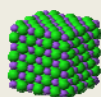
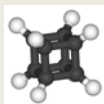


CIÊNCIA E ARTE - 30/3/2011

A PERFEIÇÃO DAS MOLÉCULAS



AS MÚLTIPLAS RELAÇÕES ENTRE QUÍMICA E ARTE

A química ao serviço da arte

Tintas, pigmentos, vernizes, novos materiais
acrílicos e outros sintéticos

Realização e recuperação de produtos
artísticos

AS MÚLTIPLAS RELAÇÕES ENTRE QUÍMICA E ARTE

A estética intrínseca da química

- A elegância dos processos químicos (reações)
- A perfeição das moléculas
- A beleza das estruturas moleculares
- A harmonia da tabela periódica

AS MÚLTIPLAS RELAÇÕES ENTRE QUÍMICA E ARTE

A linguagem da Química

ESTRUTURA
SIMETRIA
REGULARIDADE
REPETIÇÃO
HARMONIA

METÁFORAS
MODELOS
ARTESANATO
ARQUITECTURA
ESCRITA POÉTICA

AS MÚLTIPLAS RELAÇÕES ENTRE QUÍMICA E ARTE

Problemáticas da Química

Representação
Realismo
Imaginação visual
Imaginação microscópica
Comunicação

estruturas
simbologia
ambiguidade
metáfora

Pierre Lazlo

<http://www.pierrelazlo.com/articles>



1938



1937

Roald Hoffmann

<http://www.roaldhoffmann.com/pn/>

Prémio Nobel da Química
(1981)

Hoffman e Lazlo, *Representation in Chemistry*

Ange wandete Chemie UE,30, 1 (1991)

Hoffman, *Molecular Beauty*

Journal of Aesthetics and Art Criticism, 48,3 (1990); *Philosophies of Science*, Jennifer McElean (Ed.), Wadsworth, 1999, pp. 334-340; HYLE, International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. 9, 2003, pp. 3-28

Lazlo, *A palavra das coisas ou a linguagem da Química*

Ciência Aberta, Gradiva, 1995

REPRESENTAÇÃO EM QUÍMICA REPRESENTAÇÃO EM ARTE

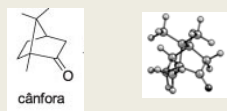
PROBLEMÁTICAS SEMELHANTES?

A ESTRUTURA QUÍMICA É UMA
CONSTRUÇÃO ARTÍSTICA
PORQUE É UMA
TRANSFORMAÇÃO DE UM
MODELO DA REALIDADE
DESTINADA A COMUNICAR

Hoffman e Lazlo, Representation in Chemistry

REPRESENTAÇÃO DAS ESTRUTURAS QUÍMICAS E REALIDADE

Duas representações
da cânfora



“Esses desenhos, que tal como as provetas fazem parte da química, são representações da realidade? Ou seja, são apenas uma versão simplificada construída a partir de interpretação dos padrões de difracção de raios X de um cristal molecular? Numa palavra, são realistas?”

“De facto, eles misturam convenção e realidade”

(Representation in Chemistry, Roald Hoffmann and Pierre Laszlo)

REPRESENTAÇÃO NA QUÍMICA E REALISMO

“As estruturas químicas, esboçadas à custa de rabiscos aparentemente simples, levantam questões interessantes e difíceis acerca do problema da representação.”

A representação das moléculas acompanha o trabalho dos químicos desde os rabiscos iniciais até aos esquemas aperfeiçoados de uma publicação. Serão estes esquemas realistas?

De facto, muitas vezes o realismo não está presente. A escrita de uma estrutura molecular não é inocente.

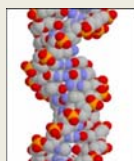
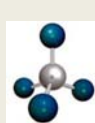
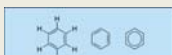
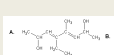


ESTRUTURAS QUÍMICAS, REALIDADE E ARTE



“Muitos dos esboços de estruturas químicas fazem lembrar desenhos primitivos destinados a traduzir a tri-dimensionalidade: eles existem num espaço próprio, fora de qualquer contexto”.

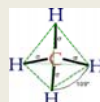
“Talvez sejam “arte”, ou seja, uma abstracção da realidade. Talvez seja interessante reflectir sobre que espécie de arte eles constituem.”



