



## SOFTWARE EDUCATIVO: UM INSTRUMENTO PARA EXPLORAR CONCEITOS NAS REPRESENTAÇÕES SIMBÓLICAS NO ENSINO DA GEOMETRIA MOLECULAR

Cláudio Ricardo da Silva Carvalho<sup>1</sup>

### RESUMO

Descreve-se aqui a experiência da aplicação da Simulação Computacional como possível ferramenta para o ensino aprendizagem da Geometria Molecular no ensino médio, explorando imagens bidimensionais e tridimensionais de espécies químicas orgânicas e inorgânicas, nos modelos de representação Wireframe (arame), Balls and Sticks (pau e bolinhas), Stick Only (pauzinhos) e Spacefill (sólidos). A investigação tem aporte teórico nos Campos Conceituais do psicólogo francês Gérard Vergnaud, que define como desenvolvimento cognitivo um conjunto de problemas, situações, conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas interligados entre si. A pesquisa é essencialmente qualitativa e utiliza-se: pré-teste, pós-teste, entrevistas filmadas e simulação virtual, como métodos de aferição não numérica, empregando o software educativo Chemscketch 11.0, onde se investiga elementos que evidenciem enriquecimento simbólico e potencialização conceitual nas representações. Nesta perspectiva o presente trabalho busca incrementar a aplicação da Teoria dos Campos Conceituais na Química e contribuir e/ou auxiliar o professor na sua ação docente frente às novas tecnologias.

**Palavras-chave:** Simulação computacional. Enriquecimento simbólico. Potencialização conceitual. Modelos representacionais.

### ABSTRACT

Describe here the experience of the application of computer simulation as a possible tool for teaching learning Molecular Geometry in high school, exploring two-dimensional and three-dimensional images of organic and inorganic chemical species in Wireframe models of representation (wire), Sticks and Balls (stick and balls), Stick Only (chopsticks) and Spacefill (solid). The research has theoretical support in conceptual fields of French psychologist Gerard Vergnaud, and cognitive development that defines a set of problems, situations, concepts, procedures and representations of different types, but interlinked with each other. The research is mainly qualitative and is used: pre-test, post-test, filmed interviews and virtual simulation, and numerical methods of measuring not, using the educational software Chemscketch 11.0, which investigates factors which depict symbolic enrichment and increase in conceptual representations. In this perspective this paper enhance the application of theory of conceptual fields in chemistry and contribute and / or assist the teacher in their teaching activities ahead to new technologies.

**Keywords:** Computer simulation. Symbolic enrichment. Increase conceptual. Representational models.

1 msclaudiocarvalho@yahoo.com.br

# 1 INTRODUÇÃO

A Química originalmente é uma ciência experimental que utiliza especialmente a observação, como fonte para novas descobertas. Deste modo, o laboratório e a manipulação de material concreto são utilizados para explicar teorias químicas contribuem para a experimentação, observação e descoberta. A simulação computacional surge como ferramenta para o ensino da química que vem contribuir na visualização, principalmente na observação de estruturas sub-microscópicas.

Eichler e Del Pino (2000, p. 835-836) têm defendido as simulações computacionais como ferramentas úteis para a aprendizagem de conceitos científicos. As vantagens estão relacionadas com os modos de construção do conhecimento, pois as simulações oferecem um ambiente interativo para o aluno manipular e observar resultados imediatos, decorrentes da modificação de situações e condições.

Para esta investigação utilizamos o programa educativo chamado Chemske-tch 11.0 no ensino da geometria molecular, porque conforme Furió e Calatayud (1996) no ensino da Química, muitos estudos têm relatado que os temas relacionados à geometria molecular encontram-se entre aqueles em relação aos quais estudantes de nível secundário e universitário encontram maiores dificuldades do tipo perceptivo e epistemológico.

