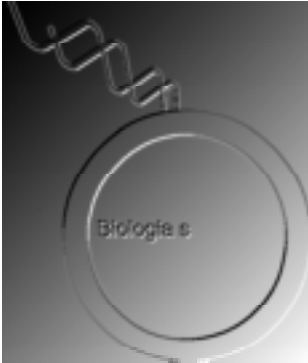


Problemas de qualidade da água: eutroficação e poluição



Maria José L. Boavida

Departamento de Zoologia e Centro de Biologia Ambiental
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Campo Grande C2
1749-016 Lisboa.

Introdução

O planeta Terra é o único com as características que permitem a existência deste tipo de vida que ao longo do tempo evolucionário aqui se desenvolveu. Por esta razão não podemos deixar que este ambiente seja destruído. Para preservar o ambiente é necessário conhecê-lo. Só se pode conhecê-lo depois de o ter estudado. A espécie humana, sendo a única espécie animal com capacidade para realizar este estudo, é também, por paradoxal que pareça, a espécie que mais danos causa ao planeta: são as actividades antropogénicas que estão na origem de todos os desequilíbrios verificados a nível mundial, *e.g.* o aquecimento atmosférico, a diminuição da camada de ozono, o aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, a chuva ácida, entre outros.

Muitos dos desequilíbrios causados no Globo pela actividade humana têm implicações sobre o ciclo hidrológico e, conseqüentemente, sobre a qualidade da água dos ecossistemas aquáticos que se encontram à superfície da Terra (DREVER, 1982; DOMENICO & SCHWARTZ, 1990). Estes efeitos são indirectos. Há, no entanto, também efeitos directos da actividade das populações humanas sobre os ecossistemas aquáticos, sendo de salientar, por mais preocupantes, aqueles que causam a eutroficação e a poluição dos sistemas ecológicos de água doce (WETZEL, 1993).

A grande maioria dos países tem como resposta para os problemas ambientais a formulação de leis que visam sobretudo o desenvolvimento industrial. Mas os problemas ambientais têm a ver com os ecossistemas, e por esta razão as fronteiras políticas dos Estados não podem ter significado quando o assunto é a legislação ambiental. A tendência tem de ser cada vez mais para a celebração de Tratados e Convenções internacionais, na certeza de que só actuando ao nível dos sistemas ecológicos ou até ao nível global se podem prevenir e resolver os problemas.

Princípios ecológicos básicos

Há determinados princípios ecológicos básicos (no sentido de fundamentais) que devem estar subjacentes a quaisquer estudos sobre a qualidade da água. São esses princípios que permitem perceber toda a regulação dos processos físicos, químicos e biológicos, e também a maneira como eles interatuam, como dependem uns dos outros.

Primeiro princípio: Existe em geral a noção de que um ecossistema é constituído por organismos vivos – plantas e animais – que podem ser mais ou menos especializados e vivem num determinado ambiente. Esses organismos formam um conjunto em que há produtores, consumidores, decompositores. Para que esse conjunto de organismos, mais o ambiente físico e químico que os rodeia, constituam um ecossistema e não um amontoado de partes, é necessário que existam relações dos organismos entre si e dos organismos com o ambiente. As relações estabelecem-se através de fluxos de matéria e de energia, através de cadeias tróficas. E o mais importante é que, por definição, um ecossistema é uma unidade funcional, *i.e.* aquilo que se passa numa das suas partes produz efeito a nível geral, a nível de todo o sistema. As partes essenciais constituintes de um ecossistema são: produtores, consumidores, decompositores, matéria orgânica ou detritos e matéria inorgânica. A energia que faz funcionar os ecossistemas é a energia radiante proveniente do Sol.

Segundo princípio: Os elementos químicos são sucessivamente transferidos dos organismos para o ambiente físico-químico e deste novamente para os organismos, cumprindo aquilo que se designa por ciclos biogeoquímicos dos elementos. É importante frisar que as transferências desses elementos químicos, ou nutrientes, que se fazem de uns compartimentos para outros, e as transformações que se dão com a sua utilização, ou seja, a circulação dos materiais, não se fazem só dentro de um ecossistema. Esses processos ocorrem também através das fronteiras, de uns ecossistemas para outros. Assim, os ecossistemas do Globo estão relacionados pelos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes. São também estes ciclos que permitem que se faça a reciclagem dos nutrientes.

