

- 2 Jensen, W.B.; *J. Chem. Educ.*, (1984), 61, 191.
- 3 Newlands, J.A.R.; *Chemical News*, (1865), 12, 83.
- 4 Mendeleev, D.; "The Principles of Chemistry", 6<sup>th</sup> ed., Longmans, London, Vol. 2, Chap. 15, 1897.
- 5 Abegg, R.; *Z. Anorg. Chem.*, (1904), 39, 330.
- 6 Thomson, J.J.; "The Corpuscular Theory of Matter", Constable, London, Chap. 6, 1907; *Phil. Mag.*, (1904), 7, 237.
- 7 Kossel, W.; *Ann. Physik.*, (1916), 49, 229.
- 8 Lewis, G.N.; *J. Amer. Chem. Soc.*, (1916), 38, 762.
- 9 Langmuir, I.; *J. Amer. Chem. Soc.*, (1919), 41, 868.
- 10 Sidgwick, N.V.; "The Electronic Theory of Valency", Clarendon Press, Oxford, Chap. 10, 1927.
- 11 McWeeny, R.; "Coulson's Valence", 3<sup>rd</sup> ed., Oxford University Press, 1979.
- 12 Cotton, F.A. e Wilkinson, G.; "Advanced Inorganic Chemistry", 3<sup>rd</sup> ed., Interscience Publishers, 1972.
- 13 Musher, J.I.; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, (1969), 8, 54.
- 14 Brill, T.B.; *J. Chem. Educ.*, (1973), 50, 392.
- 15 Coulson, C.A.; *Nature*, (1969), 221, 1106.
- 16 Pauling, L.; *Nature of the Chemical Bond*, 3<sup>th</sup> ed, Cornell Univ. Press, 1960.
- 17 Carrol, J.A.; *J. Chem. Educ.*, (1986), 63, 28.
- 18 Gillespie, R.J.; "Molecular Geometry", Van Nostrand, Reinhold, London, 1972.
- 19 Eberlin, D. e Monroe, M.; *J. Chem. Educ.* (1982), 59, 285.
- 20 Bartell, L.S.; Su, L.S. e Yow, H.; *Inorg. Chem.*, (1970), 9, 1903.
- 21 Kuznetsov, V.I.; Editor, "Theory of Valency in Progress", Chap. 10, Mir Publishers, Moscow, 1980.
- 22 Hay, P.J.; *J. Amer. Chem. Soc.*, (1977), 99, 1003.
- 23 Jolly, W.L.; "The Principles of Inorganic Chemistry", McGraw-Hill, 1976.
- 24 Carpenter, G.B.; *J. Chem. Educ.*, (1963), 40, 385.
- 25 Schleyer, P.V.R.; Wurthwein, E-U. e Pople, J.A.; *J. Amer. Chem. Soc.*, (1982), 104, 5839.
- 26 Schleyer, P.V.R. et al.; *J. Amer. Chem. Soc.*, (1983), 105, 5930.
- 27 Linnett, J.W.; *J. Amer. Chem. Soc.*, (1961), 83, 2643.
- 28 Linnett, J.W.; "The Electronic Structure of Molecules. A New Approach", John Wiley and Sons, Inc., New York, 1964.
- 29 Huheey, J.E.; "Inorganic Chemistry", 2<sup>nd</sup> ed., Harper and Row, New York, 1978.
- 30 Mitchell, P.R. e Parish, R.V.; *J. Chem. Educ.*, (1969), 46, 811.

## EDUCAÇÃO

### QUÍMICA AMBIENTAL: PROPOSTA DE EMENTA PARA UM CURSO A NÍVEL DE GRADUAÇÃO

Wilson de F. Jardim

*Instituto de Química – Universidade Estadual de Campinas; C. Postal 6154; 13081 – Campinas (SP)*

Recebido em 14/12/88

#### ABSTRACT

An Environmental Chemistry programme for undergraduate students coursing their 6<sup>th</sup> semester is proposed. The major aim of this 30 h theoretical course is to supply brazilian students with adequate bibliography, since suitable material dealing with environmental problems in tropical countries is scarce.

