utilizadas. Segundo Zhang (1997, p.179) as representações externas desempenham papéis importantes em nossas tarefas do cotidiano “tais como a multiplicação com papel e lápis, compras de supermercado com uma lista escrita, resolução de problema geométrico, gráfico raciocínio, compreensão

diagramática, jogar xadrez, e assim por diante. Já as representações internas, ou representações mentais, são maneiras de “re-presentar” internamente o mundo externo (MOREIRA; LAGRECA, 1998).

Existem diferentes maneiras de representar as substâncias químicas. A fórmula molecular, por exemplo, nos informa sobre a composição elementar dos compostos, sem indicação de como cada um dos átomos está posicionado na molécula. Já as fórmulas estruturais, como as de Lewis, a de traços ou de Kekulé, a fórmula condensada ou ainda a forma de linhas representam alguns detalhes sobre como os átomos se unem para formar as moléculas. Existem ainda outras formas, usuais em Química Orgânica, como a projeção de Newman (FIGURA 5), que além de representar a conectividade dos átomos, indica o arranjo espacial das ligações; ou a Projeção de Fischer (FIGURA 5), importante para representar a estrutura de moléculas com muitos carbonos assimétricos (BARBOSA, 2011).

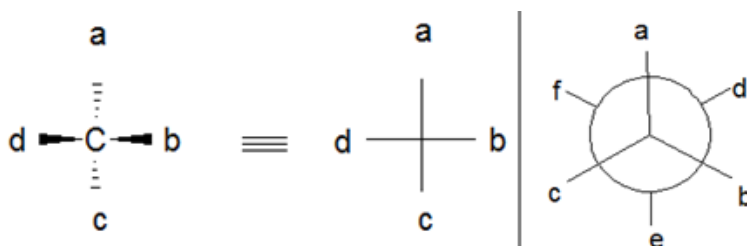


Figura 5: Projeções de Fischer e de Newman

Essas projeções que representam a forma 3D no papel auxiliam na compreensão do arranjo espacial molecular, quando não é possível se utilizar outros meios como modelos concretos ou computacionais (RAUPP, 2010). Seu uso propiciou uma maneira de se estudar e entender melhor a estrutura molecular invisível a nossos olhos, uma vez que proporcionou uma forma de representá-las. Com o aprendizado dessa forma de representação o químico não precisa mais ter o modelo concreto em suas mãos, ele consegue imaginá-lo a partir da fórmula estrutural desenhada. (ROQUE; SILVA, 2008). Mas em alguns casos específicos e com determinados estudantes as projeções não são suficientes para fazer a conexão com a estrutura tridimensional.

A percepção desses detalhes sobre a estrutura é de grande utilidade para a Química, uma vez que a representação molecular gráfica permite identificar as diferenças entre moléculas (HABRAKEN, 2004). As múltiplas representações possíveis para uma mesma molécula (Figura 6) podem ter diferentes impactos no processo de visualização e conseqüentemente ter vantagens particulares. Os modelos de bolas e varetas são considerados os mais concretos e visualizáveis, enquanto os modelos de arames podem ser muito abstratos, mostrando apenas cadeias de carbono (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2000).

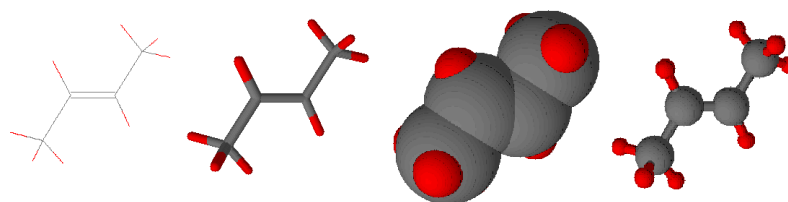


Figura 6 - Representações but-2-eno

Toda essa preocupação em representar os detalhes acontece por que a compreensão da estrutura é imprescindível. Por exemplo, para que os produtos químicos funcionem corretamente não basta apenas que os componentes moleculares estejam ligados em sua ordem correta, mas também que os componentes ocupem suas corretas posições no espaço

tridimensional. Um posicionamento errôneo pode criar uma química ineficaz, ou um produto químico que pode ter efeitos indesejados; é como “usar a chave errada para abrir uma fechadura” (NOBEL PRIZE, 2009). Por essa razão a questão da organização molecular tem especial importância, pois a partir dessa organização é que se pode tratar da relação existente entre a estrutura molecular e as propriedades das moléculas. (COELHO, 2001). Além de resolver problemas em nível 3D é necessário esclarecer a importância da organização tridimensional das estruturas.