Ribeiro e Greca (2003) têm apontado várias dificuldades para compreensão de conceitos. Uma delas é a abstração, pois a Química por muitas vezes trata de fenômenos microscópicos e que os estudantes deveriam ter mais contato com a informação sensorial. Também desenvolver a competência representativa, isto é, transformar o conhecimento simbólico em outro equivalente. Para tanto, sugerem como uma das alternativas o uso da simulação computacional.

Ainda, comentam que um dos principais objetivos dos pesquisadores da educação Química nos últimos anos tem sido buscar a melhoria da compreensão conceitual dos alunos. Dentre os esforços incluem a identificação dos enganos mais comuns dos alunos, as suas dificuldades na resolução de problemas em que há a necessidade de pensar a nível molecular e a criação de novas formas de instrução química, a fim de promover a melhoria da compreensão conceitual.

Pesquisando a literatura encontramos vários trabalhos, envolvendo a ferramenta computacional para o ensino da química. Santos e Greca (2005) utilizando software educacional no ensino das Interações Intermoleculares, analisando as dificuldades e os ganhos conceituais e representacionais. Wu e Shah (2004) explorando o papel da visão/ espaço no aprendizado da Química, examinando os erros mais comuns dos estudantes e suas dificuldades de entendimento às representações visuais e de como os alunos desenvolvem seu entendimento sobre representações químicas 2D e 3D, por meio da utilização de uma ferramenta de visualização. Coelho et al. (1999) utiliza a mecânica molecular com o auxílio de programas computacionais na determinação de geometrias moleculares mais estáveis.

Lehninger, Nelson e Cox (1995) comentam que as interações entre átomos formadores das moléculas apresentam características específicas (como tamanho, ângulos e distâncias entre eles), de maneira que alterar as estruturas de um mesmo composto acarretará mudanças nos efeitos biológicos, ou seja, a forma de uma molécula influencia na sua função. Santos e Galvão (2006) o estudo que envolve as moléculas têm uma dificuldade na sua visualização e análise, quando feito com base apenas em modelos teóricos no plano bidimensional. Assim, exploramos o tópico Geometria Molecular – Química Geral I, utilizando o programa ChemSketch 11.0 que oferece imagens tridimensionais e modelos representacionais como: Wireframe (arame), Balls

and Sticks (paus e bolinhas), Stick Only (pauzinhos) e Spacefill (sólidos ou CPK).

Considerando a importância como os átomos estão organizados no espaço atômico - Geometria Molecular - para o ensino da Química e a visualização como processo cognitivo, investiga-se as representações simbólicas à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

Neste contexto se insere a questão norteadora da pesquisa: A simulação computacional como estratégia de ensino da geometria molecular enriquece representações simbólicas potencializando conceitos?

## 2 TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

A investigação tem aporte teórico nos estudos da Teoria dos Campos Conceituais do psicólogo francês Gerárd Vergnaud. Após uma revisão da literatura científica não encontramos publicação da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud para a área da Química.

Entretanto, relendo Moreira (2002) comenta que embora Vergnaud, tenha dedicado especial atenção a Matemática, nas estruturas aditivas e nas estruturas multiplicativas, seu referencial tem despertado interesse na área das ciências, por envolver basicamente, resolução de problemas, mudança conceitual e representação simbólica.

Campo Conceitual é definido por Vergnaud como um conjunto de problemas e situações cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados.

A teoria dos campos conceituais supõe que o âmago do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização ela é a pedra angular da cognição. Logo, deve-se dar toda atenção aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise conceitual

das situações para as quais os estudantes desenvolvem esquemas, na escola ou fora dela.

Nessa perspectiva, o Campo Conceitual de Vergnaud nos leva a três pilares, a saber: Conceito, Situação e Esquema.

### 2.1 Conceito

Vergnaud não fala da simples definição de conceito, mas sim do conceito de conceito, isto é, a variedade de conceitos distintos fornecidos tornando-os significativos, através de uma situação.

