

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

WLISSES GUIMARÃES SOUZA

**USO E APLICAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS RECICLÁVEIS
NA CONSTRUÇÃO DE UM MODELO MOLECULAR.**

Maceió-AL

2012

WLISSES GUIMARÃES SOUZA

**USO E APLICAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS RECICLÁVEIS
NA CONSTRUÇÃO DE UM MODELO MOLECULAR.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof.Dr. Paulo César Costa de
Oliveira

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Tânia Maria Piatti

Maceió-AL

2012

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos

S729u Souza, Wlisses Guimarães.
Uso e aplicação de materiais poliméricos recicláveis na construção de um modelo molecular / Wlisses Guimarães Souza. – 2013.
59 f. : il., color.

Orientador: Paulo César Costa de Oliveira.
Co-orientadora: Tânia Maria Piatti
Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Alagoas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Maceió, 2012.

Bibliografia: f. 48-50.
Anexos: f. 51-59.

1. Química – Ensino. 2. Modelo molecular. 3. Reciclagem. 3. Meio ambiente.
4. Didática – Objeto de aprendizagem. I. Título.

CDU: 54:371.63

WLISSES GUIMARÃES SOUZA

Uso e Aplicação de Materiais Poliméricos Recicláveis na Construção de um Modelo Molecular

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Alagoas, aprovada em 05 de dezembro de 2012.

BANCA EXAMINADORA



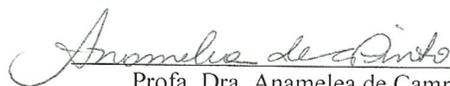
Prof. Dr. Paulo César Costa de Oliveira
Orientador e Presidente da banca
(PPGECIM/IQB/UFAL)



Prof. Dr. Paulo César Pinheiro
(UFSJ)



Prof. Dr. Wilmo Ernesto Francisco Júnior
(PPGECIM/Campus Arapiraca/UFAL)



Profa. Dra. Anamelea de Campos Pinto
(PPGECIM/CEDU/UFAL)

À Maura e Antônio, meus pais,
exemplos de abnegação e altruísmo
dedicados à educação dos filhos.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Paulo César Costa de Oliveira pela orientação, paciência, encorajamento e amizade.

Ao professor Dr. Jorge Luiz Lopes da Silva e sua esposa, professora Dr.^a Ana Paula Lopes da Silva, por me incentivarem a ingressar no mestrado.

Ao professor Roberto Nobre o qual me fez enxergar pela primeira vez, na condição de aluno secundarista, a tridimensionalidade das moléculas orgânicas e suas implicações macroscópicas.

Ao bibliotecário Evandro Santos Cavalcante pela disposição no empréstimo e seleção dos livros.

A Witallo Guimarães Souza pelo fraternal auxílio nas exaustivas revisões de cada sessão desta dissertação.

A meu filho Vinícius por testar a inerente ludicidade do modelo molecular em suas brincadeiras.

À Natália de Pontes L. M. Guimarães, esposa dedicada, companheira de todas as horas, tradutora e revisora impagável.

À minha estimada coordenadora Célia Batista, pela compaixão nos momentos de ausência de sala de aula.

Aos professores pesquisados, pelo compromisso assumido durante as oficinas.

Um especial agradecimento aos catadores da Cooperativa da Vila Emater (COOPVILA), pela incomensurável parceria sem a qual tornar-se-ia impossível o desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores e alunos anônimos do meu país que anseiam por uma educação de qualidade, motivadores reais dessa pesquisa.

“A imaginação é mais importante que o conhecimento.”
Albert Einstein

RESUMO

No presente trabalho, propomos a construção de um modelo molecular físico por meio do reuso de material polimérico reciclável, selecionados em unidades de coleta seletiva de lixo e no próprio ambiente escolar. Essa intervenção didática, especialmente nas aulas de Química Orgânica, vem auxiliar sobremaneira o aluno a ter uma visualização tridimensional das moléculas, distanciando-se, assim, do classicismo bidimensional da lousa e do livro. A construção desse objeto de aprendizagem possui algumas características extremamente importantes tanto do ponto de vista operacional de sua elaboração, quanto do ponto de vista didático. Dentre elas, podemos citar: o baixíssimo custo; simplicidade de confecção e aplicação; uma boa aproximação na representação das geometrias das moléculas e dos ângulos de ligações aos valores experimentais. O modelo proposto pôde substituir os modelos comerciais sem qualquer perda de informação, inclusive acrescenta informações que somente esse modelo consegue dar destaque, como o tamanho diferenciado dos átomos. Nenhum dos modelos representacionais físicos, seja comercial ou artesanal, traz a discussão sobre a força de ligação. Entretanto, o modelo aqui proposto possui, propositalmente, varetas de diferentes comprimentos, induzindo o aluno a refletir e verificar o porquê dessa diferenciação. Ainda no que diz respeito ao processo de aprendizagem, pudemos observar que o envolvimento dos alunos e do professor na confecção do *kit* molecular propiciou a participação efetiva dos mesmos como estratégia e forma de aprendizagem significativa, funcionando como um subsunso bastante eficaz. Ressaltamos ainda, o potencial desse projeto em sensibilizar uma conscientização ambiental, dado às características dos materiais utilizados, descartados no lixo indiscriminadamente. Além disso, foram desenvolvidas oficinas com professores e alunos da rede pública de ensino no município de Arapiraca-AL. Na ocasião, foram aplicados questionários sobre a percepção dos alunos e se observou, na grande maioria das respostas, que o uso de material reciclado levou a discussões sobre o que realmente é lixo, por conseguinte o que faremos para minimizar os problemas causados por seu consumo, posterior descarte e como ser adequadamente reaproveitados.

Palavras-chaves: Ensino de Química. Modelo molecular. Reciclagem. Meio Ambiente.

ABSTRACT

In the present paper, we propose the construction of a physical molecular model through the reuse of recyclable polymeric material, selected in units of selective garbage collect and in the school environment itself. This didactic intervention, especially in the Organic Chemistry classes, greatly helps the students have a three-dimensional visualization of the molecules, averting itself, thus, the two-dimensional classicism of the whiteboard and the book. The construction of this handmade learning object has some extremely important characteristics both from an operational point of view of its elaboration as to the didactic point of view. Among them, we can quote: a very low cost; simplicity in the making and enforcement; a good approximation in the representation of the geometries of the molecules and the bond angles to the experimental values. The proposed model could substitute the ones sold on the market without any loss of information, moreover it adds some information that only this model is able to highlight, like the different size of the atoms. None of the representational physical models (either a model sold on the market or a handmade one) provides the discussion about the strength of the link. The model proposed here, however, has sticks with different length purposely, inducing the student to think about and verify the reason of this differentiation. Still regarding the process of learning, we can observe, in an workshop, that the involvement of the students in the making of the molecular kit favors their effective participation as an strategy and a way of a meaningful learning, functioning as a very efficient subsumptive. We still evidence the potential of this project in make the students sensible to the environmental consciousness, in view of the characteristics of the utilized material, indiscriminately discarded in the trash. Furthermore, some workshops were developed with teachers and students of the Public Educational System in the town of Arapiraca-AL. In the occasion, some quizzes were applied about the perception of the students and we observed, in most answers, that the use of the recycled material led to some discussions about what really trash is, this way what we're going to do to minimize the problems caused by its consume and posterior discard and how to be rightly reused.

Key-words: Chemistry Teaching. Molecular Model. Recycling. Environment.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Apresentação.....	9
1.2 Definição do problema	10
1.3 Justificativa.....	10
1.4 Objetivos.....	12
1.4.1 Objetivo geral	12
1.4.2 Objetivos específicos	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 A Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência.....	13
2.2 A evolução cronológica dos modelos moleculares físicos.....	17
2.3 A busca por uma padronização.....	22
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-FILOSÓFICA	24
3.1 A semiótica na Química	24
3.2 Teoria Sociocultural de Vygotski.....	28
3.2.1 Zona de desenvolvimento proximal (ZPD)	30
4. QUESTÕES DA PESQUISA	32
5. O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA	33
5.1 A aquisição da matéria-prima	33
5.2 O processo de assepsia do material coletado.....	35
5.3 Equipamentos de proteção.....	35
5.4 A oficina	35
5.5 Construção do modelo molecular	36
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6.1 Síntese e análise das respostas aos questionários.....	42
6.2 Uma possível aula experimental.....	44
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	48
ANEXOS	51

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação

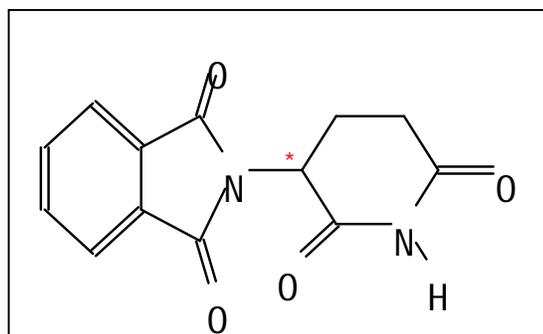
O estudo da estrutura molecular é capaz de prever, justificar e confirmar o comportamento macroscópico das substâncias; é dessa estreita relação que surge a necessidade da utilização de um modelo molecular como objeto mediador da aprendizagem.

O mundo material em que vivemos é percebido pelos animais através dos seus sentidos. Essa percepção é, no entanto, limitada, e foi superada com a descrição das substâncias em termos atômicos. O átomo veio fundamentar teoricamente a experiência dos sentidos, possibilitando uma descrição mais ampla e profunda do mundo material, justificando sua enorme diversidade. (FERREIRA, 1943)

A fórmula estrutural é relevante – não apenas a constituição atômica, mas a conectividade desses átomos, como se arranjam no espaço e com que facilidade movem-se de suas posições de equilíbrio – pois determina todas as propriedades: físicas, químicas e, em último caso, biológicas.

É difícil pontuar a importância da geometria molecular na compreensão dos conhecimentos químicos. Sabemos que a geometria molecular e a maneira com que as moléculas se ajustam determinam peculiares aspectos físicos, como também, até questões de vida ou morte, atingindo seu ápice na Bioquímica; lembremo-nos do fatídico caso do enantiômero da talidomida* (Figura 1) na década de sessenta.

Figura 1 - Fórmula estrutural plana da talidomida



FONTE: HOFFMANN,(2000).

*Princípio ativo do antibiótico prescrito às grávidas, a fim de minimizar os enjoos matinais. Possui uma antípoda óptica teratogênica, causadora da *Síndrome da Focomielia* em mais de 10.000 bebês no mundo (HOFFMANN, 2000).

1.2 Definição do problema

É possível elaborarmos um modelo molecular físico artesanal, utilizando material reciclável que seja efetivamente exequível em sala de aula, sem trazer prejuízos na representação molecular e ainda assim podermos fomentar a conscientização ambiental nos alunos?

1.3 Justificativa

Para o químico, é crucial comunicar uns aos outros a informação estrutural tridimensional. O suporte comumente usado para essa comunicação é bidimensional: uma folha de papel, a tela do computador. Assim deparamos de imediato com o problema da representação, uma transformação simbólica da realidade.

Fazer uso de um modelo molecular em sala de aula é achar um fio que conduz e une dois universos: um microscópico, que a *priori* é imperceptível à imaginação do aluno, a outro notoriamente nítido pelo comportamento macroscópico perceptível aos olhos nus. Essa habilidade em formar modelos mentais dos processos numa escala molecular é uma exigência para aprender Química.

Descrever essa notação* talvez baste para fazer essas estruturas erguerem-se da página para algumas pessoas, mas as redes neurais que controlam a representação são efetivamente gravadas para toda a vida quando se manuseia (com mãos humanas, não em um computador) um modelo de tipo “bola-e-vareta” da molécula enquanto se observa a sua figura (HOFFMANN, 2000).

Um modelo molecular é, portanto, uma alternativa didática para a melhoria do aprendizado de inúmeros conteúdos do ensino fundamental, médio e mesmo do nível superior (Tabela 1).

Um ponto em comum entre os conteúdos citados é que requerem uma visualização tridimensional por parte do aluno; algo que normalmente não é assimilado corretamente, gerando concepções equivocadas. O uso do modelo molecular físico distancia esses conteúdos do seu habitual nível de abstração.

* O autor refere-se à fórmula estrutural plana, uma representação bidimensional típica de artigos e livros científicos.

