

## 2

### **Indicadores Biológicos de Qualidade**

*Mariana Silveira Guerra Moura e Silva; Júlio Ferraz de Queiroz e Susana Trivinho-Strixino*

#### **1. A importância do uso de indicadores biológicos na avaliação da qualidade da água**

Bioindicador pode ser definido como todo parâmetro biológico, qualitativo ou quantitativo, medido ao nível de indivíduo, população, guilda ou comunidade, e que é efetivamente suscetível para indicar condições ambientais particulares que correspondam, quer a um estado estabelecido, quer a uma variação natural, quer a uma perturbação do meio (CAIRNS & PRATT, 1993).

Algumas características peculiares de um bioindicador são importantes para que ele seja definido como tal. A espécie bioindicadora deve possuir exigências particulares com relação a um conjunto conhecido de variáveis físicas, químicas ou ambientais, de tal modo que mudanças na presença/ausência, número, morfologia, fisiologia, ou comportamento da espécie considerada, poderá indicar que uma dada variável física ou química está fora de seus limites (JOHNSON et al., 1993).

A resposta fornecida por um bioindicador pode ser associada ao impacto de um contaminante. A partir disso, é possível afirmar que um organismo acumula um agente tóxico na mesma proporção do nível de concentração desse poluente no meio ambiente, assim como, indica a extensão do período em que o organismo foi exposto a este agente. Quando estes organismos são coletados e seus tecidos analisados, é possível se estimar as concentrações ambientais do composto de interesse.

### *Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de Qualidade de Água*

De acordo com Hellowell (1986) o bioindicador ideal para a avaliação da qualidade de água deve apresentar as seguintes características:

- taxonomia conhecida
- distribuição cosmopolita
- abundância numérica
- baixa variabilidade genética e ecológica
- mobilidade limitada e ciclo de vida relativamente longo
- adequação para uso em estudos de laboratório

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei 9433/97) tem como um de seus objetivos assegurar o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e preservar a diversidade genética. Por esta razão, indicadores biológicos de qualidade de água devem ser adotados para avaliar os impactos ambientais, e contribuir para a elaboração de modelos de gestão ambiental com base na preservação da biodiversidade dos ecossistemas aquáticos.

A poluição pontual associada a poluição não pontual, com exceção dos distúrbios físicos que normalmente ocorrem no ambiente natural, são responsáveis pela degradação da maioria dos corpos hídricos. Atividades antrópicas como a agricultura, mineração e uso da terra para ocupação urbana contribuem para a descarga de efluentes contaminados e para mudanças no habitat físico dos rios e dos lagos. No caso da poluição não pontual, a maior dificuldade para realizar a sua mensuração reside no fato de que faltam técnicas para monitorar e avaliar os seus impactos. Isto ocorre porque a poluição dispersa (não-pontual) pode ser transitória e imprevisível e, neste caso, os métodos tradicionais para a avaliação química da água se tornam inadequados, quando aplicados isoladamente, com o objetivo de determinar e quantificar os impactos causados na qualidade da água.

Por outro lado, a biota aquática é monitora natural da qualidade ambiental, e pode tanto revelar os efeitos de alterações esporádicas, como

### *Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de Qualidade de Água*

também, da poluição cumulativa e crônica, além de alterações em seu habitat (BARBOUR et al., 1995). Mudanças ambientais nos parâmetros físicos e químicos, decorrentes de despejos físicos, químicos ou orgânicos, causam mudanças na biota aquática. No entanto, é preciso ressaltar que são vários os fatores que influenciam a colonização e distribuição das comunidades aquáticas. Assim sendo, o ambiente aquático não pode ser adequadamente descrito simplesmente pelo somatório de todos os parâmetros físicos e químicos que caracterizam o sistema. As interações bióticas são também muito importantes. Listagens de espécies, densidades populacionais, mudanças sazonais na biocenose e diversidade da comunidade em condições naturais (não poluídas), são informações necessárias para avaliar as mudanças na qualidade da água com bases biológicas.