(Representation in Chemistry, Roald Hoffmann and Pierre Laszlo)

Conceitos de estética e estruturas moleculares

Na química da actualidade podem encontrar-se conceitos da estética grega - epitome e arquétipo (Roald Hoffman)



Por exemplo, o metano é um arquétipo, molécula parente de um grupo de moléculas derivadas.



metano



etileno



propano

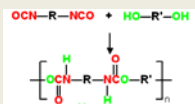


metanol

O CASO DOS POLÍMEROS

(Lazlo, pp. 191-193)

Polímeros são macro-moléculas formadas a partir de unidades estruturais menores (os monómeros)

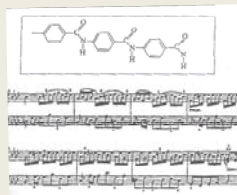


Poliuretano

Exemplos:
Poliéster, Nylon, Dacron, Poliuretano

A beleza de um polímero reside na constituição da estrutura química das moléculas que o compõem. É como um texto de uma grande regularidade onde retornam os mesmos temas como a repetição do ritmo e da melodia na música

POLÍMEROS E ESTRUTURA MUSICAL



Não há um paralelo entre uma melodia de Bach, onde os mesmos grupos de notas são repetidos e a estrutura do Kevlar, o arame cuja resistência ao estiramento é tripla da do aço? (Lazlo, p. 191)

O Kevlar foi inventado por Carothers (1896-1937), também inventor do nylon

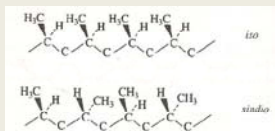
INTERPRETAR UMA FÓRMULA
É O MESMO QUE DECIFRAR UMA PARTITURA?

REPETIÇÃO DO TEMA PRINCIPAL E DO TEMA SECUNDÁRIO tal como na música

Lazlo p. 192

Polímeros estereoregulares inventados por Giulio Natta e Karl Ziegler

Propileno nas suas duas formas, isotáctica e sindiotáctica
O propileno isotático é uma das principais fibras sintéticas



Na forma isotáctica os grupos metilo estão todos do mesmo lado do encadeamento dos átomos de carbono. Na forma sindiotáctica os grupos metilo alternam regularmente para a frente e para trás

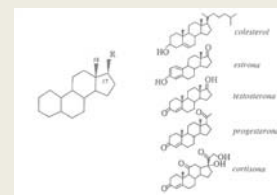
A estrutura molecular, tal como a sonora, cria uma harmonia com resultados diferentes, conforme a sucessão dos módulos regulares.

A ARQUITECTURA MOLECULAR DOS ESTERÓIDES

O mesmo arquétipo diferentes funções

Uma pequena variação do significante (a fórmula química), associada a uma grande variação do significado (a função biológica)

Inúmeras substâncias indispensáveis ao organismo mas com funções muito diferentes são construídas segundo o mesmo modelo (Lazlo, pp. 185-188)



O facto de tantas estruturas aparentadas terem actividades biológicas muito diversificadas mostra que o organismo tira partido de uma mesma matéria prima que é capaz de produzir facilmente

SIMETRIA MOLECULAR, TEORIA DE GRUPOS, PERFEIÇÃO

Tal como nos azulejos

A simetria (molecular) é um conceito fundamental (em química) pois permite explicar muitas propriedades (das moléculas). Eugene Wigner utilizou a teoria de grupos para explicar a vibração molecular.

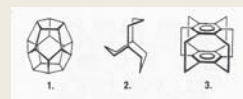
Tal como na pintura

"A simetria evoca a perfeição. Mas por vezes as simetrias, na química, são enganadoras. A simplicidade esconde sentidos revelados pela forma molecular." (Pierre Lazlo)

ESTRUTURAS SIMÉTRICAS DE BELEZA EVIDENTE

exemplos de Roald Hoffman

Roald Hoffman no seu artigo *Molecular Beauty* apresenta uma sucessão de moléculas de complexidade crescente, mas todas simétricas, cuja beleza é óbvia (e que são difíceis de sintetizar)



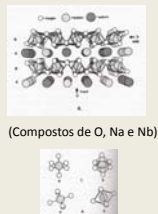
Dodecahedrane (1983), Manxane (1970), Superphane (1979)

Journal of Aesthetics and Art Criticism, 48,3 (1990); *Philosophies of Science*, Jennifer McErlean (Ed.), Wadsworth, 1999, pp. 334-340; HYLE, International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. 9, 2003, pp. 3-28

ESTRUTURAS SIMÉTRICAS/ASSIMÉTRICAS DE BELEZA ESCONDIDA

Em seguida apresenta uma molécula de estrutura mais complexa (moléculas onde átomos de Na, Nb e O se dispõem em cadeia num cristal).