Terceiro princípio: Tudo o que se passa nos ecossistemas se faz à custa de transformações de energia. As transformações de energia obedecem às leis da Termodinâmica: primeira lei – nenhuma transformação de energia é 100 % eficiente, há sempre dispersão de energia sob a forma de calor; segunda lei – a energia é sempre transformada de uma forma noutra, nunca é criada nem destruída.

Quarto princípio: Toda a energia necessária ao funcionamento do ecossistema vem, em última análise, do Sol. Pode vir directamente, por meio da fotossíntese, fazendo-se as transferências de energia através da cadeia trófica predatória. Ou pode vir indirectamente, via decomposição, fazendo-se as transferências de energia através da cadeia trófica de detritos.

Quinto princípio: Tudo o que é lançado artificialmente nos ecossistemas fica lá, entra nos ciclos biogeoquímicos dos elementos naturais e vai ter consequências em geral desastrosas para o ecossistema.

Qualidade da água: problemas mais frequentes

Para a manutenção de uma comunidade humana saudável é absolutamente essencial que exista um fornecimento de água pura, *i.e.* uma água límpida e não contaminada por nenhuma espécie de poluente. Esta água será primeiro que tudo a fonte de água potável; em segundo lugar servirá de suporte físico para o desenvolvimento das comunidades aquáticas – produtores primários e consumidores a todos os níveis. Se se pensar numa albufeira de barragem como sendo o reservatório desta água, ela destinar-se-á também, com muita probabilidade, a ser utilizada para irrigação – fins agrícolas – e/ou aproveitamento hidroeléctrico. Tanto a água das albufeiras como a dos rios e principalmente a dos lagos naturais poderá eventualmente servir também a componente recreativa – natação, desportos náuticos, pesca desportiva.

Apesar de ser geralmente reconhecida a importância de manter pura a água que deverá ser utilizada pelas comunidades humanas, na prática acontece que se fazem inúmeras descargas (industriais, urbanas, domésticas) de efluentes potencialmente causadores de poluição directamente para os cursos de água e para os lagos.

Os dois aspectos mais frequentemente considerados quando existem problemas de qualidade da água são a eutroficação e a poluição.

A eutroficação

A eutroficação é um dos estados da sucessão natural dos ecossistemas de lago. À medida que o tempo passa e os nutrientes se vão acumulando dentro da bacia lacustre, vai havendo um desenvolvimento cada vez maior das populações de fitoplacton, observando-se com frequência o aparecimento de *blooms* de algas (WETZEL, 1993). Quando acontece naturalmente, a eutroficação é gradual e muito lenta (demora muitas dezenas de anos a estabelecer-se).

É importante salientar, no entanto, que não há nada de errado com a eutroficação em si mesma. Trata-se de um processo natural, como ficou dito atrás. O que está mal nos processos eutróficos observados nos nossos dias (VOLLENWEIDER & DILLON, 1974) é a taxa a que essa eutroficação se dá: devido a actividades antropogénicas de vária natureza, assiste-se a um acelerar da taxa de eutroficação que, esse sim, por ser muito rápido (pode dar-se em uma dezena de anos) e anti-natural, tem resultados desastrosos. São os *blooms* de cianobactérias, antigamente designadas por algas azuis, os que têm piores consequências para as populações humanas, pois estas algas libertam toxinas causadoras de efeitos desagradáveis e por vezes perigosos para a saúde (VASCONCELOS, 1995). Quando acontece rapidamente em consequência das actividades humanas (MARQUES & BOAVIDA, 1997) a eutroficação pode ter resultados desastrosos também para as populações aquáticas: a diminuição progressiva da concentração de oxigénio dissolvido na água, devida ao desenvolvimento exagerado das algas microscópicas que constituem o fitoplankton e ao aumento extraordinário da decomposição, pode conduzir à morte em massa de peixe. Este fenómeno foi observado em anos sucessivos em albufeiras portuguesas (OLIVEIRA & MONTEIRO, 1980).