O conceito é definido a partir de três premissas:

1º) é um conjunto de situações que constituem o referente do conceito;

2º) é um conjunto de invariantes operatórios (teoremas e conceitos em ação) que dão significado ao conceito;

3º) é um conjunto de representações simbólicas que compõem seu significado. Em consequência, Vergnaud define conceito com a fórmula:

$$C = S.I.R.$$

A saber:

**S:** é o conjunto de situações que dão sentido ao conceito (a referência);

**I:** conjunto de invariantes sobre os quais repousa a operacionalidade dos esquemas

(o significado);

**R:** conjunto das formas de linguagem que permite representar simbolicamente o conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento (o significante).

### 2.2 Situação

Para Vergnaud situação significa tarefa, isto é, toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas, para as quais é importante conhecer sua natureza e dificuldades próprias, a fim de que o professor oportu-

nize, crie situações relevantes para dar sentido ao conceito.

É função de o professor identificar que conhecimentos seus alunos têm explicitamente e quais usam corretamente, porém não os desenvolveu de forma explícita. Contudo, é precipitado pensar que as situações criadas e/ou vividas constituem, por si só, todo o sentido atribuído ao conceito.

O comportamento e sua organização, frente a uma determinada situação, é que determina a relação entre a situação criada e/ou vivida e a representação revelada pelo estudante. Daí decorre a necessidade do esquema para dar sentido à situação.

“Os processos cognitivos e as respostas do sujeito são função das situações com as quais é confrontado” (GRECA; MOREIRA, 2002).

### 2.3 Esquema

Para Vergnaud esquema é a organização do comportamento para um determinado grupo de situações, isto é, no esquema se revelam os conhecimentos-em-ação do sujeito, de forma a desenvolver um repertório amplo e diversificado de esquemas.

Portanto, os esquemas evocados pelo sujeito numa dada situação ou frente à representação simbólica é o que constitui o sentido dessa situação ou representação para esse indivíduo.

É importante ressaltar que a tríade conceito, esquema e situação não operam independentemente, mas de forma harmônica, a fim de que o estudante seja capaz de desenvolver a conceitualização do real.

“O desenvolvimento cognitivo consiste, sobretudo, e principalmente no desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas” (MOREIRA, 2002).

A pesquisa é do tipo Qualitativa, através do estudo de caso que visa a compreensão e aferição não numérica.

Utilizamos: pré-teste, pós-teste, entrevista filmada e simulação computacional que serviram de instrumentos de compreensão, análise e discussão.

A investigação foi realizada no mês de maio/2008, no período da tarde das 14hs às 16hs, durante 08 dias, totalizando 16hs de atividades. Participaram nove (09) alunos do 3ª série do ensino médio, não técnico/químico, no município de Novo Hamburgo/RS, através dos seguintes instrumentos:

- **Pré-teste:** entrevista individual filmada e transcrita. Foram selecionadas três espécies químicas (abaixo) com geometrias moleculares diferentes, conforme vigência IUPAC, onde foi pedido para que representassem, no papel, estas espécies químicas da forma que desejassem, porém montando sua estrutura tridimensional.

1º) H<sub>2</sub>S: geometria molecular angular;

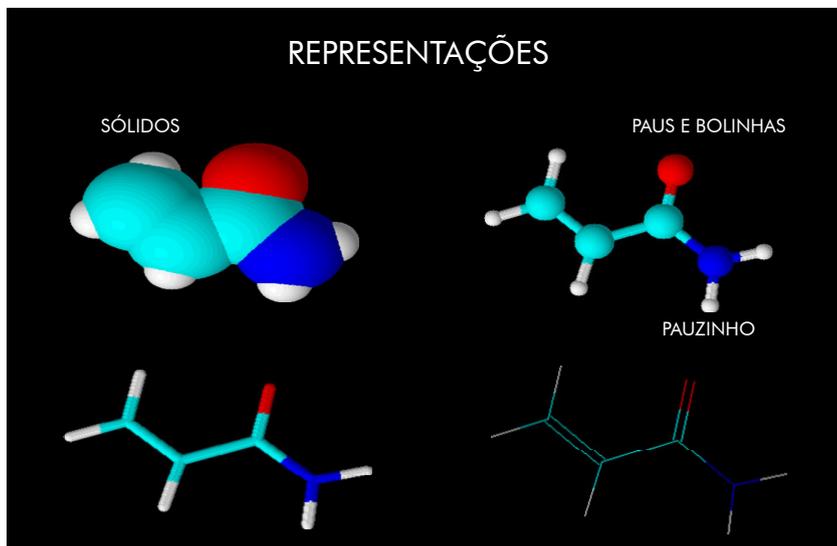
2º) SOBr<sub>2</sub>: geometria molecular piramidal;