Na proteção dos ambientes aquáticos estão envolvidas muitas espécies com sensibilidades distintas e exigências ecológicas específicas. O indicador máximo e mais eficiente para dimensionar a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos, deve, portanto, ser a “sanidade” da comunidade biológica, que deve ser determinada através de indicadores biológicos (ANZECC/AWRC 1992).

O conhecimento de que diferentes organismos apresentam maior ou menor sensibilidade a determinados poluentes constitui a base para a utilização da biota como indicadora biológica da qualidade da água. Os compostos tóxicos e poluentes podem determinar níveis de tolerância diferentes para algumas espécies, ou para todo o ecossistema, quando estão presentes em certas concentrações. Nesses casos, os critérios de qualidade de água devem se basear em estudos toxicológicos, e principalmente em indicadores biológicos.

Portanto, um bom bioindicador de qualidade de água deve refletir as condições de estresse às quais o sistema está exposto, em função da composição das comunidades presentes nos corpos d'água. Desse modo, os organismos bioindicadores devem integrar respostas relativas à concentração



### *Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de Qualidade de Água*

de poluentes e a intensidade de estresse em função do tempo, levando em consideração que os organismos aquáticos normalmente acumulam xenobióticos, especialmente aqueles que possuem baixa solubilidade na água.

As propostas tradicionais para o manejo da qualidade da água têm a sua origem na preocupação com a saúde pública humana. Práticas de monitoramento e manejo foram inicialmente estabelecidas por engenheiros sanitaristas, microbiologistas e profissionais da área de saúde para avaliar, gerenciar e controlar a contaminação da água causada pelos esgotos e materiais tóxicos nocivos à saúde dos seres humanos. Essa proposta foi posteriormente superada pelo reconhecimento da necessidade de proteger os ecossistemas aquáticos, utilizando dados de testes de toxicidade para estabelecer os graus de tolerância dos organismos aquáticos. O primeiro índice de qualidade de água utilizado a partir de indicadores biológicos foi o Sistema Sapróbio, desenvolvido na Alemanha no início do século XX (KOLKWITZ & MARSSON, 1909).

O Sistema Sapróbio pode ser definido como um sistema composto por organismos aquáticos (bactérias, algas, protozoários e rotíferos), que indicam, pela sua presença e atividade, os diferentes níveis de qualidade da água, a pureza ou a poluição, recebendo assim valores de tolerância. Este sistema se baseia na presença de espécies indicadoras. O termo "sapróbio" significa a dependência de um organismo pela decomposição de substâncias orgânicas como um recurso alimentar (METCALFE, 1989).

De acordo com a visão holística vigente, considera-se que a avaliação da qualidade da água através de indicadores biológicos deve incluir todos os componentes de um ecossistema aquático - fitoplâncton, zooplâncton, bentos, macrófitas, peixes etc. - na medida que dados forem disponíveis. Para os tóxicos e possíveis poluentes, deve ser feita uma tentativa para obter uma amostragem mínima de dados sobre toxidez aguda e/ou crônica (JONSSON, 2000).

## Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de Qualidade de Água

O uso de biomarcadores na avaliação da qualidade da água é bastante comum, e podem ser utilizados componentes biológicos como células, processos bioquímicos, estruturas e funções biológicas, que se alteram quando em contato com compostos xenobióticos, e cujas alterações podem ser medidas e quantificadas (KENDALL et al., 1996). Um exemplo é o desenvolvimento de imunoenaios baseados na inibição da enzima acetilcolinesterase, os quais vêm sendo usados com sucesso na análise da contaminação da água por agentes anticolinesterásicos, tais como organofosforados e carbamatos (CUNHA BASTOS et al., 1991).