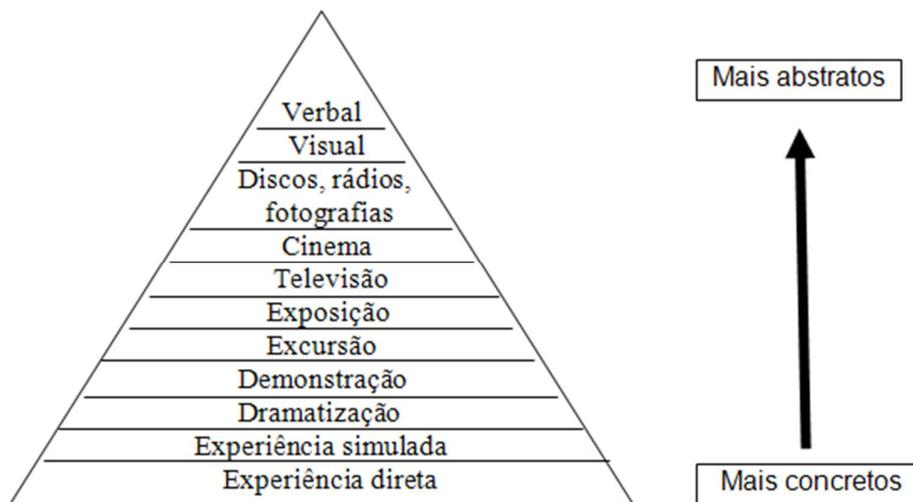
Tabela 1- Conteúdos passíveis de intervenção do modelo molecular.

Conteúdos		
Ligações químicas interatômicas	Polaridade	Isomeria constitucional
Ligações químicas intermoleculares	Estequiometria	Mecanismos de reações
Balaceamento das equações	Análise conformacional	Polímeros
Geometria molecular	Estereoisomeria	Biomoléculas

FONTE: AUTOR, 2012.

Conforme relatado por Appelt, Oliveira & Martins (2009), nas duas últimas décadas existiu um interesse crescente sobre o tema, constatado ao se fazer uma busca no site de uma das principais revistas especializadas no Ensino de Química, o *Journal of Chemical Education*, com uma utilização maior de ferramentas computacionais, coincidindo com o processo de inclusão digital das populações.

Os professores do ensino básico, em sua maioria, compartilham da ideia de desenvolver as concepções espaciais por meio da manipulação de modelos moleculares pelos alunos. A experiência docente mostra-nos que um modelo molecular físico é um recurso didático eficiente em sala de aula. O surgimento dos modelos virtuais, cada vez mais disponíveis, pareceu uma solução para tal problema; porém, estudos recentes mostram que um modelo molecular virtual, por si só, não é capaz de sanar tal dificuldade, a aprendizagem se mostrou eficiente quando os recursos são mais concretos (Figura 2) (DALE, 1996).

Figura 2 - Classificação por nível de abstração.

FONTE: DALE, 1996

Se por um lado, os modelos são representações visuais ou físicas que ajudam e explicam a ideia abstrata ou estrutura invisível ao estudante, por outro lado, se um modelo é usado inapropriadamente, concluiremos à duras penas, que o mesmo poderá conduzir ao desenvolvimento de concepções equivocadas de difícil substituição. Assim, faz-se necessário explicitar aos estudantes a extensão e limitação de cada modelo escolhido em sala de aula.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Contribuir didaticamente no processo ensino-aprendizagem da Química por meio da construção de um modelo molecular físico artesanal.

1.4.2 Objetivos específicos

- Tornar exequível a construção e uso de um modelo molecular artesanal do tipo “bola-vareta” que seja eficaz na representação geométrica das moléculas;
- Representar facilmente qualquer tipo de geometria molecular;
- Aproveitar a confecção do modelo proposto como um momento de aprendizagem significativa para o aluno;
- Confeccionar um modelo molecular que possa também auxiliar os alunos com deficiências visuais;
- Fomentar a conscientização ambiental nos alunos pela natureza da matéria-prima reutilizada.

2. REVISÃO DA LITERATURA

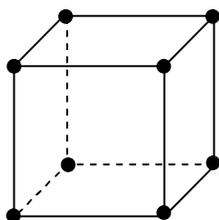
2.1 A Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência

As fórmulas químicas (estrutural e molecular) têm suas limitações, informando apenas sobre as ligações entre os átomos. As diversas maneiras com que os ângulos e distâncias se ajustam dão forma espacial à molécula. Nossa compreensão pode ser facilitada pelo uso de modelos. Os que mais se aproximam da realidade são do tipo “espaço-cheio” ou maciços, onde os tamanhos das esferas atômicas representam os raios de Van der Waals. Contudo, o uso desse tipo de modelo molecular é que justamente essa característica que o define, dificulta a visualização do que se passa entre os átomos, bem como dos átomos que ficam escondidos.

A maioria dos métodos experimentais para a determinação de estrutura molecular proporcionam informações sobre as posições dos núcleos e das camadas completas de elétrons, porém, muito pouco a respeito dos elétrons de valência, mesmo que participem da estrutura. A maioria dos núcleos movem-se em resposta às vibrações térmicas, e somente uma posição média pode ser representada. Na maioria das moléculas, essas vibrações chegam a afetar os ângulos e distâncias de ligação em cerca de 10% de seus valores médios. Em um pequeno número de moléculas ocorrem vibrações de maior amplitude que chegam a provocar troca de posição dos núcleos nas ligações. Na maioria dos casos, contudo, podemos considerar os núcleos como sendo fixos e representar as moléculas como modelos rígidos (MAHAN, 1995).

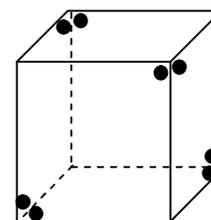
Quando Lewis imaginou os octetos, ele desenhou um diagrama cúbico tendo os elétrons nos vértices (Figura 3). Mais tarde, em uma publicação de 1916, ele decidiu colocar os elétrons em pares (Figura 4), em quatro vértices alternados do cubo. Essa sugestão não tem consequências maiores nas estruturas de Lewis, porém a ideia passou a ser usada na teoria de Gillespie (MAHAN 1995).

Figura 3 - Diagrama de elétrons de Lewis (1902)



FONTE: MAHAN (1995).

Figura 4 - Diagrama de elétrons de Lewis (1916)



FONTE: MAHAN (1995).

Em 1957, R. J. Gillespie e R. S. Nyholm desenvolveram uma teoria capaz de explicar e prever a estrutura molecular de forma simples e eficiente; essa teoria ficou conhecida como Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência (TRECIV ou VESPER). A simplicidade dessa teoria se dá pelo fato de exigir apenas o conhecimento de estruturas de Lewis, outra teoria simples e confiável, não requerendo o conhecimento sobre orbitais atômicos nem hibridação (MAHAN, 1995).

A teoria baseia-se na noção de que os pares de elétrons da camada de valência permanecem tão separados quanto possível, de modo a minimizar suas repulsões mútuas. O arranjo geométrico dos átomos em torno do átomo central é determinado somente pela repulsão entre os pares de elétrons presentes na camada de valência do átomo central. Consideremos a título de exemplo a molécula de dióxido de carbono (Figura 5) que é do tipo AX_2 , onde A é o elemento central e X os átomos ligantes.

Figura 5 - Estrutura de Lewis para a molécula de CO_2



FONTE: MAHAN 1995.

Na camada de valência do carbono temos dois grupos de quatro elétrons e eles se posicionam em lados opostos do núcleo do carbono, de modo que a repulsão seja mínima, gerando uma estrutura linear (Figura 6).

Figura 6 - Geometria da molécula de CO_2

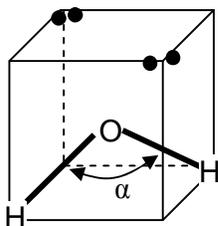


FONTE: MAHAN 1995.

No entanto, o ângulo de ligação não é apenas determinado por simples simetria: um par de elétrons isolados ocupa mais espaço do que um par de elétrons ligante, uma vez que o par isolado sofre atração somente por um núcleo e o par ligante por dois núcleos. Como consequência da presença de tais pares de elétrons isolados (representados por E na fórmula) temos distorções nos ângulos de ligação da molécula (LEE, 1999). Isso explica porque na água (molécula do tipo AX_2E_2) o ângulo esperado de $109^\circ 47'$ reduz para $104^\circ 45'$ (ângulo α na Figura 7).

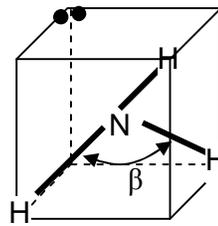
O mesmo ocorre na molécula de amônia (AX_3E) onde o par de elétrons não ligante reduz o ângulo tetraédrico esperado para $107^\circ 8'$ (ângulo β na Figura 8). As possíveis geometrias estão relacionadas na tabela 2 a seguir:

Figura 7- Distorção angular na água



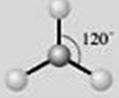
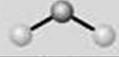
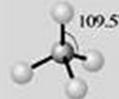
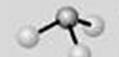
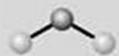
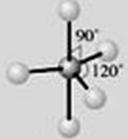
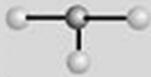
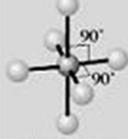
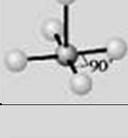
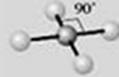
FORTE: MAHAN, 1995.

Figura 8- Distorção angular na amônia



FORTE: MAHAN, 1995.

Tabela 2 - Geometrias moleculares experimentais

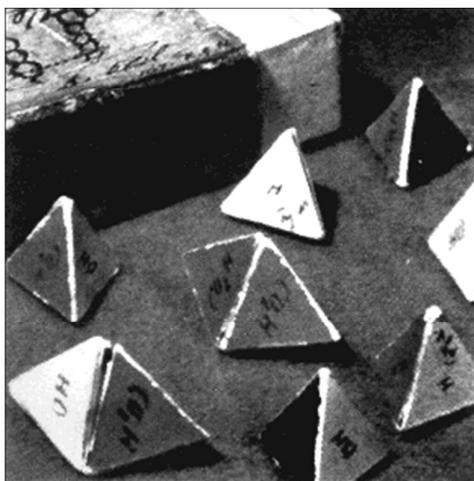
Molécula ou íon	Geometria	Representação
AX_2	Linear	
AX_3	Trigonal planar	
AX_2E	Angular	
AX_4	Tetraédrica	
AX_3E	Piramidal Triangular	
AX_2E_2	Angular	
AX_5	Bipiramidal trigonal	
AX_4E	Tetraédrica irregular	
AX_3E_2	Forma de T	
AX_2E_3	Linear	
AX_6	Octaédrica	
AX_5E	Piramidal de base quadrada	
AX_4E_2	Quadrada-planar	
AX_7	Bipiramidal pentagonal	

FONTE: MAHAN, 1995.

2.2 A evolução cronológica dos modelos moleculares físicos

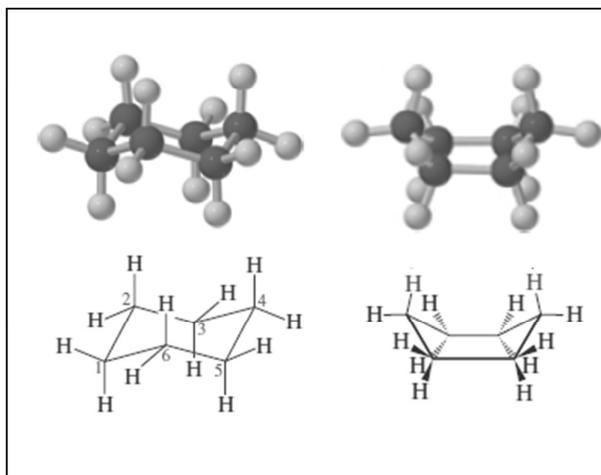
Os primeiros modelos moleculares surgiram ainda no século XIX, antes mesmo do total conhecimento da estrutura dos compostos orgânicos. Foi em 1811 que John Dalton (1766-1844) para ilustrar a ideias publicadas em sua considerável obra “*New System of Chemical Philosophy*” elaborou um modelo atômico de moléculas diatômicas simples. A outra indicação da construção de modelos ocorreu após 1867, feito por Kekulé. Em 1874, Van’t Hoff usou modelos tetraédricos para ligar os vértices às faces (Figura 9) para descrever os isômeros ópticos do ácido tartárico. Pasteur tinha observado os isômeros ópticos em 1848, mas ainda não tinha disponível uma explicação estrutural. Sachse foi o único de poucos químicos do seu tempo a utilizar modelos para fazer previsões. Em 1890 ele publicou um artigo predizendo a existência das estruturas da “cadeira” e “barco” para o ciclohexano (Figura 10). E durante os primeiros vinte anos deste século, no desenvolvimento da Teoria de Valência, os modelos de bolas e varetas tornaram-se cada vez mais utilizados (apud HARDWICKE 1995).