3º) PO<sub>2</sub>Cl: geometria molecular trigonal plana.

- **Simulação computacional:** atividades pré-selecionadas, utilizando o software ChemsSketch 11.0, interagindo com os modelos representacionais: Wireframe (arame), Balls and Sticks (paus e bolinhas), Stick Only (pauzinhos) e Spacefill (sólidos ou CPK).

A seguir, exemplos dos modelos representacionais citados (Figura 1).

Figura 1: Modelos representacionais



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software ChemsSketch 11.0

O software ChemsSketch 11.0 da Advanced Chemistry Development, Inc (ACDLabs). Todo o software da ACDLabs trabalha com barramento 32-bits e aplicável aos PC's com Sistemas Operacionais Microsoft Windows 95/98/NT/ME/2000.

É distribuída gratuitamente para área do ensino e pesquisas na química, permite ao usuário construir, navegar e visualizar estruturas químicas bidimensionais e tridimensionais. A interface fornece um portal para uma gama de ferramentas analíticas, que facilita o processo de transformação estrutural ou de análise de dados.

- **Pós-teste:** Entrevista individual, filmada e transcrita. Aplicação de atividades de representação (desenho) divididas em duas partes: Pós-teste (a) estruturas menos complexas; pós-teste (b) estruturas consideradas complexas. Ambas inéditas.

Na primeira parte constam três (03) espécies químicas, consideradas sim-

ples: NOCl (geometria angular), SOCl<sub>2</sub> (geometria trigonal plana) e CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub> (geometria tetraédrica), cuja a tarefa é representá-las, no papel sua estrutura tridimensional, destacando a geometria molecular.

A segunda parte pós-teste (b) é composta de estruturas orgânicas consideradas complexas que são: CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ON, CH<sub>2</sub>CHCH<sub>2</sub>CHO, objetivando que fossem representadas no papel, utilizando um dos modelos representacionais do programa ChemSketch 11.0, seja: Wireframe (arame), Balls and Sticks (paus e bolinhas), Stick Only (pauzinhos) ou Spacefill (sólidos ou CPK) à livre escolha do estudante. Todos utilizaram canetinhas coloridas para suas representações no papel.

A investigação obedeceu a uma organização estruturada, com atividades pré-selecionadas no qual objetivou analisar o enriquecimento das suas representações simbólicas, potencializando conceitos no estudo da Geometria

Molecular, sob a influência da simulação computacional utilizando imagens tridimensionais simples e complexas.

Na análise das figuras é utilizado o método hermenêutico observacional e interpretativo das entrevistas pré e pós-teste, priorizando a aferição simbólica.

Foi utilizada a entrevista técnica **Think Aloud** que significa “pensar alto”, que é frequentemente utilizada por avaliadores de interface porque, durante os testes, o pesquisador deve incentivar o usuário a verbalizar o que está pensando enquanto usa uma determinada interface (ERICSSON; SIMON, 1980). Esta técnica tem sido utilizada com sucesso no ensino da química, Neto, Kreutz e Moreira (2007) no ensino da Isomeria; também Dias e Cardoso (2008) explorando aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula.

