

# carpet tapete

Como citar este texto: VARELA, H. A noção de sistema em química. In: VIRUS N. 3. São Carlos: Nomads.usp, 2010. Disponível em: URL. Acessado em: dd/mm/aaaa.

## A noção de sistema em química

### Hamilton Varela

Engenheiro Químico, Doutor em Química, professor Doutor do Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo e coordenador do Grupo de Trabalho em Sistemas Complexos no Instituto de Estudos Avançados da USP, São Carlos, Brasil.

Uma das primeiras coisas que vem à cabeça quando se pensa em química é provavelmente a idéia de uma reação química. De maneira simplificada, pode-se imaginar um processo em que duas espécies (átomos ou moléculas) reagem dando origem a uma terceira completamente diferente. Apesar da especificidade da natureza química de processos como este, em linhas gerais, as leis reducionistas ou abordagens cartesianas tradicionais utilizadas na física, permanecem válidas em certos processos químicos.

Na grande maioria dos casos, no entanto, processos químicos apresentam comportamento dito complexo sob certas condições. Para tanto, os sistemas devem ser abertos à troca de informação, matéria e energia com o meio ambiente, de forma que esta troca permita que os mesmos sejam mantidos fora do estado de equilíbrio termodinâmico (basicamente o estado em que “as coisas acontecem”). Fora do estado de equilíbrio, sistemas abertos têm geralmente a sua dinâmica descrita por termos não-lineares. Conseqüentemente, a possibilidade de múltiplos estados ou caminhos pelos quais o sistema pode evoluir torna-se uma característica fundamental. Em outras palavras, há uma mudança de foco do ser para o devir, nos termos prigoginianos.

Exemplos paradigmáticos de complexidade química são os chamados processos oscilatórios que resultam do acoplamento de várias reações químicas e que caracterizam a estabilidade dos sistemas vivos. Quando distribuídas no espaço, reações oscilatórias geralmente se auto-organizam, gerando fenômenos como ondas químicas reacionais que transportam informações entre diferentes regiões.

Ondas químicas não são descritas por moléculas ou reações específicas, mas sim pelo acoplamento entre as diferentes reações e processos de transporte de espécies químicas que ocorrem simultaneamente. Redes formadas por diferentes reações químicas vêm assumindo papel cada vez mais importante na química do século XXI, basicamente pela possibilidade de mimetização de algumas características presentes em redes biológicas, mais complexas, mas também mais frágeis e menos tratáveis. Entender a dinâmica destas redes tem implicações em diferentes processos, incluindo a origem da vida.

A presença ubíqua de propriedades emergentes em processos químicos evidencia a necessidade de uma nova forma de lidar com a complexidade. Afinal, novas questões requerem novas abordagens. A noção de sistema em química culminou recentemente na criação da “Química de Sistemas”, que surge com a proposta de um tratamento integrador que tem como objetivo principal avançar no entendimento das propriedades emergentes em sistemas químicos nos quais muitas variáveis são tratadas simultaneamente. Mais que uma superação do paradigma cartesiano vigente, a adoção de abordagens sistêmicas quando aplicáveis ampliará consideravelmente o entendimento de processos químicos complexos.

## Referências

Fontes adicionais para consulta:

“Vida no tubo de ensaio - Propriedades inesperadas de reações podem servir como analogia para entender a vida”. Reportagem de Maria Guimarães para a revista PESQUISA FAPESP, Ed. 165, p.56-57, Novembro 2009.

<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/pdf/165/056-057-165.pdf>

Hamilton Varela, “Química de Sistemas”, JC e-mail 3974, de 23 de Março de 2010.

<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=69818>

Hamilton Varela e Sérgio Mascarenhas, “Sistemas Complexos: mudança de paradigma em marcha”, JC e-mail 3680, de 14 de Janeiro de 2009.

<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=61068>

R. Frederick Ludlow and Sijbren Otto, Systems chemistry (a tutorial review), Chem. Soc. Rev. 37 (2008) 101–108.

Journal of Systems Chemistry: <http://www.jsystchem.com/>

J. W. Szostak, Systems chemistry on early Earth, Nature 459 (2009) 171-172.

Pier Luigi Luisi, The Emergence of Life - From Chemical Origins to Synthetic Biology, Cambridge University Press, 1<sup>st</sup> edition 2006.

Pier Luigi Luisi web site: <http://www.plluisi.org/>

G. M. Whitesides, R. F. Ismagilov, Complexity in Chemistry, Science 284 (1999) 89.

G. M. Whitesides and B. Grzybowski, Self-Assembly at All Scales, Science 295 (2002) 2418.