## Considerações finais

A utilização apenas das fórmulas 2D ou projeções, em detrimento do uso de modelos 3D, pode dificultar a compreensão de estudantes que não estão familiarizados com a visão tridimensional de átomos e moléculas. Tendo em vista que alguns tipos de representações podem ser “mais poderosas” que outras no processo de conceitualização (VERGNAUD, 1982), a representação externa a ser utilizada deve ser a que fornece o maior número de informações sobre a estrutura. Conclui-se que a visualização tem um papel determinante no ensino de estereoquímica, uma vez que essas representações externas podem ser um suporte na resolução de problemas e até mesmo serem utilizadas na forma de representação interna, e quando não tiver acesso ao suporte externo. Nesse sentido cabe ao professor analisar e definir dentre as inúmeras possibilidades de representações e ferramentas que são mais adequadas e permitam a compreensão da estrutura tridimensional e a resolução problema em sala de aula.

## Referências

- BAKER, R. W.; GEORGE, A.V. E HARDING, M. M. **Journal of Chemical Education**, 757, 853. 1998.
- BATEMAN, Jr., R.C. Structure visualization in biochemistry education. *J. Miss. Acad. Sci.* 47, 149-152, 2002.
- BEAUCHAMP P. S. "Absolutely" Simple Stereochemistry. **Journal of Chemical Education**., 61 (8), 666-667. 1984
- CHITTLEBOROUGH, G.; TREAGUST, D. F. Modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Ionina, Chemistry education research and practice*, v. 8, n. 3, 2007.
- COELHO, F.A.S. Química Nova na Escola (cadernos temáticos) 2001,3,23.
- EVANS, G. G. **J Journal of Chemical Education**, 1963, 40, 438–440.
- GAWLEY, R.E. Chirality made simple: a 1- and 2-dimensional introduction to Stereochemistry. **Journal of Chemical Education**.82,7,1009-1002, 2005.
- GILBERT, J. K.(ed) **Visualization in Science Education**, Dordrecht: Springer, 2005.
- HABRAKEN, C. Integrating into Chemistry Teaching Today's Student's Visuospatial Talents and Skills, and the Teaching of Today's Chemistry's Graphical Language. Amsterdam, **Journal of Science Education and Technology**, v. 13, n. 1, 2004.
- HABRAKEN, C. Perceptions of chemistry: Why is the common perception of chemistry, the most visual of sciences so distorted? Amsterdam, **Journal of Science Education and Technology**, v.5, n.3, p. 193–201, 1996.
- IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology**, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). XML on-line corrected version: <http://goldbook.iupac.org> (2006-) created by M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; updates compiled by A. Jenkins. ISBN 0-9678550-9-8. doi:10.1351/goldbook.

- JONES, M. B. Molecular modelling in the undergraduate chemistry curriculum. Madison, **Journal of Chemical Education**. v.78, n.7. p.867-868, 2001.
- KURBANOGLU, N. I.; TASKESENLIGIL, Y.; SOZBILIR, M., **Chemistry Education Research and Practice**, 2006, 1, 13.
- LAGRECA, M. C. ; M.A.Moreira . Representações Mentais em alunos de Mecânica Clássica: três casos. *Investigações em Ensino de Ciências (Online)*, Porto Alegre, v. 3, n.2, 1998.
- NOBEL PRIZE. The Nobel Prize in Chemistry 1975: John Cornforth, Vladimir Prelog. Disponível em [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1975](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1975). Acessado 02 maio de 2005.
- NOYCE, W.K. J. ; Stereomerism of Carbon Compounds **Journal of Chemical Education**. 1961, 38, 23.
- ZHANG Q.Z; ZHANG S.S. A new method to convert the Fischer projection of monosaccharide to the Haworth projection, **Journal of Chemical Education**, 76(6), 1999, pp. 799-801
- RAUPP, D. T., DEL PINO, J. C. Aprendizado de estereoquímica mediado por representações tridimensionais: uma perspectiva vygotskyana, 2011. **I Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática**; Tandil, Argentina.
- RAUPP, D.T. **Dissertação de mestrado**, PPGECIM, ULBRA, 2010.
- ROQUE, N. D.; SILVA, J. L. A Linguagem Química e o Ensino da Química Orgânica. São Paulo, **Química Nova**, v.. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.
- SHINE, Aids in teaching stereochemistry: Plastic sheets for plane projection diagrams. **Journal of Chemical Education**,., 1957, 34 (7), p 355
- TASKER R.; DALTON R. Research into practice: visualization of the molecular world using animations, Ionina, **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, 141-159, 2006.
- TVERSKY, B. Prolegomenon to Scientific Visualizations, In: GILBERT, J.K. (ed), **Visualization in Science Education**, Dordrecht: Springer 2005.
- VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In Carpenter, T.; Moser, J.; Romberg, T. Addition and subtraction. A cognitive perspective. Hillsdale: Lawrence Erlbaum. pp. 39-59, 1982.
- WU, H.K.; SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Science Education**, 2004, 88. 3, 465.
- WU, H-K., KRAJCIK, J. S., SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: student's use of a visualization tool in the classroom. Hoboken(NJ), **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001