O desenvolvimento exagerado dos produtores só pode dar-se porque existe, por um lado, grande quantidade de nutrientes disponíveis na água, e, por outro lado, porque as populações de consumidores não são suficientemente numerosas para conseguirem, por herbivoria, eliminar todas aquelas algas. No próprio fitoplankton há mecanismos de “defesa” contra a herbivoria: assiste-se normalmente, nos ambientes eutróficos, à substituição de uma comunidade de algas unicelulares, fáceis de consumir pelos herbívoros, por uma comunidade constituída por algas filamentosas e coloniais cujas dimensões dificultam ou tornam impossível a ingestão pelos herbívoros.

Há vários meios para controlar a eutroficação, desde os físico-químicos de que é exemplo o arejamento do hipolimnion dos lagos (MCQUEEN & STORY, 1986) até aos métodos em que se modificam, ou manipulam, as populações biológicas (HRBÁCEK *et al.*, 1961) e que por isso assumem a designação geral de biomanipulação (SHAPIRO *et al.*, 1975). Dentro destes últimos métodos pode ainda proceder-se ou (1) actuando de cima para baixo na cadeia trófica, através da comunidade de herbívoros (SHAPIRO, 1973; CARLSON & SCHOENBERG, 1983), ou (2) actuando de baixo para cima na cadeia trófica, através da diminuição dos nutrientes disponíveis (SCHINDLER, 1974).

O mais importante a ter em conta quando se pretende controlar a eutroficação é saber que não há nenhum método que funcione como uma panaceia (SHAPIRO & WRIGHT, 1984; GLIWICZ, 1990). Os lagos são diferentes uns dos outros no que respeita a características como morfometria, tempo de residência da água, idade, hidrodinâmica, penetração da luz, temperatura e pH da água, sobrecarga de nutrientes, sendo por isso necessário estudar cada caso em particular antes de empreender qualquer medida.

A poluição

A poluição dos ambientes aquáticos representa um dos flagelos das autoridades que se preocupam com a qualidade das águas doces necessárias para as redes de abastecimento público. É conveniente não esquecer, ao falar de poluição, que todos os sistemas aquáticos são capazes de absorver uma certa quantidade de poluição sem que isso lhes cause prejuízos. É esta habilidade do ecossistema para absorver e degradar a poluição orgânica, através dos organismos que compõem a sua estrutura trófica, que constitui a capacidade de auto-depuração de um sistema aquático natural. Só depois de ultrapassados os limites de auto-depuração é que a água começa a apresentar sinais de poluição, começando a vida animal e vegetal a ser afectada (estes efeitos são negativos, evidentemente). Consideram-se três tipos gerais de poluição das águas: poluição orgânica, poluição microbiana e poluição inorgânica.

Poluição orgânica: determina-se o grau de poluição orgânica das águas naturais por meio de um teste não específico que dá uma indicação indirecta da quantidade de matéria orgânica presente na água (MCELDOWNEY *et al.*, 1993). O teste mais utilizado para este efeito designa-se por teste BOD_{5d}. Para efectuar o teste são necessárias garrafas especiais e uma sonda para medir a concentração de oxigénio dissolvido na água ou reagentes para a determinar quimicamente.

Segundo o procedimento mais simplificado, faz-se a leitura da concentração de oxigénio dissolvido no início e no fim de um período de incubação de cinco dias às escuras e a 20 °C. A diferença entre as duas leituras compara-se com uma tabela que dá directamente a qualidade da água. Este teste baseia-se no facto de os organismos que decompõem a matéria orgânica presente na água utilizarem oxigénio, sendo por isso o oxigénio utilizado correspondente à quantidade de matéria orgânica que sofreu decomposição.

Poluição microbiana: pode ser causada por uma vasta gama de organismos – vírus, bactérias, fungos, protozoários, nemátodes. Faz-se o exame microbiano para detectar possíveis

organismos patogénicos. Estes são transmitidos por um ciclo fecal-oral: as fezes de pessoas ou animais contaminados vão infectar a água utilizada para beber, para cozinhar ou para tomar banho, transmitindo as doenças.

Os organismos patogénicos vêm para as águas potáveis juntamente com outros que não são prejudiciais à saúde. É sobre estes últimos que incidem os testes de detecção da poluição microbiana, para evitar o risco de cultivar e fazer multiplicar os patogénicos no laboratório. Faz-se assim a pesquisa do nível de poluição, avaliando, pela presença dos organismos não prejudiciais que estão também nas fezes, a probabilidade da existência dos outros (GELDREICH, 1975).