*"Neither directly nor indirectly, in fact, can we touch nature by our laws without beginning a new chain of causes, the end of which we cannot foresee".<sup>1</sup>*

#### INTRODUÇÃO

O Brasil recentemente promulgou a sua 8ª Constituição. Nela, um dos pontos importantes é o capítulo destinado ao meio ambiente, o qual coloca o Brasil, pelo menos a nível constitucional, à frente da maioria das nações ditas do primeiro mundo.

De acordo com o capítulo VI da Ordem Social, cabe ao Poder Público, dentre outras atividades relacionadas à preservação do meio ambiente, "promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente".

Esta situação vem, de certo modo, forçar a comunidade científica mais envolvida com o estudo dos problemas ambientais a uma avaliação bastante crítica da estratégia a ser utilizada para que a implementação da educação ambiental seja realmente efetuada, e com sucesso. É também patente para aqueles que estão mais intimamente vinculados aos problemas do meio ambiente que a educação ambiental tem sido abordada de maneira incipiente independentemente do nível de ensino ministrado no país.

Este novo impulso dado ao estudo do meio ambiente deve ser encarado pela comunidade química brasileira como um meio extremamente eficaz e poderoso para se tentar minimizar, ou mesmo erradicar, a associação tão maléfica que se criou entre a química e os desequilíbrios naturais, a química e a insalubridade e entre a química e o artificial, dentre outras tantas associações indesejáveis. Para exemplificar, é hoje disseminado o uso dos rótulos em produtos alimentícios com os dizeres "produto sem química".

Embora seja um assunto inegavelmente multidisciplinar, a química ambiental é um dos sustentáculos na formação dos futuros cientistas ambientais. Frente a esta realidade, e antecipando-se à determinação constitucional, o Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas já vem oferecendo desde o ano letivo de 1987, o curso de Química Ambiental para os seus alunos de graduação.

À procura de uma ementa adequada para este curso, bem como na sua implementação, dois são os problemas mais comumente encontrados: primeiramente, a falta de bibliografia condizente com o nível proposto para o curso e a sua adequação aos problemas brasileiros; em segundo lugar, a falta de pessoal treinado e especializado nesta área do conhecimento, o que faz com que a oferta de cursos deste tipo seja muito pequena.

Neste trabalho serão analisados alguns aspectos importantes do ensino da Química Ambiental. Serão também discutidas as abordagens utilizadas por vários autores e, finalmente, uma proposta de ementa para um curso de 30 horas será colocada para futuras discussões e modificações. Cabe ressaltar que esta carga horária foi determinada pela Comissão de Graduação para o curso teórico.

## OBJETIVOS DO CURSO

Independentemente da escolha de qualquer ementa proposta, um curso de Química Ambiental deve ser estruturado e centrado numa visão holística do meio ambiente. Entende-se por visão holística a aceitação de que todos os compartimentos (ou reservatórios) do ecossistema (incluindo o homem) estão intimamente ligados entre si. Assim, qualquer interação entre os componentes desta complexa matriz implicará numa nova situação de equilíbrio, a qual afetará o ecossistema como um todo. Embora a palavra "holística" tenha sido muito explorada recentemente (e na maioria dos casos de maneira errônea, infelizmente), a *visão* reducionista, ou compartimentalizada deve ser evitada a todo custo. Deve-se lembrar, no entanto, que a *abordagem*

dos problemas ambientais pode ser reducionista, uma vez que existem inúmeros problemas de operacionalidade.

Baseado neste princípio de interações permanentes entre a atmosfera, a hidrosfera e a litosfera, Stearns<sup>2</sup> propõe uma ementa na qual os ciclos biogeoquímicos de alguns elementos são investigados de maneira detalhada. Por exemplo, o fenômeno da chuva ácida é utilizado como o principal veículo para o estudo do ciclo do enxofre. Sob este tópico são explorados alguns princípios fundamentais da química tais como os estados de oxidação do enxofre, reações redox nos diversos reservatórios, inclusive aquelas mediadas por micro-organismos, o aporte de SO<sub>2</sub> na atmosfera oriundo da queima de combustível fóssil e a fotoquímica dos óxidos de enxofre na atmosfera. No seu livro intitulado "Environmental Chemistry", O'Neill<sup>3</sup> também recorre aos ciclos biogeoquímicos, numa abordagem objetiva e atualizada, como forma introdutória ao estudo da química ambiental.