### 3 ENTENDENDO A GEOMETRIA MOLECULAR

A geometria molecular faz parte do currículo de Química Geral I tópico Ligações Químicas, ministrada no primeiro ano do ensino médio. Para esta investigação, utilizamos as seguintes formas geométricas: linear (Figura 2), angular (Figura 3), trigonal plana (triangular) (Figura 4), piramidal (Figura 5) e tetraédrica (Figura 6).

Figura 2: Geometria linear

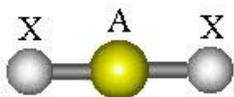


Figura 3: Geometria angular

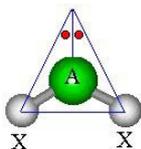


Figura 4: Geometria trigonal plana (triangular)

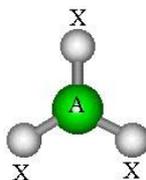


Figura 5: Geometria piramidal

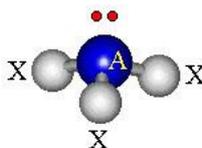
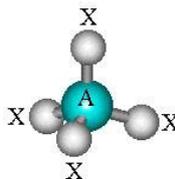


Figura 6: Geometria tetraédrica



Fonte: Mundim (2008)

Santos e Mol (2005) afirmam que a distribuição dos átomos nas moléculas ocorre em três dimensões e é responsável por muitas propriedades das substâncias e não somente às suas composições químicas. Essa representação espacial demonstra a forma geométrica da molécula. Se a molécula da água, por exemplo, tivesse geometria linear (H-O-H) talvez a água não tivesse as propriedades organolépticas que conhecemos como: estado de agregação, cor, sabor, odor, brilho.

Apontam que na década de 60 os químicos Ronald J. Gillespie e Ronald Sydney Nyholm, propuseram um modelo prático para prever a geometria molecular, chamado Método VSEPR (Valence Shell Electron Pair Repulsion) traduzido como Teoria da Repulsão dos pares de elétrons da camada de valência. Para en-

tender como isso ocorre é preciso considerar: o número de átomos da molécula e os pares eletrônicos da camada de valência, compartilhados ou não.

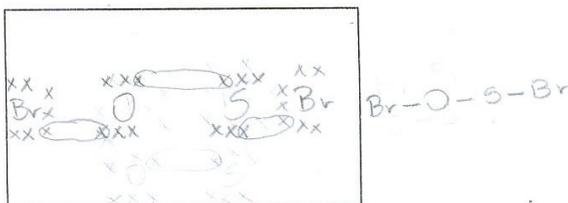
Segundo esta teoria, os elétrons da camada de valência (camada mais externa) são distribuídos, aos pares, ao redor do átomo, como se estivessem em uma esfera, afastado o máximo possível, para diminuir a repulsão. Os átomos que participam da ligação são chamados de ligantes; e os que não participam de não

ligantes. O átomo que se une a outros é denominado átomo central. Os que se ligam ao central ficam distribuídos de acordo com a orientação espacial dos elétrons ligantes que estão ao redor do átomo central.

A estudante (AP) em entrevista comenta: “No programa aprendi que tinha ângulos”, “[...] antes de trabalhar com o programa achava que tudo era no mesmo plano, linear, mas tudo no mesmo plano”.

Figura 7: Pré-Teste AP

2º)  $\text{SOBr}_2$



Fonte: Pesquisa aplicada pelo autor

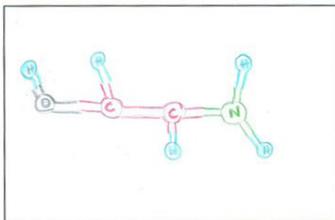
Contudo, a estudante se dá por satisfeita em manipular a representação que leva à completeza na regra do Octeto apenas, e julga que esta condição é suficiente para descrever a geometria molecular tridimensionalmente.