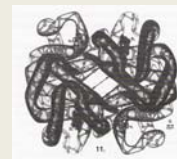
A beleza e harmonia é difícil de descortinar, mas a desconstrução da molécula “revela a sua incrível beleza”



A beleza de moléculas deste tipo reside na sua estrutura que é simultaneamente simétrica e assimétrica, conforme a representação escolhida em que cada uma delas é construída para captar um dos aspectos essenciais da molécula.

ESTRUTURAS DE BELEZA “ENIGMÁTICA”

É difícil de ver nesta molécula um exemplo de beleza. Mas Hoffman diz que a sua forma é “enigmática”, que não é uma beleza “simples”. E acrescenta “a complexidade põe problemas em qualquer estética, seja nas artes visuais, na música ou na química”



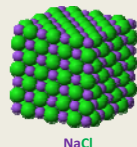
As moléculas podem ser belas pela quantidade de factos que escondem por detrás da sua aparência (como a música, com os seus tons e harmonias)

As moléculas podem ser belas pelos seus milagres (penicilina, morfina)

BELEZA SIMPLES OU COMPLEXA?

“A beleza não reside propriamente na simplicidade ou na complexidade”

A **simplicidade** da rede cúbica das pedras de sal ou a **complexidade** de substâncias como o azul das flores do trigo que muda para o vermelho por alteração de um radical químico ou de um próton no núcleo atómico?



“A ideia de beleza está presente de muitas maneiras, seja nas moléculas, seja nas formas macroscópicas dos cristais, ou em hipóteses e teorias. E, mais do que isso, pode ser considerada como critério de verdade e de exactidão.”

representação visual das moléculas *versus* a sua realidade (ou seja, a relação entre o significante e significado)

BELEZA E SIMPLICIDADE

“Beauty does not reside in simplicity. Nor in complexity, per se. For a molecule or a song, for a ceramic vase or a play, beauty is created out of labor of human hands and minds. It is to be found, precarious, at some tense edge where symmetry, simplicity and complexity, order and chaos, contend.”

Roald Hoffman, HYLE, International Journal for Philosophy of Chemistry, Vol. 9, 2003, pp. 3-28

BELEZA E FUNCIONALIDADE O belo é útil, segundo os teóricos do Bauhaus

Marcada pelo ferro do utilitarismo, a química aí encontra a beleza que lhe dá sentido (Lazlo, p. 185)

O BELO E O FUNCIONAL

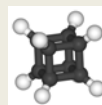
O exemplo do cubano

É o hidrocarboneto de maior densidade conhecido. (um dos chamados hidrocarbonetos platónicos)



O Cubano (C₈H₈) é um hidrocarboneto sintetizado pela primeira vez em 1964 por Eaton, professor de química da Univ. Chicago. Devido à tensão dos ângulos de 90 graus entre as ligações aos átomos de carbono, a possibilidade desta síntese era considerada até então improvável.

Surpreendentemente, porém, a substância, um sólido cristalino, é bastante estável.



<http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/c4.html>

A sua perfeição e a sua simetria associam-se à sua energia.

AS VIRTUDES DAS IRREGULARIDADES ESTRUTURAIS (Lazlo, p. 193)

FABRICO DE FIOS ELÉCTRICOS MOLECULARES



Um cristal de silício activado por um elemento estranho em quantidade ínfima - o poliacetileno.

Os electrões π das suas ligações estão deslocados. Um excesso ou uma deficiência de electrões propaga-se a toda a cadeia, a corrente eléctrica percorre este semiconductor molecular.

O CASO DO AMONÍACO

Uma das substâncias primordiais no aparecimento da vida na terra

A "beleza" de uma vibração (Lazlo, pp.197-200)



Cada molécula de amoníaco do universo está sujeita a um movimento interno de inversão entre estas duas formas, que se processa de forma regular



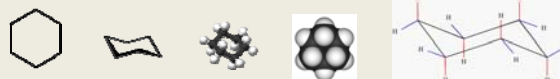
Os masers de amoníaco baseiam-se nesta regularidade.

A beleza desta vibração advém da sua simplicidade
A beleza desta transformação provém da sua generalidade

LINGUAGEM E REPRESENTAÇÃO NA QUÍMICA

IMAGINAÇÃO E LINGUAGEM NA QUÍMICA O CASO DO CICLOHEXANO

A possibilidade de ver, por detrás de uma representação plana a estrutura e a disposição dos diversos átomos implica dois tipos de capacidades. É necessária imaginação para transitar de um conjunto plano para outro a três dimensões, para mudar de uma linguagem para outra.