Figura 9 – Modelo tetraédrico de Van’t Hoff.



FONTE: ROQUE & SILVA, 2008

Figura 10 - Conformações do ciclohexano.

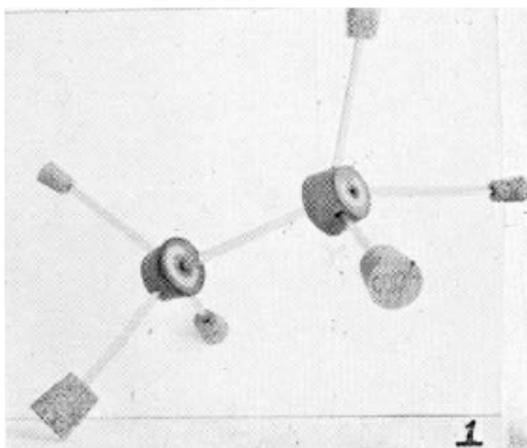


FONTE: CAMPBELL, 1948

Ainda em 1865 A. W. Hoffmann apresentou, em uma conferência, modelos moleculares confeccionados com bolas e varas de madeira (ROQUE & SILVA, 2008). Em 1929, Minné propôs a construção de um modelo molecular utilizando rolhas de cortiça e bastões de vidro afim de demonstrar a existência dos estereoisô-

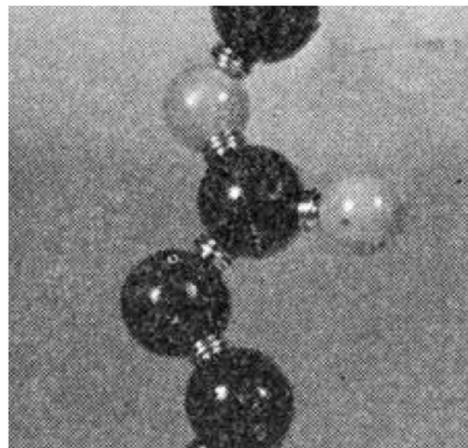
meros do ácido tartárico (Figura 11). Em 1941 Black e Dole propuseram um modelo molecular com esferas de madeira unidos por botões de pressão (Figura 12) que permitiam livre rotação em torno das ligações e ao mesmo tempo mantinham os átomos fortemente unidos entre si. Esses modelos, também foram confeccionados para a visualização das conformações espaciais, no entanto, no modelo proposto por Black e Dole não é possível identificar os tipos de ligações interatômicas existentes.

Figura 11- Modelo com cortiça e canudos.



FONTE: MINNÉ, (1929)

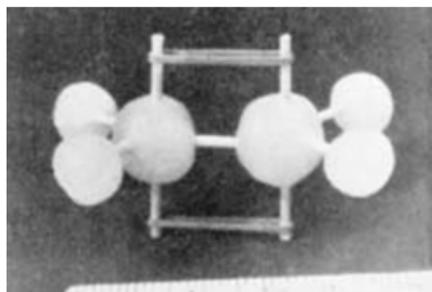
Figura 12- Modelo de madeira e botões de pressão.



FONTE: BLACK & DOLE, 1941.

A partir desses modelos foram construídas várias moléculas. Já Tanaka (1957), propôs a construção de modelos moleculares utilizando materiais de baixo custo, como cera, para confecção das esferas, palitos de madeira para as ligações entre átomos e pequenas tiras de borracha para representar ligações duplas (Figura 13). Esse modelo mostrou-se superior a outros modelos utilizados na época, como os confeccionados com argila de modelar, porém os materiais utilizados eram facilmente deteriorados pelo uso, comprometendo sua aplicabilidade.

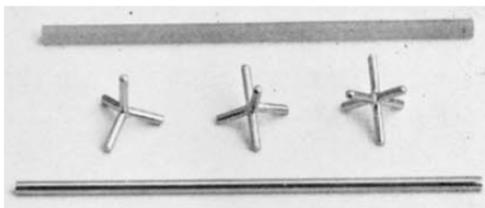
Figura 13 - Modelo molecular de Tanaka (1957)



FONTE: TANAKA, 1957.

Em 1964, Brumlik, Barret e Baumgalten propuseram um modelo do tipo “esqueletal” (*Framework Molecular Orbital*) com os átomos em metal e as ligações por canudos plásticos ou metálicos (Figura 14). Esse modelo logo passou a ser comercializado, no entanto, por um valor inviável à muitas escolas e estudantes.

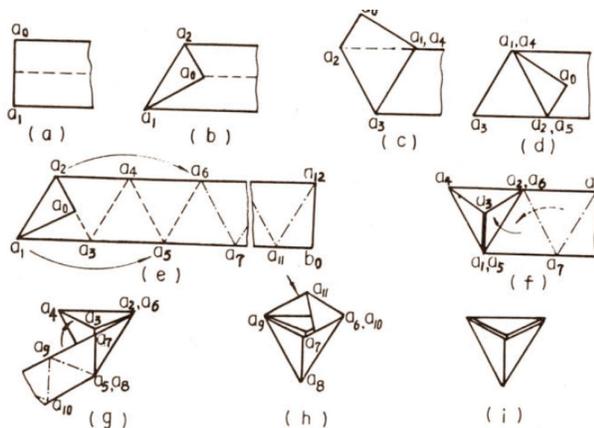
Figura 14 - Modelo proposto por Brumlik et al. (1964)



FONTE: BRUMLIK et al., 1964.

Já He et al. propuseram em 1990, a construção de modelos tetraédricos, trigonal, bipiramidal e outros, em papel, pela montagem dos respectivos poliedros (Figura 15). Percebe-se nesse modelo a ênfase na configuração da molécula em detrimento do tipo de ligação, da possibilidade de livre rotação, além disso, por ter sido confeccionado em papel, revelou uma inerente fragilidade ao manuseio, diminuindo sua vida útil.

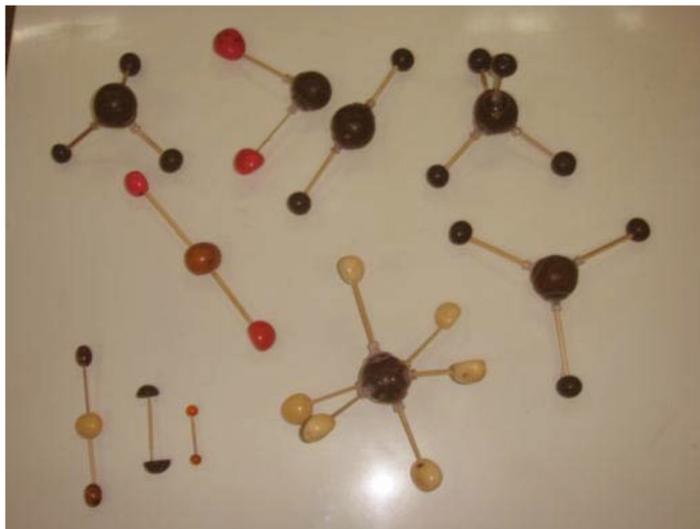
Figura 15 - Modelo tetraédrico produzido em papel.



FONTE: HE et al., 1990.

A grande maioria dos modelos artesanais elaborados por autores brasileiros, convergem para o uso de materiais alternativos de baixo custo priorizando a sustentabilidade e a biodiversidade. No artigo de Zan et al. (2010) o modelo utiliza Sementes de variadas espécies endêmicas da Amazônia, com formas, tamanhos e cores diferentes para representar os átomos (Figura 16).

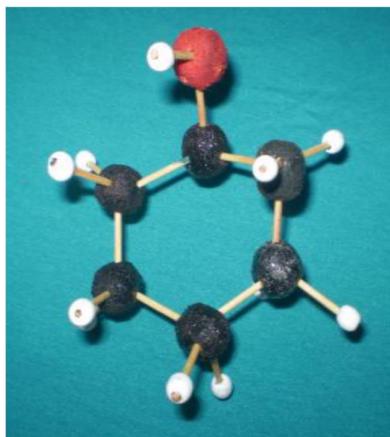
Figura 16 - O uso de sementes como modelo atômico.



FONTE: ZAN et al. (2010)

Já a sugestão de Lima & Carneiro, utilizou a fibra de Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) (Figura 17) para a representação dos átomos e palitos de dente representando as ligações.

Figura 17 – Modelo usando a fibra de Buriti



FONTE: LIMA & CARNEIRO, 2010.

Gonçalves et al. desenvolveram *kits* moleculares trabalhando com massas de *biscuit*, palitos plásticos de pirulito e E.V.A. (Figura 18). Aqui percebemos que a representação das ligações por palitos plásticos se mostrou adequada pois, o polietileno (polímero constituinte) é resistente ao manejo frequente. O mesmo não podemos dizer da massa de *biscuit*, a qual sofre ressecamento, fragmentando-se com facilidade, diminuindo consideravelmente a vida útil deste modelo.

Figura 18 - Modelo molecular com massa de *biscuit*.

FONTE: GONÇALVES et al. (2010)

Podemos dizer que existe uma tendência dos modelos artesanais na utilização de material alternativo, como exemplificado na proposta dos portugueses Valente & Moreira (2005) utilizando garrafas de P.E.T. na representação dos átomos (Figura 19). Percebe-se nesse caso, que têm-se o mérito da reutilização de materiais recicláveis, porém, seu uso restringe-se apenas na ilustração da geometria molecular, sem identificação do tipo de ligações e dos átomos que a constituem, assim como o modelo utilizando bexigas de festa* (Figura 20) que naturalmente acomoda-se na geometria mais estável.

Figura 19- Modelo com garrafas P.E.T.

FONTE: VALENTE & MOREIRA, (2007).

Figura 20- Modelo com “bexigas de festa”

FONTE: AUTOR,2012

Relacionamos a seguir (Tabela 3) as principais vantagens e desvantagens dos modelos artesanais:

* Desconhecemos a autoria desse modelo molecular.

Tabela 3 - Vantagens e desvantagens dos tradicionais modelos artesanais

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Bolas de isopor com palitos de dente	Acessível e versátil com ampla e pronta aplicação	Ocupa muito espaço e é de fácil desgaste
Canudos de bebida	Fácil aquisição, cores variadas	Montagem definitiva, frágil e muito leve
Balões de aniversário	Acessível, cores variadas	Definitivo, frágil e muito leve
Arame	Fácil construção	Difícil manuseio, uso restrito, risco de acidentes.
Bolas de isopor com canudos alfinetes e arames	Versátil, ampla aplicação em química, acessível	Montagem definitiva, difícil posicionamento dos ângulos, risco de acidentes.

FORTE: AUTOR, 2012

2.3 A busca por uma padronização

Que cor tem um átomo? Essa é uma pergunta comum em sala de aula, porém, não podemos pensar que átomos individuais de elementos tenham uma cor. É somente em uma escala muito maior que os sólidos (e alguns líquidos e gases) exibem cores. As cores usadas em *kits* de modelagens são escolhidas para fins de identificação e não correspondem a qualquer cor real dos átomos. Apesar dos átomos de oxigênio são de cor vermelha em *kits*, o oxigênio líquido é, na verdade azul. Existem várias convenções para as cores dos modelos moleculares. Atualmente a maioria dos modelos comerciais, segue uma padronização quanto as cores dos elementos, conhecida como padronização C.P.K. elaborado por Corey, Pauling e desenvolvido posteriormente por Kultun (Tabela 4). Porém, nem todos os modelos utilizam esta convenção como no conjunto de modelo de Griffin e George, neste caso as cores foram escolhidas com base em quão claramente eles aparecem em fotografias em preto e branco.

Tabela 4 - Padronização de cores C.P.K.

Átomo	Hidrogênio	Carbono	Oxigênio	Nitrogênio	Enxofre	Halogênio	Fósforo	Sódio
Cor	branco	preto	vermelho	azul	amarelo	verde	lilás	cinza
								

Percebemos que a cada modelo novo que surgiu pela análise crítica de seus antecessores, em algum ponto, sempre ocorreu uma tentativa de refinamento na visualização, revelada no modelo subsequente, deixando-o mais condizente com o objeto a ser representado; a título de exemplo, a sugestão de Campbell (1958) para a construção de modelos que dimensionassem os átomos mantendo a proporção de 1 polegada para 1 ângstron foi um escalonamento que se mostrou adequado para a utilização em sala de aula.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-FILOSÓFICA

3.1. A semiótica na Química

"[...] um fato fundamental sobre aprender: qualquer coisa é fácil se você pode assimilar isto em sua coleção de modelos... aquilo que um indivíduo pode aprender, e como ele aprende isto, depende de quais modelos ele tem disponível. (PAPERT, 1993)

Átomos e moléculas têm estruturas reais que, no entanto, não podem ser percebidas através dos sentidos dada a sua natureza submicroscópica e nanoscópica. Assim, a Química atribuiu à simbologia um papel significativo para a compreensão da matéria. O não discernimento entre os conceitos de molécula e átomo, ou entre a configuração e conformação de uma molécula, exemplificam a dificuldade dos estudantes em apreender e fazer uso dessas representações.