As bactérias fecais indicadoras – assim chamadas – existem em número muito superior ao dos organismos patogénicos, são fáceis de identificar e de isolar, e são ainda mais resistentes do que os patogénicos aos tratamentos de cloro e ozono que as águas de distribuição sofrem. E possuem, evidentemente, a grande vantagem de não serem patogénicas. Há vários microorganismos que satisfazem estas condições. O mais frequentemente adoptado para os testes, tanto na Europa como nos E.U.A., é a bactéria *Escherichia coli*.

Poluição inorgânica: os compostos inorgânicos potencialmente causadores de poluição não são muitos. Dividem-se em dois grupos muito gerais: o grupo dos nutrientes, que, quando em excesso, causam poluição, e o grupo das toxinas ou compostos tóxicos.

Muitos dos compostos tóxicos fazem parte da composição de pesticidas e insecticidas utilizados na agricultura e na pecuária. Em geral tornam-se letais a partir de uma certa dose. Como não são degradáveis, é preciso considerar que o efeito de bioacumulação, a que corresponde sucessivamente um aumento da concentração do produto tóxico, não pode excluir o homem: muitas vezes o produto ainda não é tóxico para o peixe de que o homem se alimenta mas pode causar problemas a um ser humano que se alimente de vários desses peixes. Exemplos de elementos contidos nesses produtos são os metais pesados como o mercúrio, o alumínio, o cádmio (BOUDOU *et al.*, 1991).

No grupo dos nutrientes que causam poluição encontram-se o azoto e o fósforo. Estes elementos chegam às águas naturais ou por dissolução directa à superfície das massas de água (caso do azoto) ou em resultado de erosão das rochas que contêm fosfatos seguida de dissolução na água (caso do fósforo). Este é o processo natural. Mas cada vez mais, de uma maneira não natural, o

azoto e o fósforo que vão parar aos rios e lagos são provenientes da escorrência superficial e subterrânea das terras agrícolas e explorações pecuárias, e ainda dos esgotos urbanos.

São as formas inorgânicas de azoto (o ião amónio, NH_4^+ , o nitrito, NO_2 , e o nitrato, NO_3) que podem causar poluição susceptível de ser perigosa para o homem (McELDOWNEY *et al.*, 1993). Os nitratos e os nitritos raramente se encontram nos sistemas naturais. O ião amónio pode ser particularmente perigoso nos climas quentes em que a temperatura da água se eleva a mais de 20°C. Esta forma ionizada pode converter-se, por captação de um oxidrilo, em amónia não ionizada ou amoníaco, NH_3 , que é tóxico. Esta toxicidade aumenta com o aumento do pH. O ião amónio pode ainda ser perigoso quando, por acção de bactérias nitrificantes, é oxidado para nitrato; a reacção química envolve grande consumo de oxigénio, provocando por vezes a desoxigenação da água.

O que fazer?

Para que os problemas de eutroficação e poluição possam vir a ser evitados, ou pelo menos minimizados, e a água possa ter uma boa qualidade, é necessário fazer uma gestão consciente e cuidada dos recursos aquáticos (HORAN, 1991). Por exemplo, saber quais os poluentes e em que quantidades é que podem ser lançados à água.

Para realizar a gestão das massas de água doce é necessário saber a composição da água-recurso (receptora dos efluentes) e também a composição do efluente que é o potencial poluente. Isto só se consegue fazendo monitorizações periódicas. Para além destes esforços que, por definição, deverão ser mantidos, é aconselhável fazer ainda outro tipo de estudos:

1. Determinar o grau potencial de poluição de modo a avaliar os prováveis efeitos na qualidade da água onde o efluente vai ser lançado.
2. Determinar o tipo e o grau de tratamento a aplicar de modo a tornar o efluente inofensivo.
3. Identificar na fonte poluente possíveis agentes patogénicos humanos.
4. Determinar o fluxo para que, em alguns casos mesmo após o tratamento, o efluente seja sujeito a um adequado efeito de diluição nas águas receptoras.
5. Sempre: avaliar os custos.

Antes de encetar qualquer acção, quer a monitorização levada a cabo com regularidade, quer os estudos de análises pontuais e processos de avaliação de poluição potencial, é necessário definir claramente os objectivos que se pretende atingir. O ideal é estabelecer padrões que servirão de base para a qualidade da água receptora. Isto consegue-se também com programas de monitorização.