A abordagem via ciclos biogeoquímicos não é, entretanto, a única ou a melhor forma de se focar o nosso ecossistema de uma maneira holística. Os autores Manahan<sup>4</sup> e Moore & Moore<sup>5</sup>, também exploram esta interdependência dos reservatórios numa abordagem diferente daquela descrita acima, tratando-os como sistemas abertos, onde os fluxos de matéria e energia são sempre permitidos. É interessante notar porém que, em todas as bibliografias estrangeiras aqui citadas, os capítulos destinados aos recursos energéticos e fontes alternativas de energia merecem um crivo altamente crítico perante a realidade brasileira. O mesmo se aplica ao estudo das reações fotoquímicas na atmosfera, uma vez que os produtos da reação de combustão do etanol diferem daqueles oriundos da combustão da gasolina.

Outro aspecto de grande importância relacionado ao ensino da química ambiental é o da constatação, por parte dos alunos, de que esta não é uma ciência nova, bem como está longe de ser mais um modismo científico.

Se houver um maior interesse pela preservação do meio ambiente nas últimas duas décadas, isto deve ser atribuído principalmente à organização da sociedade civil (ambientalistas) na década de 60, que alertou os governantes para o crescente problema da produção e do destino final dos resíduos domésticos e industriais. No entanto, problemas aparentemente atuais tais como o das chuvas ácidas já haviam sido diagnosticados há mais de 100 anos, conforme o trecho abaixo transcrito do periódico Nature datada do ano de 1872<sup>6</sup>:

"We accordingly find in the large towns the amount of the sulphate is greatly increased... When the sulphuric acid increases more rapidly than the ammonia, the rain water becomes acid, and when the amount of this free acid reaches two or three grains in a gallon, or forty parts in a million, there is no hope for the vegetation in a climate such as we have in the northern parts of this country. ... Calling the amount of sulphuric acid in sea air 100, the average amount in that of London is 352 and in that of Manchester 513".

E não apenas o fenômeno da chuva ácida, mas a devastação das florestas, a construção de canais, a poluição do ar

material particulado e avaliação do impacto ambiental são alguns dos assuntos discutidos em Nature desde 1869!

## EMENTA PROPOSTA

A ementa discutida abaixo deve ser encarada como uma proposta inicial, a qual foi elaborada levando-se em consideração três aspectos importantes: a) abrangência, b) adequação e c) literatura disponível.

O curso previsto é de 30 horas de teoria e deve ser ministrado preferencialmente para os alunos cursando o 6º semestre, uma vez que serão explorados os conceitos de pressão parcial, difusão e solubilidade de gases, cinética de reações, processos fotoquímicos e de oxidação-redução, complexação, adsorção e precipitação. A parte experimental pode ser adaptada a partir dos artigos de Stearns<sup>2</sup>, Parravano<sup>7</sup> e as referências ali citadas. Na impossibilidade de se criar um curso experimental direcionado especificamente para matrizes de interesse ambiental, esta poderia ser abordada, mediante pequenas modificações, nos cursos experimentais já existentes.

Os assuntos discutidos em sala de aula são complementados com uma lista adicional de 6 artigos, todos em português, os quais abordam vários aspectos da química ambiental:

- a) Tundisi, J.G. (1986). Ambiente, represas e barragens. *Ciência Hoje*, 5 (27), 48-54.
- b) Esteves, F.A. e Barbosa, F.A.R. (1986). Eutrofização artificial: a doença dos lagos. *Ciências Hoje*, 5 (27), 56-61.
- c) Kirchoff, V.J.H., Mota, A.G. e Azambuja, S.O. (1987). Camada de ozônio: um filtro ameaçado. *Ciência Hoje*, 5 (28), 28-33.
- d) Rebello, A.L. (1987). Efeito estufa: uma ameaça no ar. *Ciência Hoje*, 5 (29) 50-56.
- e) Mello, W.Z. e Motta, J.S.T. (1987). Acidez na chuva. *Ciência Hoje*, 6 (34), 41-43.
- f) Jardim, W.F. (1988). Contaminação por mercúrio: fatos e fantasias. *Ciência Hoje*, 7 (41), 78-79.