O nome Semiótica vem da raiz grega *semeion*, que quer dizer signo. Semiótica é, portanto, a ciência dos signos. Por tal definição nos impõe conceituar signo a fim de não confundirmos com o significado deste vocábulo comumente utilizado pela astrologia. Referimos aqui aos signos da linguagem, logo, Semiótica é a ciência todas as linguagens. Mais uma vez, cabe-nos alertar que linguagem difere de língua, esta última seria a língua nativa, materna ou pátria, como costuma ser chamada. Mas existe simultaneamente uma enorme variedade de outras linguagens que também se constituem em sistemas sociais e históricos de representação do mundo (SANTAELLA 2005).

O nível [de representação] macroscópico é o fenômeno químico observável que pode incluir as experiências cotidianas dos estudantes, tais como mudanças de cor, observação de novos produtos sendo formados e outros desaparecendo. De modo a comunicar esses fenômenos macroscópicos, os químicos usam o nível simbólico de representação que inclui formas pictóricas, algébricas, físicas e computacionais tais como: equações, gráficos, mecanismos de reações, analogias e kits de moléculas. O nível submicroscópico de representação, baseado na teoria particular da matéria, é usado para explicar o fenômeno macroscópico, em termos de movimento de suas partículas, como elétrons, moléculas e átomos. Essas entidades submicroscópicas são reais, mas são muito pequenas para serem observadas e são descritas pelo uso de representações para a construção de imagens mentais. (TREAGUST, CHITTLEBOROUGH, MAMIALA, 2003)

Apesar de ter sido concebida simultaneamente em três continentes (E.U.A., União Soviética e Europa), Charles Sanders Peirce (1839-1914) nascido em Cambridge, Massachusetts é considerado o mais importante dos fundadores da

Moderna teoria geral da semiótica (NOTH, 2005). Seus escritos têm recebido atenção internacional por mais de um século e contribuíram substancialmente para a base do pensamento científico moderno.

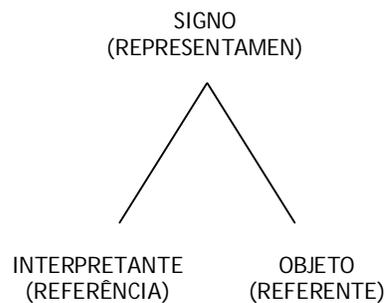
A Semiótica é a ciência dos processos significativos (semiose), dos signos linguísticos e das linguagens (ibidem NOTH). Esses processos significativos são mediados pela materialidade da palavra grafada ou falada, de símbolos escritos, gestuais ou naturais, e acontecem sempre que alguma coisa significa algo para alguém (PEIRCE, 2005).

Podemos dividir o conhecimento humano em uma tríade: signo, objeto e interpretante. Existem muitas definições de signo nos escritos de Pierce, alguns mais concisos, outros mais elaborados, porém devemos escolher um que nos convém como guia:

"Um signo intenta representar, em parte pelo menos, um objeto que é, portanto, num certo sentido, a causa ou determinante do signo, mesmo se o signo representar seu objeto falsamente. Mas dizer que ele representa seu objeto implica que ele afete uma mente, de tal modo que, de certa maneira, determine naquela mente algo que é mediatamente devido ao objeto. Essa determinação da qual a causa imediata ou determinante é o signo, e da qual a causa mediata é o objeto, pode ser chamada o Interpretante". (PEIRCE, 2005)

Depuramos então, que o signo é tudo aquilo que está relacionado com uma segunda coisa e que a representa. A coisa representada chama-se objeto que a mente, por sua vez, cria um segundo signo equivalente ou mais desenvolvido, denominado interpretante, perfazendo assim o processo de significação (Figura 21).

Figura 21- Tríade representativa do conhecimento



FONTE: PEIRCE (2005)

Considerando as relações do signo com seu objeto, existem três tipos de signos: ícone, índice e símbolo (PEIRCE, 2005). Àqueles que evidenciam alguma semelhança com seu objeto, seja visual ou de propriedades, chamamos de ícones.

Os signos icônicos são divididos em: imagem, diagrama e metáfora. A imagem estabelece uma relação de semelhança com seu objeto somente no nível da aparência. O diagrama representa seu objeto por similaridade de relações internas e a metáfora representa seu objeto por similaridade no significado, ocorrendo um processo de identificação entre representante e o representado.

A título de exemplo: quando um professor representa a molécula de etanol utilizando um modelo molecular do tipo “bola-vareta”, certamente os alunos focalizarão as diferentes esferas em suas distinções de cor e/ou volumes, conectadas entre si. Nessa representação o intuito é realçar a descontinuidade da matéria em unidades discretas da molécula, juntamente com sua característica tridimensional. Logo, em congruência com a teoria atômica de Dalton sobre a não-continuidade da matéria e de Lewis sobre os pares eletrônicos, as esferas, portanto, simbolizam os átomos de hidrogênio, carbono e oxigênio, já as ligações seriam as varetas.

... qualquer pessoa sem o mínimo conhecimento químico (interpretante) e, portanto, sem nunca ter tido contato com a ideia de molécula (objeto) poderá identificar no ícone ‘objeto molecular’ unidades discretas distintas separadas por algo que as une. Temos, portanto, a função de promover significação por semelhança de propriedades entre o ícone (objeto molecular) e seu objeto (ente molecular) (GOIS & GIORDAN 2007).

Contudo, quando do primeiro contato com o modelo molecular, alunos iniciantes na Química (9º ano), não raramente, associam ludicamente a representação da molécula de etanol (Figura 24) à figura de um cachorro ou gato. Em princípio, parece descabida tal analogia para o professor que ansiava que seus alunos tivessem o mesmo interpretante usado por ele para chegar ao objeto (molécula de álcool etílico). Mas, dado o seu alto poder de sugestão, os ícones são capazes de produzir em nossa mente as mais imponderáveis relações de comparação e esse universo de possibilidades dos interpretantes está diretamente relacionado ao aspecto qualitativo do ícone. Logo, um professor não pode garantir que o modo que ele vê um modelo, ou quer que os estudantes vejam, é de fato o mesmo modo que os mesmos o fazem.

Exemplificando: quando nos detemos na contemplação de uma nuvem (Figura 22), de repente nos flagramos comparando essa forma com algumas imagens de animais (Figura 23), objetos, monstros, seres humanos ou deuses imaginários. Ora, essa forma, de fato, não representa essas imagens. Pode, quando muito, sugerir-las. É por isso que o interpretante que o ícone está apto a produzir é, também ele, uma mera possibilidade.

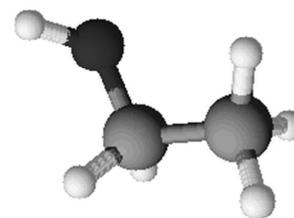
Figura 22 – Nuvem



Figura 23 – Cachorro



Figura 24 – Molécula do etanol



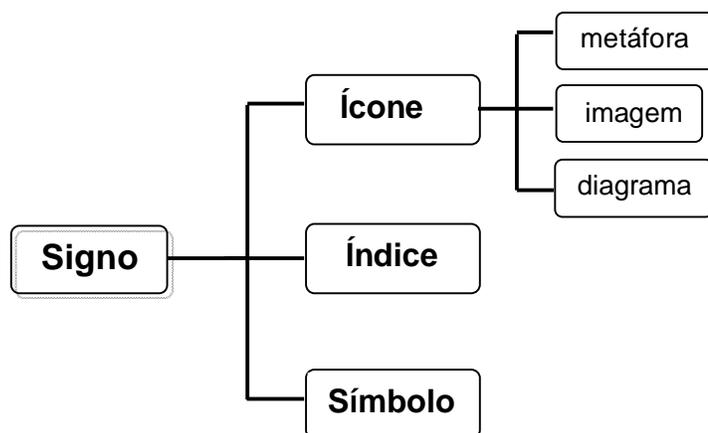
A imaginação é um processo psicológico novo para a criança; representa uma forma especificamente humana de atividade consciente, não está presente na consciência de crianças muito pequenas e está totalmente ausente em animais. Como todas as funções da consciência, ela surge originalmente da ação. O velho adágio de que o brincar da criança é imaginação em ação deve ser invertido, podemos dizer que a imaginação, nos adolescentes e nas crianças em idade pré-escolar, é o brinquedo sem ação. (VYGOTSKY, 1987)

Conclui-se, por uma visão semiológica, que um modelo molecular físico (ou mesmo um virtual), representa um signo do tipo ícone; uma vez que estabelece uma relação de semelhança por analogia visual com o objeto a que se pretende estudar, no caso, a molécula e suas possíveis interações que fundamentam um comportamento macroscópico factual. Esse “brinquedo” pedagógico força para um estágio de transição, separando o pensamento (o significado de uma palavra) dos objetos o qual poderia também representar fora do contexto químico.

Já os índices nos permitem estabelecer uma conexão existencial entre representante e representado, há uma comunhão espaço-temporal entre o signo e seu objeto. Enquanto o ícone se relaciona por semelhança, o índice relaciona-se por uma conexão factual. Exemplificando: quando em laboratório, misturamos duas substâncias com afinidade química, como por exemplo, solução aquosa de hidróxido de sódio e solução aquosa cloreto de amônio, o cheiro desprendido de amônia (índice) é um indício de reação química (objeto).

Por fim, o símbolo é um signo que se refere ao seu objeto em virtude de uma associação de ideias produzidas por uma convenção. Os símbolos dos elementos químicos, a fórmula molecular, a equação química são exemplos de símbolos químicos consagrados pelo uso, numa tentativa de representação unitária. Numa análise retrossintética, podemos sumarizar o que foi dito nesta seção por um mapa conceitual (Organograma 1)

: **Organograma 1 – Classificação dos signos**



FONTE: O AUTOR, 2012

3.2. Teoria sociocultural de Vygotski

O ponto fundamental da teoria de Vygotski é caracterizar o homem como um ser social, formado dentro de um ambiente cultural historicamente definido. O desenvolvimento das funções psicológicas superiores (o controle consciente do comportamento, atenção e lembrança voluntária, memorização ativa, pensamento abstrato, raciocínio dedutivo e capacidade de planejamento) se dá através da interação do ser humano com o mundo e com os outros indivíduos de sua espécie.

O contorno da perspectiva teórica de Lev Vygotski assenta-se em três temas que se foram desenvolvendo ao longo dos seus escritos:

1º) o uso de um método genético ou de desenvolvimento;

2º) a afirmação de que as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais;

3º) a afirmação de que os processos sociais e psicológicos humanos se formam através de ferramentas, ou artefatos culturais, que medeiam a interação entre indivíduos e entre estes e os seus envolvimentos físicos (WERTSCH 1993).

A disciplina de química tem uma linguagem científica própria, uma representação de signos e símbolos com significados e pensamentos. As fórmulas e as equações químicas são mediadoras do conhecimento químico, e a aprendizagem e o desenvolvimento dependem da estratégia que os professores adotam em suas aulas relacionando esta simbologia com os aspectos do conhecimento químico, principalmente os aspectos do cotidiano e os modelos de representações que os explique. Estas representações do pensamento são uma forma de representação do conhecimento (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Em nossa pesquisa, justificamos o uso do modelo molecular físico por concebermos as representações estruturais como sendo ferramentas do processo de mediação. Baseamos nosso trabalho na tese da *mediação semiótica* de Lev Vygotski (1896-1934), que destaca o aspecto indireto das operações psicológicas como característica essencial dos processos mentais superiores. Nessa proposta, novas ferramentas mentais tornam-se necessárias para conduzir à outras atividades mais elaboradas, utilizando para isso sistemas de signos na mediação desses processos.

Existe uma analogia básica entre ferramenta e signo. Essa analogia reside na função de mediação que caracteriza cada um desses elementos. A função da ferramenta é servir como condutor da influência humana no objeto. O signo por sua vez não provoca nenhuma alteração no objeto da operação psicológica. Logo, os signos são instrumentos para fins sociais, utilizados para influenciar outros e seguidamente para influir em si mesmo (VYGOTSKI 2007 p. 41).