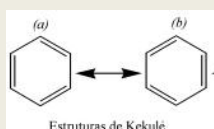


Este exemplo mostra-nos como a componente linguística é um processo de pensamento na química, activado pelos "rabiscos" a que chamamos estruturas químicas

UM PROBLEMA DE REPRESENTAÇÃO (E DE IMAGINAÇÃO)

Foi ao experimentar resolver o problema da fórmula do Benzeno que a química se confrontou, pela primeira vez, a partir de 1860, com a insuficiência da sua representação gráfica.

Kekulé (1829-1896) encontrou uma solução: as duas representações, *em conjunto*, representam a molécula do benzeno



As formas ressonantes de Kekulé (*a* e *b*) (propostas muito antes de Pauling desenvolver seu conceito de ressonância) são as mais aceites para descrever a ressonância no benzeno.

QUANDO SE TORNOU ESSENCIAL A INFORMAÇÃO A TRÊS DIMENSÕES?

Hoffman e Lazlo, p. 8

-Em meados do século XIX houve iniciativas para representar o modo de ligação entre átomos de uma molécula.

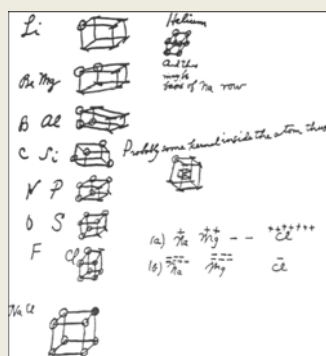
- O estudo do isomerismo levou Pasteur a fazer representações espaciais.

- Em 1874 Van Hoff representa o átomo de carbono tetraédrico, um triunfo do pensamento topológico.



Com as contribuições de Kekulé, de Van Hoff e muitos outros a teoria estrutural da química orgânica impõe-se definitivamente. Desde 1890 a química requer uma capacidade para representar de forma tridimensional.

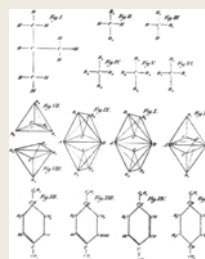
Gilbert Newton Lewis (1875-1946) propôs, em 1902, um modelo de átomo chamado "átomo cúbico"



Manuscrito de Lewis de 28 de março de 1902

<http://200.156.70.12/sme/cursos/EQU/EQ20/modulo1/aula0/aula02/01.html>

Van't Hoff (1852-1911), primeiro Prêmio Nobel em Química e a idéia do carbono tetraédrico (1874)



Publicação de Van't Hoff de 1874 onde se vêem exemplos de carbonos quirais (átomos de carbono com quatro substituintes distintos)



Modelos de carbono tetraédrico de van't Hoff

COMO TRANSMITIR INFORMAÇÃO ACERCA DA FORMA DAS MOLÉCULAS?

Duas moléculas tão pouco diferentes entre si como as duas mãos, esquerda e direita, podem ter propriedades físicas, químicas e biológicas bem diferentes. A disposição dos átomos no espaço não é uma simples curiosidade.

CASOS PARADIGMÁTICOS DA REPRESENTAÇÃO ESPACIAL...

O CASO DA TALIDOMIDA
Pasteur e a isomeria

Pasteur observou o comportamento de soluções de sais de amônio presentes no vinho e viu que os cristais tinham formas assimétricas. Pasteur observou o comportamento das soluções de ambos ao polarímetro (estruturas dextrógira e levógira).

Há moléculas especiais cujos isômeros podem apresentar, além de comportamentos químicos diferentes, comportamentos fisiológicos inesperados.



É o caso, por exemplo, do medicamento "talidomida" usado para enjoos na gravidez durante os anos sessenta do século XX

Porque não foram realizados testes suficientes em relação a um dos isômeros, muitas crianças cujas as mães utilizaram-no nasceram sem dedos das mãos ou pés.

O CASO DA TALIDOMIDA
ISOMERIA ÓPTICA

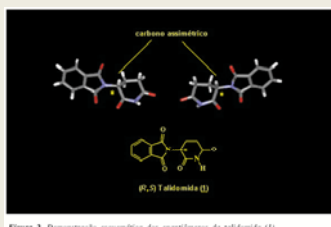
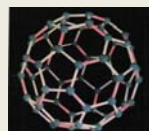


Figura 2. Demonstração esquemática dos enantiômeros da talidomida (1).