Concluimos que a estudante evolui de um trabalho no pré-teste onde apenas os elementos representacionais de Lewis são trabalhados a fim de completar a regra do Octeto nos átomos para um modelo mais complexo, onde não apenas completar a referida regra é suficiente (que aparenta estar internalizada, pois

não fora representada no pós- teste, mas todas as espécies apresentam-se com a camada de valência completa). De fato, a estudante fornece evidências claras que as espécies precisam ser avaliadas tridimensionalmente, e demonstra alguns elementos desta tridimensionalidade, como visto nas figuras do seu pós-teste, em especial a Figura 8, apresenta um ângulo semelhante a  $120^\circ$  para o  $\text{NH}_2$ ; além de comentar, em entrevista, a necessidade de desenhar tridimensionalmente as espécies mesmo quando não consegue.

Figura 8: Pós-Teste AP

2)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ON}$



Fonte: Pesquisa aplicada pelo autor

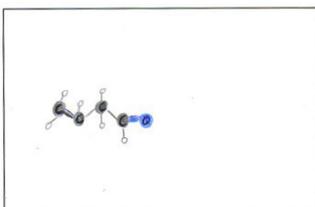
No pós-teste, Figura 9, na representação da molécula  $\text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{CHO}$ , considerada complexa o estudante (Dio), quando indagado se os carbonos estão em linha reta, responde: “Reto, reto não estão”. Logo, confirma: “Vi algo semelhante no programa, uma série de carbonos que, geralmente, não estavam em linha reta”. Também o estudante (Die) comenta: “É familiar pelo programa, se não tivesse trabalhado nele, faria tudo em linha reta”.

O estudante (Dio) grafa com maior

intensidade duas ligações entre os átomos de (carbono-carbono e carbono-oxigênio), Figura 9. Este procedimento indica a existência de ligações (Pi), que não são visíveis no modelo paus e bolinhas, mas que o estudante incorporou enriquecendo sua representação simbólica potencializando o conceito de ligações (Pi). Portanto, pode-se afirmar que a simulação computacional e os modelos representacionais influenciaram sua representação futura no plano bidimensional.

Figura 9: Pós-Teste DIO

3)  $\text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{CHO}$



Fonte: Pesquisa aplicada pelo autor

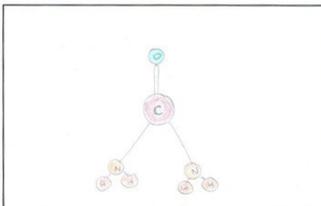
O mesmo acontece com a estudante (Ta) que comenta sobre os modelos utilizados no programa, acha que paus e bolinhas são melhores, porém a visualização das ligações Pi fica prejudicada. No modelo arame consegue ver claramente estas ligações, então nas suas representações pós-teste a estudante mescla os

dois modelos potencializando este conceito. Diz: “O melhor é esse aqui (paus e bolinhas), a desvantagem é ver as ligações duplas, mas aí olha no primeiro (arame)”.

Fica evidente na representação  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , assinalado na Figura 10.

Figura 10: Pós-Teste Ta

1)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$



Fonte: Pesquisa aplicada pelo autor

O pré-teste foi marcado pela disposição espacial atômica em formar estruturas retas, lineares. Entretanto, no pós-

-teste há uma mudança na organização atômica: ligantes maiores e menores e ângulos não ortogonais evidenciando

tridimensionalidade.

Os estudantes passaram a organizar geometricamente os átomos atendendo uma disposição atômica central, isto é, eleger um **átomo central** passa a ser o elemento importante no qual, tendem a partir as demais ligações (observe a Figura 10).

Entendemos que a centralização atômica decorre das espécies químicas representadas, utilizando o software educativo que, conseqüentemente, tornaram-se significativas uma vez que acompanham a conceitualização da geometria molecular (TRPECV).

Ainda que não haja relato nas entrevistas sobre os pares de elétrons do átomo central, a grande maioria das representações, pós-teste, segue um modelo característico de **repulsão dos pares de elétrons do átomo central**, mesmo que a escolha do átomo central nem sempre esteja correto.