De acordo com Vygotsky, as ferramentas (psicológicas ou materiais) que utilizamos moldam nossa experiência, e conseqüentemente, nosso pensamento. Na Teoria Sociocultural, a visualização é, então, enquadrada como uma ferramenta de mediação semiótica, em que sistemas de signos são constantemente utilizados para mediar processos sociais e o pensamento. O conceito de ferramentas psicológicas em Vygotsky evoluiu ao longo de suas investigações e, à medida que

ocorreram evoluções, foi dada ênfase à natureza significativa e comunicativa dos signos, constituindo uma interpretação “*semioticamente orientada*”. Em uma das suas palestras proferidas em 1930, o autor exemplificou algumas ferramentas psicológicas: 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.(WERTSCH, 1988, p. 95).

Para o entendimento dos processos mentais superiores devemos compreender os instrumentos e signos que atuam como mediadores desses processos. O homem tem acesso ao mundo de forma indireta ou mediada. Assim, os mediadores dessa relação homem/mundo são ferramentas auxiliares da atividade humana. Esses mediadores podem ser signos ou instrumentos. O segundo é um objeto que auxilia o trabalho humano, já o signo auxilia os processos psicológicos.

As visualizações são ferramentas psicológicas que introduzem várias novas funções associadas ao uso da ferramenta dada e a seu controle e suprime e torna desnecessários vários processos naturais, cujo trabalho é executado pela ferramenta e altera os cursos e os aspectos individuais (intensidade, duração, sequência, etc.) de todos os processos mentais que entram na composição do ato instrumental, substituindo algumas funções por outras assim como uma ferramenta técnica recria toda estrutura das operações de trabalho (VYGOTSKI, 1987, p. 139).

3.2.1 Zona de desenvolvimento proximal (ZPD)

Equivocadamente podemos acreditar que a diferença entre o aprendizado pré-escolar e o escolar restringe-se apenas no fato de que na escola há uma sistematização da aprendizagem. Porém, apesar de ser essa uma notável distinção, não é a única nem mesmo a mais importante para o desenvolvimento da criança, o qual pode ser dividido em dois níveis: um nível de “desenvolvimento real” das funções mentais, produto dos ciclos de desenvolvimentos completados, e que se configura como tudo aquilo que a criança consegue realizar sozinha, sem demonstração e sem o fornecimento de pistas. Essa é a ferramenta utilizada nos testes que calculavam a idade mental da criança, baseados pelo número e grau de dificuldade das tarefas realizadas, padronizadas para uma determinada idade.

Em outro extremo temos “o nível de desenvolvimento potencial”, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. Interpoladas a esse “desnível” encontram-se as funções mentais que ainda não estão amadurecidas, denominada de “zona de desenvolvimento proximal” (VYGOTSKY, 2007) e que justifica os casos em que crianças com mesma idade mental possuem desenvolvimentos discrepantes.

Portanto, o conhecimento adequado do desenvolvimento individual envolve considerações dos dois níveis de desenvolvimentos. O adolescente somente é capaz de alcançar outros processos de desenvolvimento com a mediação de alguém mais experiente, logo, sem auxílio externo seriam impossíveis de ocorrer. (LATTARI, 2008).

4. QUESTÕES DA PESQUISA

Propomos uma alternativa para o ensino dos conteúdos que tenham como cerne o estudo da estrutura molecular, pela intervenção do modelo molecular como objeto de aprendizagem. Eis os principais questionamentos que motivaram nossa pesquisa:

O modelo molecular sugerido pode substituir os atuais modelos comerciais de forma eficaz, sem comprometer a representação da estrutura molecular, a ponto de torná-lo exequível em sala de aula?

A construção de um modelo molecular artesanal, elaborado pelo reuso de material plástico reciclável e sua aplicação no ambiente escolar, poderá contribuir de alguma forma para o desenvolvimento de uma conscientização ambiental por parte dos instruídos?

5. O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

A pesquisa, do ponto de vista da sua natureza, pode ser classificada como uma pesquisa aplicada, uma vez que é dirigida à solução de um problema específico: confecção de um modelo molecular, prevendo contribuir didaticamente no processo ensino-aprendizagem da Química. Quanto à forma de abordagem do problema enquadra-se como qualitativa, pois visa identificar características pedagógicas dos professores pesquisados e (um possível) estabelecimento de relações na prática de sala de aula, objetivando uma visão mais ampla e detalhada sobre a problemática abordada.

A pesquisa se deu sob a forma de oficinas com professores de Química voluntários da rede pública e privada de ensino cadastrados na Usina Ciência (órgão de extensão da Universidade Federal de Alagoas - UFAL), mestrandos do curso de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM) da UFAL, professores de Ciências participantes da I Semana de Ciência e Tecnologia da UFAL- Arapiraca e professores filiados ao Sindicato dos Professores do Estado de Alagoas (SINPRO – AL).

5.1 A aquisição da matéria-prima

A primeira fase da pesquisa consistiu na aquisição do material necessário à confecção do modelo molecular, especificamente as esferas extraídas das embalagens de desodorantes e antitranspirantes do tipo *roll-on*, que representarão os átomos; para tanto, tais esferas foram coletadas em lixo doméstico por catadores de três unidades de coleta seletiva em Maceió: Associação dos Moradores do Bairro da Pitanguinha (AMPITA), Cooperativa da Vila Emater (COOPVILA) e pela Cooperativa de Recicladores de Alagoas (Figura 25). Na ocasião cada esfera, já extraída do corpo do recipiente, teve um custo unitário de R\$ 0,10 (dez centavos), perfazendo um total de R\$ 40,00 (quarenta reais).

As hastes plásticas de pirulitos que constituirão as ligações interatômicas, foram produtos da mobilização de coleta entre os alunos do ensino fundamental e médio do Colégio Santa Úrsula.

Figura 25 - Fachada da Cooperativa de Reciclagem de Alagoas



FONTE: AUTOR

Devemos ressaltar que a coleta das esferas (Figuras 26 e 27) constituiu nossa maior dificuldade nessa primeira fase da pesquisa; dos diversos motivos, podemos destacar: apesar do município de Maceió possuir 25,4% de material potencialmente reciclável, as quatro unidades de coleta seletiva, conseguem selecionar apenas 1% do lixo urbano, dos quais 13,5% correspondem a material plástico. Levando em consideração um montante diário de 1200 toneladas, são 162 toneladas diárias soterradas no aterro sanitário municipal (TAVARES 2008).

Figura 26 - Catadoras da COOPVILA



FONTE: AUTOR

Figura 27 - Esferas coletadas



FONTE: AUTOR

5.2 O processo de assepsia do material coletado

Uma vez que o material provém da coleta seletiva do lixo urbano, foi de grande importância a escolha de um processo de assepsia eficaz. Nossa escolha se baseou em métodos encontrados em manuais de enfermagem (DA SILVA, 2004). Todo material coletado foi vertido em um recipiente contendo 5L de água e 10 mL de detergente. Em seguida, aquecemos a mistura até atingir a ebulição. As esferas e os palitos permaneceram em contato com o líquido durante 15 (quinze) minutos aproximadamente. Imediatamente após a retirada do material do banho quente, transferimo-lo para um recipiente com água à temperatura ambiente, contendo solução de hipoclorito de sódio (água sanitária). Usamos um recipiente (400 mL) contendo “água sanitária” para 10L de água potável. A mistura, periodicamente foi revolvida, a fim de forçar um contato maior entre as partes e permaneceu assim durante 30 minutos. A retirada do hipoclorito de sódio remanescente foi efetuada através da lavagem em água corrente.

5.3 Equipamentos de proteção

Os equipamentos de proteção individual (E.P.I.s) que achamos necessários foram: o jaleco e os óculos de segurança. Uma vez que a combustão do polietileno emite negro de fumo (produto não tóxico), vapor d'água e dióxido de carbono, não sentimos a necessidade do uso de máscaras ou exaustor.

5.4 A oficina

Através de oficinas (Figura 28), com duração de 2 horas, cada professor tomou conhecimento da técnica para confeccionar seu próprio modelo molecular a ser aplicado em sala de aula na conveniência dessa intervenção. Os registros que serviram de subsídios para a análise subsequente, se deram por questionários (Anexos A e B). Primeiramente, cada participante respondeu a um questionário com o intuito de caracterizarmos o professor pesquisado e sua familiaridade com o uso desse objeto de aprendizagem em suas aulas. Após o término da oficina, aplicamos um segundo questionário, objetivando coletar subsídios referentes às dificuldades encontradas na.

confeção do modelo molecular, bem como sobre o potencial desse objeto de aprendizagem em fomentar no aluno para a prática da conscientização ambiental

Figura 28 - Oficina na I Semana de Ciência e Tecnologia de Arapiraca-AL

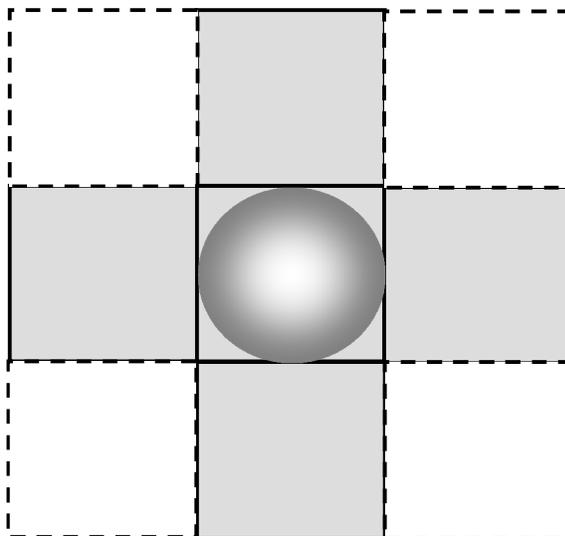


FORTE: AUTOR, 2012

5.5 Construção do modelo molecular

Além das esferas e palitos de pirulitos, para a marcação dos ângulos de ligação dos átomos, confeccionamos uma caixa cúbica de papelão (Figura 29) cuja aresta coincide com o diâmetro da esfera utilizada.

Figura 29 - Molde da caixa de papelão



FORTE: AUTOR, 2012

As esferas foram perfuradas com um prego aquecido sob a chama da vela. Utilizamos pregos que possuíam a “cabeça” com diâmetro semelhante ao da secção circular da haste de pirulito selecionada. Fixamo-lo parcialmente em um pequeno pedaço de madeira de aproximadamente 10 cm (Figura 30), formando um cabo isolante.

Figura 30 - Pregos com cabo isolante de madeira



FONTE: AUTOR,2012

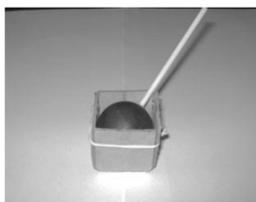
Os procedimentos que seguimos para a marcação dos ângulos de ligações do carbono em hibridização sp^3 estão listados a seguir:

1º) Introduzimos a esfera na caixa de papelão e furamo-la em dois vértices opostos (Figuras 31 e 32);

2º) Reposicionamos a esfera em dois vértices da base da caixa (Figura 33) e inserimos as duas hastes;

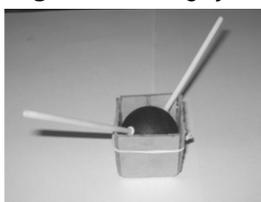
3º) Analogamente, furamo-la em dois vértices alternados e opostos aos dois primeiros (Figura 34), conseguindo por fim, o tetraedro (Figura 35).

Figura 31 - 1ª ligação



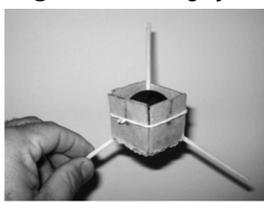
FONTE: AUTOR,2012

Figura 32 - 2ª ligação



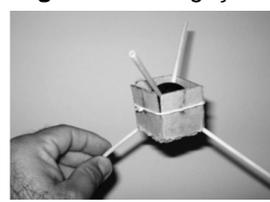
FONTE: AUTOR,2012

Figura 33 - 3ª ligação



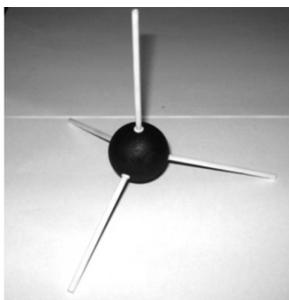
FONTE: AUTOR,2012

Figura 34 - 4ª ligação



FONTE: AUTOR,2012

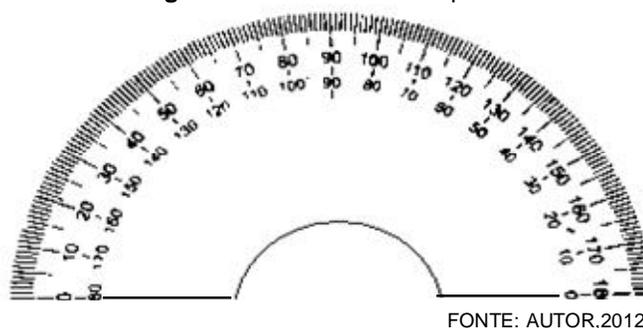
Figura 35 - O tetraedro formado



FONTE: AUTOR,2012

É possível verificarmos se as ligações atingiram a configuração tetraédrica ($109^{\circ} 28'$) por dois procedimentos simples: com o auxílio da régua posicione as hastes de forma que todas estejam com o mesmo comprimento; em seguida, deixe o conjunto sob uma superfície plana e verifique se a haste que está para cima encontra-se na vertical; repetimos esse procedimento com as demais hastes. Outra forma seria utilizar um transferidor escolar adaptado, onde em sua base, cortamos um semicírculo com mesmo diâmetro da esfera a ser medida (Figura 36), assim teremos uma precisão maior na determinação dessa angulação.