A forma é fundamental na química. Na talidomida o fármaco era uma mistura de moléculas isômeras, uma delas causa malformação nos fetos, a outra não. As moléculas são feitas de átomos mas uma estrutura molecular não é um qualquer desse conjunto de átomos. A forma como se ligam os átomos entre si, ou seja, a estrutura tridimensional da molécula determina as suas propriedades e as suas funções.

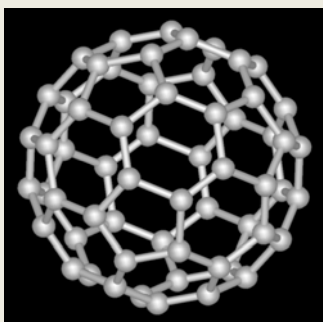
O FUTEBOLENO
Um caso famoso de representação espacial

A crença na harmonia da estrutura química levou Harold Kroto a propôr uma das mais famosas fórmulas dos finais do século XX - a da molécula de C_{60} o futeboleno



Harold Kroto e R. Smalley em 1985 que, inspirando-se nos domos de Buckminster Fuller propuseram uma estrutura para a molécula de C_{60} com pentágonos e hexágonos num arranjo perfeito (prêmio Nobel de 1996)

A partir do lançamento de raios laser sobre o grafite à temperatura de 10^4 °C Kroto e Smalley obtiveram uma série de estruturas químicas com 44 a 90 átomos de carbono (fulerenos), aparecendo em maior concentração aquelas com 60 átomos de carbono



Sua forma é a de um [domo geodésico](#) composto por 12 [pentágonos](#) e 20 [hexágonos](#). Sua fórmula é C_{60} . Os hexágonos mantêm a planaridade (como no grafite que é plano por apresentar somente hexágonos) enquanto que cada pentágono inicia um ângulo de curvatura, sendo necessários 12 pentágonos para fechar a superfície sobre si mesma, formando uma bola.

O fullereno C_{20} apresenta somente 12 pentágonos não possuindo hexágonos. O fullereno C_{70} , que se parece a uma bola de [rugby](#), tem mais hexágonos, porém com o mesmo número de pentágonos.

Devido à sua forma tridimensional, suas ligações insaturadas e sua estrutura eletrônica, os fulerenos apresentam propriedades físicas e químicas únicas que podem ser exploradas em várias áreas da bioquímica e da medicina. Um de seus usos poderia ser o de transporte de medicamentos através do corpo humano, assim poderia-se evitar danos ao corpo através deste. Por exemplo em casos de câncer, em que um dos medicamentos destrói células, com uma leve preferência às cancerígenas.

O CASO DO FUTEBOLENO

Buckminster Fuller, o domo geodésico e o C_{60}



1895-1983

Buckminster Fuller criou o domo geodésico uma estrutura arquitetônica mais leve e forte com melhor relação custo/benefício jamais projectada.

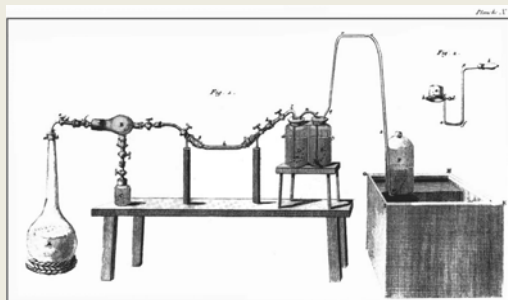
Os conceitos geométricos estudados por Fuller, encontram-se nos vírus, nos quasi-cristais e nos compostos chamados fulerenos – o a terceira forma alotrópica do carbono puro, para além do diamante e da grafite

COMO EVOLUÍU A REPRESENTAÇÃO EM QUÍMICA

No tempo de Lavoisier não havia estruturas químicas (a ideia de elemento começava a tomar forma mas não estava codificada). No entanto havia ilustrações (equipamento). A qualidade das ilustrações no *Traité élémentaire de Chimie* é devida a Marie Anne Lavoisier



O desenho de uma montagem, por Mme Lavoisier

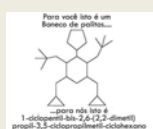


"Traité Élémentaire de Chimie" (Lavoisier, Cuchet, Paris 1789)

ILUSTRAÇÕES PASSADAS DE MANIPULAÇÕES QUÍMICAS



SÍMBOLOS DA QUÍMICA E DAS SUAS APLICAÇÕES

**FIM**