A pesquisa consiste, primeiramente, na reafirmação do uso das novas tecnologias na educação – ensino da Química, explorando suas aplicações na ação docente e promovendo a aliança entre Ciência e Tecnologia.

Considerando as representações simbólicas produzidas pelos estudantes como produto do processo cognitivo, frente a uma nova situação gerada, constatamos que a simulação computacional como ferramenta, proporcionou estimulação à visualização da disposição atômica espacial que o estudante passa a considerar nas novas representações inéditas no papel, atendendo a conceitos intrínsecos da geometria molecular como átomo central, imagem tridimensional, ângulos não ortogonais e fortes influencia dos modelos representacionais nos seus desenhos.

O enriquecimento simbólico se revela após o uso da ferramenta computacional, quando o estudante é confrontado com uma nova situação (representação de espécie química inédita), potenciali-

zando e/ou alterando de forma significativa conceitos ora tidos como verdadeiros.

Desta forma, concluímos que a simulação computacional como ferramenta influencia e potencializa conceitos, enriquecendo as representações simbólicas no papel, corroborando com a ação docente para o ensino da geometria molecular.

## REFERÊNCIAS

- COELHO, L. W.; et al. Aplicação de mecânica molecular em química inorgânica. *Química Nova*, São Paulo, v. 22, n. 3, mai./jun. 1999.....DIAS, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. *Química Nova*, n. 27, fev. 2008. Disponível em: <<http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc27/08-peq-3106.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2008.....EICHLER, M.; DEL PINO, J. C. Computadores em educação química: estrutura atômica e tabela periódica. São Paulo: *Química Nova*, 2000.ERICSSON, K.; SIMON, H. Verbal report as data. *Psychological Review*, 1980.....FONSECA, M. R. M. da. *Química Integral*: 2º grau. v. único. São Paulo: FTD, 1993. FURIÓ, C.; CALATAYUD, M. L. *Journal of Chemical Education*, v. 1, n. 73, p. 36-41, 1996.....GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes, uma proposta representacional integradora: investigações em ensino de Ciências. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/ienci>>. Acesso em: 25 jul. 2008.....LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de bioquímica*. 2.ed. São Paulo: Savier, 1995. MOREIRA, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud: o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. Porto Alegre: UFRGS, 2002. Disponível em: <[www.ifufrgs.br/ienci](http://www.ifufrgs.br/ienci)>. Acesso em: 20 jul. 2008....MUNDIM, K. C. Estrutura de átomos e moléculas: modelo VSEPR. out. 2000. Disponível em: <<http://www.unb.br/iq/kleber/CursosVirtuais/QG/aula-10/aula-10.html>>. Acesso em: 10 dez. 2008.....NETO, A. S. A.; KREUTZ, D. A.; MOREIRA, M. A. Do uso de representações simbólicas e seus atributos no aprendizado de gases: evolução conceitual por aprendizagem significativa, de um perfil conceitual ou de representações e seus invariantes? VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências, Florianópolis, 2007....RIBEIRO, Â. A.; GRECA, I. M. Simulações computacionais e ferramentas de modelização em Educação Química: uma revisão da literatura publicada. *Química Nova*, São Paulo, v. 26, n. 4, jul./ago. 2003....SANTOS, A. A.; GALVÃO, R. S. Modelagem e visualização 3D de moléculas. Salvador: Faculdade Ruy Barbosa, 2006. Disponível em: <[http://minimol.files.wordpress.com/2008/02/monografiaalessandroraphael\\_200611.doc](http://minimol.files.wordpress.com/2008/02/monografiaalessandroraphael_200611.doc)>. Acesso em: 28 jul. 2008....SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 1, 2005.....SANTOS, W. L. P.; MOL, G. de S. *Química & Sociedade: ensino médio*. v. único. São Paulo: Nova Geração, 2005.....WU, H. K.; SHAH, P. Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning Science Education, v. 88, n. 3, p. 465-492, 2004.