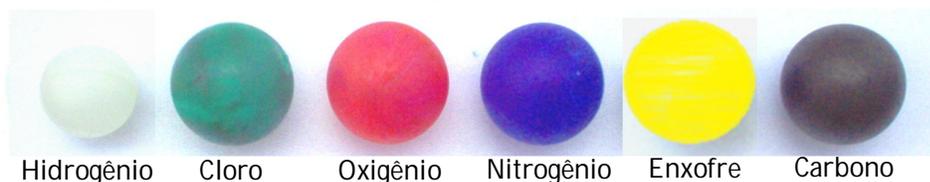
Figura 36- Transferidor adaptado



FONTE: AUTOR,2012

O *kit* molecular (Figura 37 e 38), destina-se ao uso individual, e é composto por: 7 átomos de carbono (esferas pretas), 14 átomos de hidrogênio (esferas sem pintura), 3 átomos de oxigênio (esferas vermelhas), 2 átomos de nitrogênio (esferas azuis), 2 átomos de halogênios (esferas verdes), 1 átomo de enxofre (esfera amarela), 1 átomo de boro (esfera branca) e 20 ligações (hastes de pirulitos). Apesar de podermos retrainr as hastes neste *kit*, optamos por distinguir o dimensionamento das ligações.

Figura 37 - Átomos pintados seguindo a padronização de cores C.P.K.



Hidrogênio

Cloro

Oxigênio

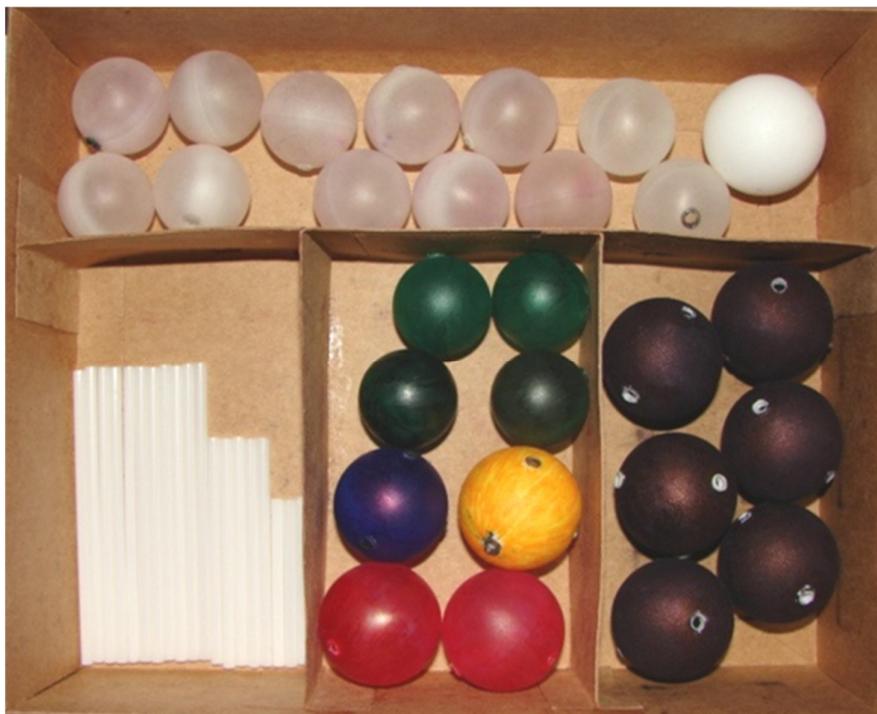
Nitrogênio

Enxofre

Carbono

FONTE: AUTOR,2012

Figura 38 - O *kit* molecular pronto

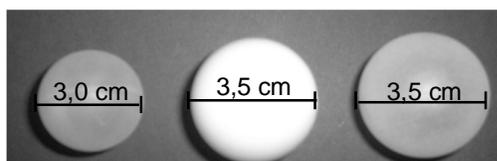


FONTE: AUTOR, 2012

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a aquisição do material constatamos a existência de dois volumes de esferas, com os seguintes diâmetros: 3,5 cm e 3,0 cm (Figura 39). Assim, optamos por pintar as esferas e todas que compuseram o *kit* teriam o mesmo volume, exceto os átomos de hidrogênio e os halogênios, representados pela esfera de menor volume.

Figura 39 – Volumes das esferas coletadas



FONTE: AUTOR, 2012

O processo de assepsia executado é eficaz no combate aos microorganismos patogênicos que por ventura, existiam no material. A escolha de outro método de desinfecção, como por exemplo, vapor saturado sob pressão (autoclave) ou solução diluída de permanganato de potássio dependerá, logicamente, dos recursos disponíveis ao professor em seu laboratório.

O hipoclorito de sódio possui ação rápida, baixo custo e baixa toxicidade. É de fácil manuseio e tem propriedade de desodorização. A solução diluída é indicada para a desinfecção de artigos plásticos e de borracha. (DA SILVA, 2004)

Optamos por este método, por ser de fácil aplicação, baixo custo e de efeito garantido. Aliás, em nosso trabalho, nos momentos onde tivemos que escolher entre um procedimento ou outro, priorizamos as condições expostas anteriormente, já que nossa pretensão é a de que o modelo molecular seja utilizado não somente na rede particular de ensino, a qual comumente possui uma quantidade maior de recursos disponíveis, mas principalmente na rede pública, geralmente escassa em tais recursos e com alunos de baixo poder aquisitivo.

A obtenção das ligações nos ângulos corretos, consistiu na maior dificuldade quando nos propusemos a construir um modelo molecular artesanal. Tal dificuldade é justificada pela busca da exatidão dos ângulos das quatro ligações do carbono em hibridização sp^3 configurando-se em um tetraedro regular, com seus pares de elétrons ocupando os vértices alternados desse imaginário tetraedro.

Abordamos a seguir apenas a construção do modelo para o carbono em sp^3 , porém propriedades que o possibilitaram foram extensíveis ao carbono em hibridização sp^2 e sp e aos demais elementos químicos.

Pintamos os átomos seguindo a padronização de cores C.P.K. utilizada pelos atuais modelos comerciais. Diversas tintas foram testadas no afã de encontrar o melhor resultado, no entanto, o marcador permanente foi o que obteve uma maior diversidade de cores e uma melhor relação custo-benefício (R\$ 1,00 a unidade), perfazendo um total de R\$ 5,00. Na ocasião, conseguimos pintar as esferas contidas em 4 *kits*, o que reduziu consideravelmente o custo com esse material. Vale salientar que não encontramos atualmente, um só modelo comercial capaz de suprir a carência da construção de moléculas com geometrias não triviais como é o caso da trigonal plana, bipiramidal de base quadrada, bipiramidal de base triangular, octaédrica, entre outras. Já com o modelo proposto, todas as geometrias sem exceção, puderam ser montadas.

Sugerimos que o professor estimule os alunos para a coleta dos recipientes do tipo *roll-on* lançados de mão em sua própria residência. Dessa forma, compreendemos que estaremos incentivando a consciência ambientalista, como uma ação possível de tornar-se hábito. Lembramos, nesse caso, a necessidade de um planejamento cuidadosamente elaborado, afim de que o trabalho extraclasse, seja concluído em tempo hábil. Na primeira série do ensino médio (E.M.), por exemplo, os conteúdos onde o modelo molecular possa estar presente, são normalmente ministrados a partir do 2º bimestre, logo, nossa sugestão é de que os alunos comecem a coleta no início do 1º bimestre, já que o volume de material produzido em cada residência é, quando comparado ao da unidade de coleta seletiva, significativamente menor.

Os palitos de pirulito poderão ser adquiridos de forma semelhante, no ambiente da escola. Acreditamos que essa alternativa, além de fomentar a prática da coleta seletiva do lixo para o cotidiano do aluno, reduz o custo; dois fatores que poderão nortear a escolha do professor.

6.1 Síntese e análise das respostas aos questionários

Em relação à primeira questão: “Qual sua maior titulação em Química?” 3 professores responderam possuir mestrado em Química, 17 responderam possuir a graduação como maior título.

À segunda questão: “Há quanto tempo você leciona Química?” 13 professores responderam que lecionam de 1 a 5 anos, 5 responderam “de 6 a 10 anos” e apenas 2 responderam que lecionam Química há mais de 10 anos.

Na terceira questão: “Em que segmento do ensino você leciona?” 11 professores responderam que ensinam em ambas redes de ensino, 4 responderam “apenas na rede privada” e 5 professores responderam “apenas na rede pública” de ensino.

Em relação à quarta questão: “Em qual(is) nível(eis) você, atualmente, ensina?” 12 responderam que atuam no ensino fundamental e médio, 5 responderam “apenas no ensino médio” e 3 responderam “apenas no fundamental”.

A quinta questão era: “Qual tipo de modelo molecular você costuma utilizar?” 6 professores responderam “físico artesanal”, 5 responderam que nunca utilizaram e 8 responderam “físico comercial” e 1 professor respondeu “virtual”.

A sexta questão era: “Na sua opinião, qual tipo de modelo molecular mais favorece o processo de ensino-aprendizagem?” Os 20 professores responderam “físico”. Percebe-se claramente uma consciência, por parte do professor da necessidade da intervenção de um modelo molecular do tipo físico. Sabemos que muitas escolas atualmente não possuem tais modelos como material cativo, cabendo ao professor, fazer uso do improvisado na confecção de um modelo artesanal. Cabe-nos realçar que apesar da existência de computador na maioria das escolas e inúmeros softwares gratuitos disponíveis; foi escolhida quase que unânime o uso e aplicação de modelos físicos, reforçando ainda mais o que mostram as pesquisas sobre qual tipo de modelo seria mais eficaz.

Em relação à sétima questão: “Na maioria das escolas em que leciono...” 7 professores responderam que não há modelo molecular, 4 responderam “o modelo é do tipo físico comercial” e 9 responderam que o modelo é do tipo físico artesanal.

À oitava questão: “Quando utilizo esse objeto de aprendizagem, geralmente”: 13 professores responderam que a aula é demonstrativa, onde na maior parte do tempo, ele o manipulava, 3 professores responderam “cada grupo de alunos, possui

um modelo molecular físico de uso coletivo”, 4 responderam “cada aluno manipula um modelo molecular físico”. Sabemos que a manipulação individualizada é a melhor escolha em sala de aula, na qual gradativamente a aprendizagem acontece, por tentativa e erro.

Em relação à nona questão: “Liste abaixo o(s) conteúdo(s) em que o modelo molecular já o auxiliou em sala de aula”, encontramos as mais diversas respostas para essa questão: ligações químicas, propriedades químicas, Química Orgânica, substâncias puras e misturas, geometria molecular, estrutura da molécula, isomeria, polaridade, estados físicos da matéria, forças intermoleculares, balanceamento das equações, polímeros e biomoléculas. Quando comparamos os conteúdos escritos pelos professores aos da tabela 1 percebemos uma redução significativa nas possibilidades de seu uso.

O questionário nº 2 (Anexo B) foi aplicado logo após o término da oficina. As perguntas nesse caso, constituíram nosso *feed-back* do processo de confecção do modelo molecular proposto. Em relação à décima questão: “Quanto ao nível de dificuldade na confecção desse modelo molecular você achou”, 19 professores responderam “fácil” e 1 respondeu “muito fácil”. A resposta favorável a essa pergunta é de fundamental importância para que o modelo molecular venha a ser efetivamente construído e disseminado nas escolas, uma vez que o professor é o principal difusor de nosso trabalho.