Conclusão

Os problemas de qualidade da água que se põem para resolver à sociedade cada vez mais industrializada constituem prova da incapacidade que essa mesma sociedade tem demonstrado quando se trata de lidar com ecossistemas. Isto porque os gestores ambientais em geral não se lembram de que os ecossistemas são extremamente complexos (nunca é demais repeti-lo) e portanto o ambiente não pode ser tratado como qualquer (simples) unidade fabril em que causa e efeito são imediatos e lineares.

As componentes mais sensíveis dos ecossistemas são os organismos vivos. No que concretamente diz respeito à água, os problemas mais pertinentes, a eutroficação e a poluição, são problemas dos seres vivos. A eutroficação corresponde a um desenvolvimento anómalo, por excessivo, de organismos, e assiste-se a uma alteração da biodiversidade nos ambientes eutróficos; a poluição afecta os seres vivos das mais variadas maneiras, sendo os efeitos sempre deletérios. Infere-se daqui que as equipas de gestão ambiental têm de forçosamente integrar biólogos, sendo estes os profissionais melhor qualificados para efectuarem estudos relacionados com a qualidade da água.

Referências

- BOUDOU, A., M. DELNOMDEDIEU, D. GEORGESCAULD, F. RIBEYRE & E. SAOURTER. 1991. Fundamental roles of biological barriers in mercury accumulation and transfer in freshwater ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution* 56: 807-821.
- CARLSON, R.E. & S.A. SCHOENBERG. 1983. The control of blue-green algae by zooplankton grazing. In: *Lake Restoration, Protection and Management*. EPA 440/5-83-001. U.S. Environm. Prot. Agency, Washington, D.C.
- DOMENICO, P.A. & F.W. SCHWARTZ. 1990. *Physical and Chemical Hydrogeology*. Wiley & Sons. 824 pp.
- DREVER, J.I. 1982. *The Geochemistry of Natural Waters*. Prentice-Hall. 388 pp.
- GELDREICH, E.E. 1975. *Handbook for evaluating water bacteriological laboratories*. U.S. Environmental Protection Agency. 195 pp.

- GLIWICZ, Z.M. 1990. Why do cladocerans fail to control algal blooms? *Hydrobiologia* 200/201: 83-97.
- HORAN, N.J. 1991. *Biological Wastewater Treatment Systems*. John Wiley & Sons. 310 pp.
- HRBÁČEK, J., M. DVORAKOVA, V. KORINEK & L. PROCHÁZKÓVA. 1961. Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 14: 192-195.
- MARQUES, R.T. & M.J. BOAVIDA. 1997. Monitoring water quality in the portuguese reservoirs of the River Tejo watershed. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 740-744.
- MCELDOWNEY, S., D.J. HARDMAN & S. WHITE. 1993. *Pollution: Ecology and Biotreatment*. Longman. 322 pp.
- MCQUEEN, D.J. & V.A. STORY. 1986. Impact of hypolimnetic aeration on zooplankton and phytoplankton populations. *Environm. Technol. Letters* 7: 31-44.
- OLIVEIRA, M.R. & M.T. MONTEIRO. 1980. "Blooms" de cianobactérias na Albufeira do Divor. Relatório, Instituto Nacional de Investigação das Pescas. 4 pp.
- SHINDLER, D.W. 1974. Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management. *Science* 184: 897-899.
- SHAPIRO, J. 1973. Blue-green algae: why they become dominant. *Science* 179: 382-384.
- SHAPIRO, J. V. LAMARRA & M. LYNCH. 1975. Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. Proceedings of a symposium on Water Quality Management through Biological Control. Univ. Florida, pp. 85-96.
- SHAPIRO, J. & D.I. WRIGHT. 1984. Lake restoration by biomanipulation: Round Lake, Minnesota, the first two years. *Freshwater Biol.* 14: 371-383.
- VASCONCELOS, V.M.O. 1995. *Toxicologia de Cianobactérias*. Dissertação de Doutorado, apresentada à Universidade do Porto. 136 pp.
- VOLLENWEIDER, R.A. & P.J. DILLON. 1974. The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research. Publicação N° NRCC 13690 do Secretariado para o Ambiente do National Research Council do Canadá. Canada Centre for Inland Waters. 42 pp.
- WETZEL, R.G. 1993. *Limnologia*. Fundação Calouste Gulbenkian. 1011 pp.