## CONCLUSÃO

Uma ementa de química ambiental é, pela própria natureza do assunto, uma questão complexa. De acordo com Moore & Moore<sup>5</sup>, o termo "química ambiental" é de difícil definição, e assim sendo, não é de se esperar um consenso sobre quais os tópicos que deveriam ser incluídos num livro texto.

Porém, independentemente da escolha dos temas, um curso de química ambiental deve ser renovado a cada ano, num processo de reciclagem que acompanhe a dinâmica das reações químicas de interesse para o equilíbrio do meio ambiente. Sempre que possível, deve-se enfatizar quais as contribuições do homem neste processo frente às contribuições naturais, e como a preservação da saúde humana pode ser efetivamente resguardada.

Outro aspecto importante que deve prevalecer num curso de química ambiental é o da constatação de que esta não é uma ciência nova, e que os artifícios utilizados pelos alunos para o cálculo da velocidade de oxidação de íons sulfeto presentes numa amostra de água destilada são os mesmos que serão utilizados neste tipo de cálculo para efluentes industriais, rios ou lagos. E que os princípios da fotocloração do benzeno servem para explicar a destruição da camada de ozônio na atmosfera.

## REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> Goadby, E.; *Nature*, (1870) April, 28, 648.
- <sup>2</sup> Stearns, C.; *J. Chem. Educ.*, (1988), 65, 232.
- <sup>3</sup> O'Neill, P.; "Environmental Chemistry", George Allen & Unwin, Londres (1985).
- <sup>4</sup> Manaham, S.E.; "Environmental Chemistry". 4th ed. Brooks/Cole Publishing Company; Monterey (1984).
- <sup>5</sup> Moore, J.W.; Moore, E.A.; "Environmental Chemistry", Academic Press, Nova Iorque (1976).
- <sup>6</sup> Thorpe, T.E.; *Nature*, (1872), August, 22.
- <sup>7</sup> Parravano, C.; *J. Chem. Educ.* (1988), 65, 235.

| Tópicos                                      | Nº horas | Assuntos abordados  |
|--|----------|---|
| Ciclos hidrogeoquímicos                      | 02       | Reservatórios e fluxos:<br>Exemplo: O ciclo do mercúrio na era pré-homem e na era atual.  |
| Processos químicos de interesse na atmosfera | 04       | Composição da atmosfera. Emissões antropogênicas de CO <sub>2</sub> , SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> e CFC. Efeito estufa. Destruição da camada de ozônio. Fotoquímica. O PROCONVE e as consequências do PROÁLCOOL para o meio ambiente. |
| A química e a microbiologia do solo          | 04       | Introdução à química do solo. Acidez e erosão do solo. Micro-nutrientes e adubos sintéticos.  |

|  |    |   |
|--|----|---|
|  |    | cos. Microbiologia do solo. "Land farming", ou tratamento de resíduos por disposição no solo.   |
| Processos químicos de interesse nos sistemas aquáticos | 06 | Composição química de rios e oceanos. A contaminação por compostos químicos e/ou agentes biológicos. Tratamento de água e critérios de potabilidade. Tratamento de esgoto. Mobilidade de poluentes. Contaminação de aquífero. |
| Fontes energéticas                                     | 02 | O quadro energético brasileiro. As barragens e suas conseqüências. Fontes convencionais e alternativas. O lixo radioativo.  |
| Impacto ambiental                                      | 03 | Avaliação de impactos ambientais. RIMA e a legislação. O CONAMA e a atuação da SEMA. Avaliação de riscos.   |
| Tratamento de resíduos                                 | 03 | Resíduos sólidos. Incineração e encapsulamento. Tratamento e secagem de lodos.  |
| Palestra   | 02 | Palestra envolvendo pessoas ligadas ao órgão estadual de controle ambiental, da sociedade civil ou das indústrias.  |
| Avaliação  | 04 |   |

---