Na questão 11: “Na sua opinião, seus alunos poderiam, sob a supervisão de um adulto ou professor, confeccionar esse modelo molecular?” Todos os 20 professores responderam “sim” . Aqui, estávamos interessados em saber sobre a possibilidade do próprio aluno confeccionar o modelo, conforme mencionamos, pois se configura como um momento único para sua aprendizagem, questionando o número de inserções nas esferas, suas cores e ângulos e o tamanho para cada átomo.

Em relação à questão 12: “Na sua opinião, o modelo molecular proposto, poderá de alguma forma contribuir para uma conscientização ambiental? Justifique.” Os 20 professores concordaram que de alguma forma haverá uma contribuição para fomentar uma conscientização ambiental entre os alunos envolvidos nessa atividade. As justificativas convergem e enfatizam sobre a origem e natureza da

matéria-prima (plásticos) em reuso, dando um novo destino para aquilo que seria considerado lixo, gerando um sentimento de educação (ambiental) dentro da perspectiva da sustentabilidade. Consequentemente, levará ao aluno a repensar sobre seus hábitos de consumo.

A última pergunta (nº 13) do questionário foi: “Quais as vantagens e(ou) desvantagens que esse modelo molecular apresenta em relação aos atuais modelos comerciais físicos que você conhece?” As respostas foram transcritas, em suma, na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 - Vantagens e desvantagens apontadas pelos professores pesquisados

Vantagens	Desvantagens
Material de fácil acesso	Conexões imperfeitas
Confecção própria	Limitações na marcação das ligações para formar o tetraedro
Fácil montagem	Tempo para a confecção
Material de baixo custo	A necessidade de uma oficina
Fácil visualização	
Aprendizagem motivada	
Feito pelos alunos	
Detalhe na confecção	

FONTE: AUTOR, 2012

6.2 Uma possível aula experimental

O roteiro da aula experimental que estamos propondo (em anexo) é direcionado a alunos do 9º ano do Ensino Fundamental ou do 1º ano do Ensino Médio. Sugerimos ainda, no afã de maximizar o aprendizado, que a turma seja dividida em grupos com no máximo 4 alunos, onde cada grupo ficaria com uma fonte de aquecimento (bico de Bunsen, isqueiro ou mesmo uma vela), porém, os marcadores permanentes serão de uso coletivo. Seria proveitoso que a turma possuísse um conhecimento prévio sobre polímeros, bem como noções sobre reciclagem e modelo molecular e que conheça as características do

polietileno, aproveitando para que algumas delas possam ser comprovadas no transcorrer da oficina.

Os professores pesquisados reconheceram como vantagens desse modelo molecular:

I) Um custo médio que representa cerca de 8% a 15% do valor despendido na aquisição de um modelo molecular comercial;

O custo dos materiais recicláveis para a montagem de um *kit* molecular está listado na tabela a seguir:

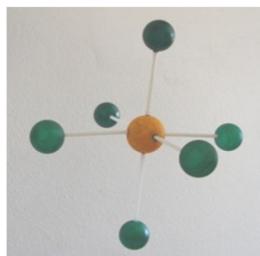
Tabela 6 - Custo do *kit* molecular

Material	Quantidade	Custo unitário	Total
Esferas de polietileno	28 unidades	R\$ 0,10	R\$ 2,80
Caixa em papelão reciclado	1 unidade	R\$ 1,50	R\$ 1,50
TOTAL →			R\$ 4,30

FONTE: AUTOR, 2012

II) A possibilidade da representação de moléculas mais complexas (Figura 40) as quais, geralmente, não estão inclusas nos *kits* comerciais;

Figura 40 - Molécula de SF₆



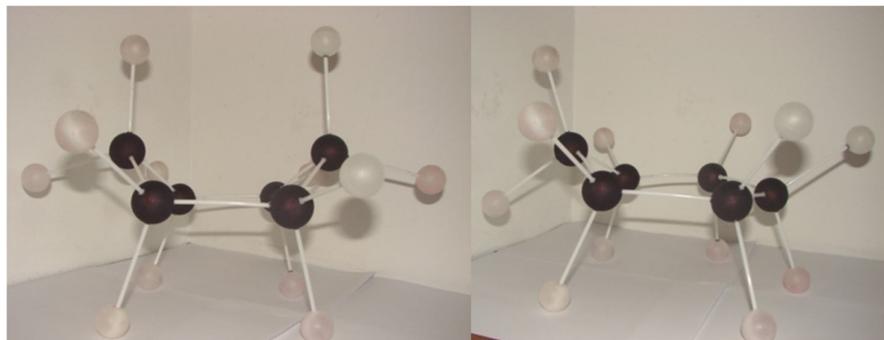
FONTE: AUTOR

III) Com a retração das hastes os professores (ou os alunos) poderão, quando julgarem conveniente, transmutar da representação “bola-vareta” para a representação “espaço-ocupado”.

IV) Podemos representar a força das ligações pelo dimensionamento proporcional;

V) A livre rotação das ligações facilitará a análise conformacional das moléculas (Figura 41).

Figura 41 – Conformações do ciclohexano “em barco” e “cadeira”



FONTE: AUTOR, 2012

VI) No modelo proposto, os alunos com deficiências visuais poderão distinguir os átomos pelo volume e as valências pelo número de inserções na esfera, bem como as ligações pelo tamanho das hastes;

VII) Acreditamos que a utilização do modelo comercial pré-fabricado, suprime um momento significativo para a aprendizagem do aluno, conseguido aqui pela inserção dos furos nas esferas (correspondente às valências dos átomos), contribuindo para a construção do conhecimento.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando nos propomos a elaborar um modelo molecular que pudesse substituir os atuais e onerosos modelos comerciais, percebemos que devido à natureza da matéria-prima utilizada para este fim, poderíamos agregar a esse objetivo o despertar para uma conscientização ambiental. Logo percebemos, a necessidade de uma parceria entre a escola e as entidades (públicas e ONGs) voltadas a essa causa. Dessa forma, por um genuíno processo de sinergia entre ambas, trabalhamos no sentido desse viés ambiental, levando-os a questionar sobre o que de fato é lixo, por conseguinte, o que faremos para minimizar os problemas causados por seu consumo, posterior descarte e como ser adequadamente reaproveitados. Objetivos tais que transcendem a mera confecção de um objeto de aprendizagem por estimular à reflexão sobre a mudança dos valores culturais que sustentam o estilo de produção e consumo da sociedade moderna.

Superando as expectativas, os professores pesquisados evidenciaram nas oficinas realizadas, a possibilidade de utilização deste modelo artesanal por alunos com deficiência visual contribuindo assim de forma efetiva e decisiva para a inclusão social.

Tomando por base as respostas aos testes diagnósticos aplicados aos professores colaboradores, concluímos que o modelo aqui exposto possui um grande potencial para tornar-se exequível em sala de aula e/ou oficinas. Esperamos que por meio de convênios entre as escolas e as unidades de coleta seletiva de lixo, os professores envolvidos possam difundir, numa escala maior, planejada dentro do projeto político pedagógico (PPP), esse objeto como um forte subsunor no processo de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

APPELT, H. R.; OLIVEIRA, J. S.; MARTINS, M. M. Modelos moleculares: passado e presente. **Experiências em Ensino de Ciências**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 7-16, 2009.

BLACK, C. E.; DOLE, M. Molecular models with free rotation. **Journal of Chemical Education**, 18(9), 1941, p. 424-427.

BRADY, JAMES E.; HUMISTON, Gerard E. **Química Geral**, Vol. 1, 2ª ed., Rio de Janeiro: LTC, 1986, p. 155-6.

BRUMLIK, G. C.; BARRETT, E. J.; BAUMGALTEN, R. L. **Framework molecular orbital models**. *Journal of Chemical Education*, 41(4), 1964, p. 221-223.

CAMPBELL, J. A. Structural molecular models. **Journal of Chemical Education**. 25(4), 1948, p. 200-203.

DALE, Edgar. **Método de Enseñanza Audiovisual**, México: Reverte Mexicana, 1966, p. 573.

DA SILVA, Lolita. D.; et. al. **Procedimentos de enfermagem: semiótica para o cuidado**, Rio de Janeiro: MEDSI, 2004, p. 464.

FERREIRA, Oscar. M. C. **Recursos audiovisuais no processo ensino-aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1943, p. 4.

GILLESPIE, R. J., NYHOLM, R. S. **Q. Rev. Chem. Soc.**, 1957, 61, p. 339.

GOIS, J.; GIORDAN M. A semiótica na Química. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 7, 2007.

GONÇALVES, C. L.; BORGES, E. de L.; MOTA, F. V.; SCHUBERT, R. N. **Construção de modelos moleculares versáteis para o ensino de Química, utilizando material alternativo e de baixo custo**. Disponível em <http://www.scielo.br>. Acesso em: 19/03/2011.

GUEDES, Benedito; FILKAUSKAS, Mário. E. **O plástico**, São Paulo: Érica, 1986, p.15-16.

HE, F. C.; Liu, L.-B.; Li, X. Y. **Molecular models constructed in an easyway.***J. Chem. Ed.*, 67(7), 1990, p. 556-558.

HOFFMANN, R. **O mesmo e o não-mesmo**. São Paulo: UNESP, 2000, p.109.

JOHNSON, L. **Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**. Cambridge, UK: Cambridge U.P, 1983.

LATTARI, J. J. C. **O raciocínio espacial no desenvolvimento do Ensino de Química: o conceito de zona de desenvolvimento proximal**. Universidade de São Paulo, São Paulo : 2008, p. 24-26.

LEE, J. D. **Química inorgânica não tão concisa**; Tradução da 5ª edição inglesa, São Paulo: Mackron Books, 1999, p.39

LIMA, M. B. P de LIMA; Carneiro; F. **Construção de Modelos Moleculares para o ensino de química utilizando a fibra de Buriti**. *Disponível em:* <http://www.scielo.br>. Acesso em: 19/03/2011.

MAHAN, M. B., MYERS, J. R. **Química, um curso universitário**, tradução da 4ª edição americana, São Paulo: LTC, 1995, p. 158.

MINNÉ, N. Molecular models in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 6(11), 1929, p. 1984-1985.

NÖTH, W. **Panorama da semiótica: de Platão a Peirce**. 4ª ed. São Paulo: Annablume, 2005.

PIATTI, Tânia M.; RODRIGUES, Reinaldo A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Alagoas: Edufal, 2005, p.12.

PAPERT, S. M. **Mindstorms: children, computers and powerful Ideas**. 2ª ed. New York: Basic Books, 1993, p.32.

PEIRCE, C.S. **Semiótica**. 3ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

ROQUE, N. F.; Silva, J. L. P. B. A Linguagem química e o ensino da química orgânica. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.

TREAGUST, D.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 11, 2003, p. 1353-1368.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 2005, p. 1-10.

TANAKA, J. Inexpensive molecular models for use in the laboratory. **Journal of Chemical Education**, 34(12), 1957, p. 603.

VALENTE; M.; Moreira H. Construção de dois modelos simples de geometrias moleculares para utilização na sala de aula. **Química e Ensino**, São Paulo, v.104, p. 25-26, 2005.

VYGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007, 182 p.

VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

WERTSCH, J.; Forword. In L. S. Vygotsky e A. R. Luria (Ed.). **Studies on the History of Behavior: Ape, Primitive, and Child** (pp. ix-xiii). Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1993.

ZAN; R. A. et al. **A aplicação de sementes nativas da região amazônica como ferramenta no ensino de geometria molecular**. *II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Artigo número: 211, 2010.

ANEXOS**ANEXO A – Questionário diagnóstico Nº 1**

1) Qual sua maior titulação em Química?

- magistério
- licenciatura
- bacharelado
- mestrado
- doutorado
- pós-doutorado

2) Há quanto tempo você leciona Química?

- há menos de 1 ano
- de 1 a 5 anos
- de 6 a 10 anos
- há mais de 10 anos

3) Em que segmento do ensino você leciona?

- apenas na rede pública
- apenas na rede privada
- em ambas redes de ensino

4) Em qual(is) nível(eis) você, atualmente ensina?

- apenas no ensino fundamental
- apenas no ensino médio
- no ensino fundamental e médio

5) Qual tipo de modelo molecular você costuma utilizar?

- nunca utilizei
- físico comercial
- físico artesanal
- virtual

6) Na sua opinião, qual tipo de modelo molecular mais favorece o processo de ensino-aprendizagem?

- físico
- virtual
- não faço distinção entre um ou outro tipo

7) Na maioria das escolas em que leciono

- não há modelo molecular
- o modelo é do tipo virtual
- o modelo é do tipo físico comercial
- o modelo é do tipo físico artesanal

8) Quando utilizo esse objeto de aprendizagem, geralmente ...

- a aula é demonstrativa, onde na maior parte do tempo, eu o manipulo.
- cada grupo de alunos, possui um modelo molecular físico de uso coletivo.
- cada grupo de alunos, possui um modelo molecular virtual de uso coletivo.
- cada aluno manipula um modelo molecular físico.
- cada aluno manipula um modelo molecular virtual.

9) Liste abaixo o(s) conteúdo(s) em que o modelo molecular já o auxiliou em sala de aula.

ANEXO B – Questionário diagnóstico Nº 2

10) Quanto ao nível de dificuldade na confecção desse modelo molecular você achou ...

muito fácil

fácil

difícil

muito difícil

11) Na sua opinião, seus alunos poderiam, sob a supervisão de um adulto ou professor, confeccionar esse modelo molecular?

sim

não

12) Na sua opinião, o modelo molecular proposto, poderá de alguma forma contribuir para uma conscientização ambiental? Justifique.

13) Quais as vantagens e(ou) desvantagens que esse modelo molecular apresenta em relação aos atuais modelos comerciais físicos que você conhece?

Vantagens:

Desvantagens:

ANEXO C – Roteiro experimental para confecção do modelo molecular.

ROTEIRO EXPERIMENTAL

Objetivos: Construção de um modelo molecular físico do tipo “bola-vareta”.

Materiais: bico de Bunsen (isqueiro ou vela), fósforo, 30 esferas de polietileno (12 esferas com 3 cm de diâmetro e 18 com 3,5 cm), 15 hastes de pirulitos, um prego médio (1 ½), martelo, estilete, régua de 30 cm, um pedaço de madeira de aproximadamente 10 cm, papelão, tira elástica, 2 sacos plásticos com fechamento em *zip*, marcadores permanentes nas cores: verde, vermelho, azul e preto.

Procedimentos:

- 1º) Recorte uma tira de papelão de 3,5 cm de largura por 14 cm comprimento;
- 2º) Usando o estilete, marque na tira de papelão linhas verticais a cada 3,5 cm de comprimento, tomando o cuidado para não cortar por completo o papelão;
- 3º) Monte uma caixa com a introdução da esfera envolta na tira semi-seccionada;
- 4º) Fixe parte do prego em uma das extremidades do pedaço de madeira;
- 5º) Acenda o bico de Bunsen (isqueiro ou vela) e aqueça o prego por 10 segundos;
- 6º) Fure a esfera de forma que o furo possibilite depois inserir a haste de pirulito;
- 7º) Introduza uma haste de pirulito no orifício da esfera e recoloque o conjunto, tomando o cuidado de encostar a haste no vértice da caixa;
- 8º) Com o prego aquecido, fure novamente a esfera no vértice oposto à primeira ligação;
- 9º) Introduza outra haste de pirulito no segundo orifício;
- 10º) Faça dois furos nos vértices alternados inferiores aos dois primeiros vértices;
- 12º) Observe a tabela abaixo para saber o número de ligações a fazer em cada átomo;

ÁTOMOS	QUANTIDADE	COR	VALÊNCIA
H	12	Sem pintura	-1
F, Cl, Br, I	3	Verde	-1
O	4	Vermelho	-2
S	1	Amarelo	-2
N	1	Azul	-3
B	1	Branco	-3
C	8	Preto	-4

13º) Introduzindo uma haste como suporte, pinte os átomos conforme a tabela;

14º) Monte seu *kit*, guardando os átomos no saco plástico.

ANEXO D – Registro fotográfico da oficina com professores participantes da
III Semana de Ciência e Tecnologia do Município de Arapiraca-AL

Figura 40 - Inserção das respectivas ligações



FONTE: AUTOR, 2012

Figura 41 - Uso do molde para a obtenção das geometrias piramidal e tetraédrica



FONTE: AUTOR, 2012

Figura 42 - Pintura das esferas conforme padronização CPK



FONTE: AUTOR, 2012

Figura 43 - Inserção das ligações e pintura no átomo de carbono



FONTE: AUTOR, 2012

Figura 44 - Kit molecular confeccionado



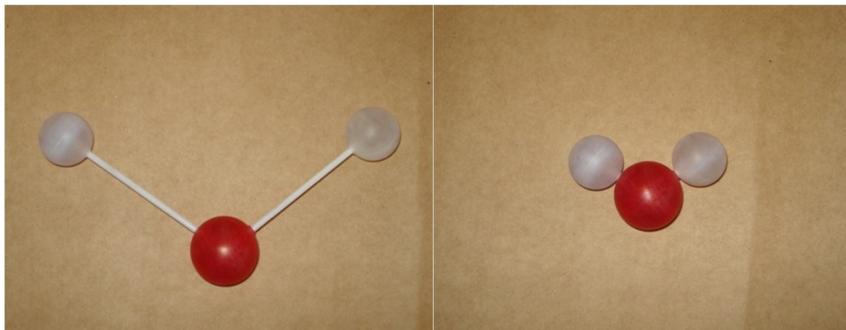
FONTE: AUTOR, 2012

Figura 45 - Oficina na I Semana de Ciência e Tecnologia – UFAL - Arapiraca

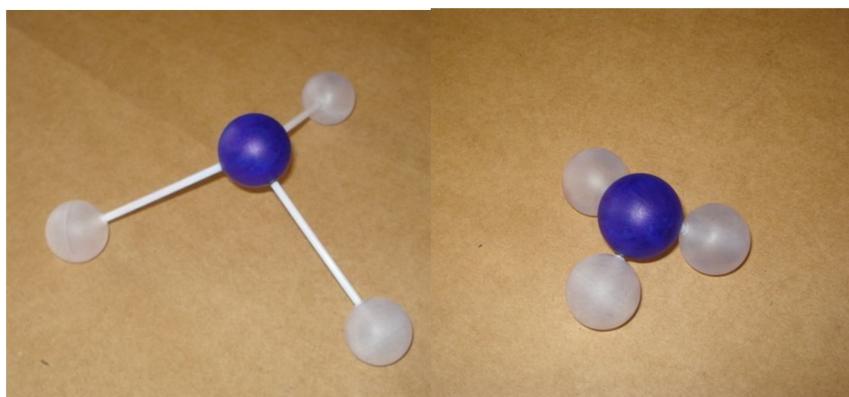


FONTE: AUTOR, 2012

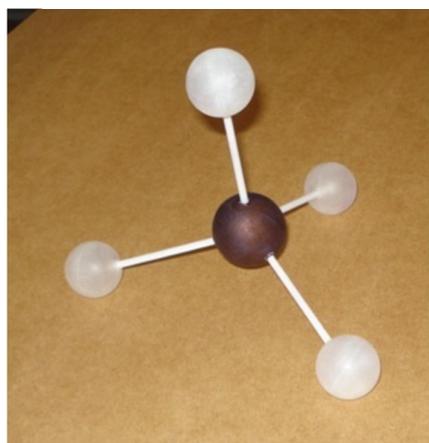
ANEXO E – Exemplos de moléculas representadas pelo modelo molecular

Figura 46 - Moléculas de água no modelo bola-vareta e no modelo espaço-cheio

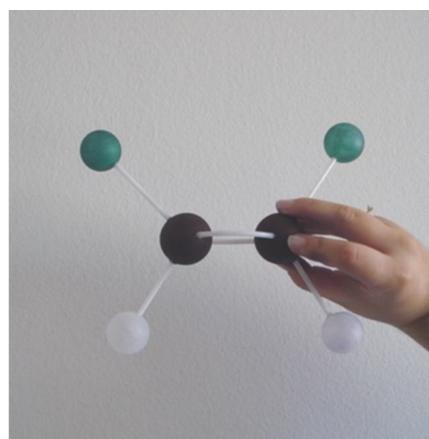
FONTE: AUTOR, 2012

Figura 47 - Moléculas de amônia

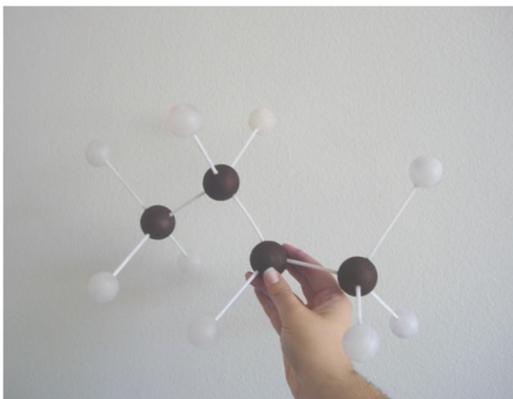
FONTE: AUTOR, 2012

Figura 48 - Molécula do metano

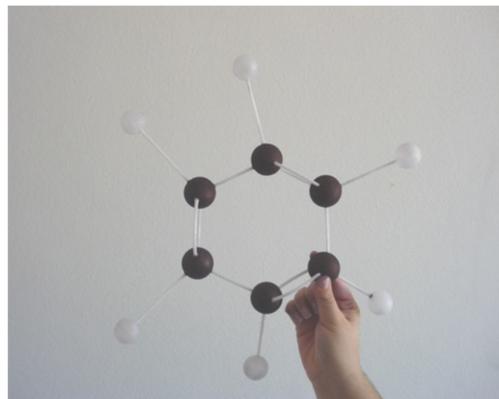
FONTE: AUTOR, 2012

Figura 49 - Molécula do *cis*-1,2-dicloroeteno

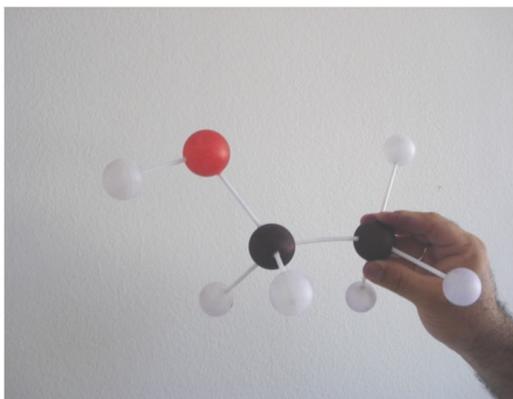
FONTE: AUTOR, 2012

Figura 50 - Molécula do butano

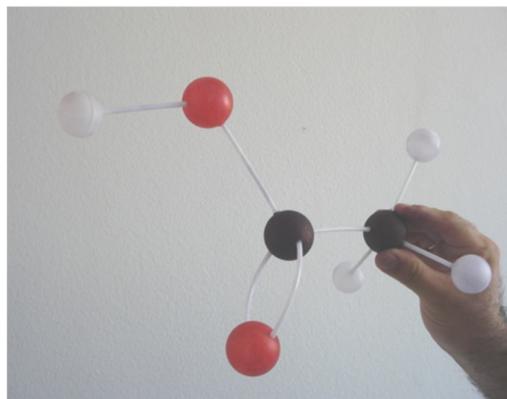
FONTE: AUTOR, 2012

Figura 51- Molécula do benzeno

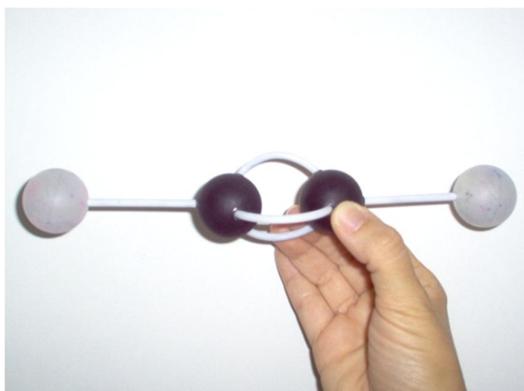
FONTE: AUTOR, 2012

Figura 52 - Molécula do etanol

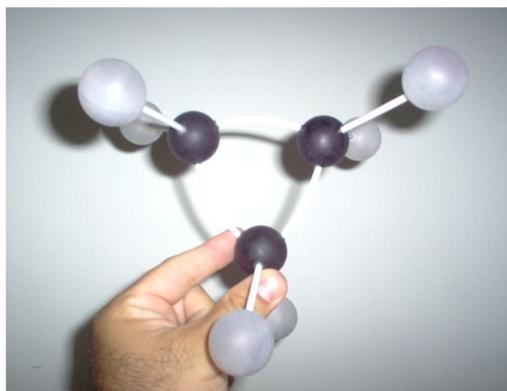
FONTE: AUTOR, 2012

Figura 53 - Molécula do ácido etanóico

FONTE: AUTOR, 2012

Figura 54 - Molécula do etino

FONTE: AUTOR, 2012

Figura 55 - Molécula do ciclopropano

FONTE: AUTOR, 2012