## **2. A escolha do bioindicador e as vantagens da utilização de macroinvertebrados bentônicos**

Existem duas abordagens que orientam o uso de medidas biológicas para análise da degradação ambiental. Uma delas é a abordagem “top-down” ou “topo-base”, que analisa diretamente as mudanças no ambiente, e em geral consiste em avaliações ecológicas no nível de comunidades ou ecossistemas, com subsequente diagnose do problema, e determinação do agente causador. A outra é a abordagem “bottom-up” ou “base-topo” que utiliza dados de laboratório, obtidos em simulações simples dos sistemas, para prever mudanças em sistemas naturais complexos. Para Cairns et al. (1993), em uma análise fiel das condições de perturbação do ambiente, o ideal é realizar medidas diretas da saúde das comunidades biológicas, o que permite tanto validar as previsões de impacto obtidas através das metodologias base-topo, como desenvolver mecanismos para implementação de ações corretivas em planos de manejo. Esse processo interativo é conhecido como monitoramento biológico, e se baseia na análise sistemática das respostas das comunidades biológicas e sua comparação com comunidades de áreas preservadas, com o objetivo de avaliar a intensidade das mudanças ocorridas no ambiente.



### *Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de Qualidade de Água*

No caso da abordagem “topo-base”, as comunidades bióticas locais devem ser comparadas com comunidades de habitats similares na região que não tenham sofrido impacto ambiental, isto é, o biomonitoramento parte do princípio que se amostre um local-teste (impactado) em comparação com um local-referência (minimamente impactado ou local-controle).

A variação na tolerância em ecossistemas específicos, isto é, em condições climáticas e geológicas particulares, pode requerer o estabelecimento de normas para a qualidade da água únicas para o ecossistema em questão. Dessa forma, devido a variação geográfica torna-se inapropriado definir normas para indicadores de qualidade de água sem referência às condições locais. O conhecimento das características locais é fundamental, porque vai definir quais são os caracteres de tolerância específicos para os bioindicadores que habitam um local em particular. Estes fatores específicos, freqüentemente, determinam quais são os organismos que podem ocorrer em determinado ambiente. Portanto, pode-se avaliar a qualidade dos fatores - e do próprio ambiente - a partir da ocorrência de organismos, especialmente aqueles estenóicos (cuja valência ecológica seja estreita), e que se configuram nos melhores indicadores. Além disso, a análise experimental da distribuição e da abundância dos organismos fornece a base para a seleção e a utilização de bioindicadores (STACHETTI, 2000).

As vantagens comparativas de utilizar indicadores biológicos de qualidade de água com relação aos parâmetros físicos e químicos são:

a) os indicadores físicos e químicos de qualidade de água não terão nenhuma utilidade para determinar estressores imprevisíveis. Eles são altamente específicos, o que é uma desvantagem quando um estressor não pode ser identificado antecipadamente;

b) os indicadores biológicos são menos específicos que os indicadores físicos e químicos, e são susceptíveis a uma grande variedade de estressores;

### Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de Qualidade de Água

c) os indicadores biológicos devem ser sempre utilizados quando se pretende proteger a função de um ecossistema, e também para monitoramento ambiental em grande escala;

d) as alterações físicas e químicas na qualidade da água afetam diretamente o equilíbrio biológico das comunidades constituintes desses ecossistemas, interferindo na abundância e na composição das espécies, na produtividade primária e na função do ecossistema;

e) o próprio processo de seleção natural das espécies requer que as mesmas se adaptem às condições ambientais locais, características dos diversos ecossistemas aquáticos regionais. Por exemplo: espécies de peixes planctófagas são indicadoras de locais com altas concentrações de clorofila a, grandes variações de oxigênio dissolvido e pH, e também de grandes concentrações de nitrato e fosfato na água;

f) os indicadores biológicos de qualidade de água permitem a avaliação da qualidade da água *in loco* através do uso de organismos testes, como por exemplo, moluscos. Os moluscos são filtradores e acumulam o que está em solução na coluna d'água, incorporando em seus tecidos pesticidas, metais pesados, e patógenos, cujas concentrações podem ser determinadas posteriormente através de análises laboratoriais;

g) rapidez e eficiência na obtenção de resultados; e

h) exigem, em geral, um aparato de coleta relativamente barato, sendo que, ao mesmo tempo, podem fornecer resultados rápidos e precisos, facilitando o trabalho no campo e otimizando a relação custo/benefício.

## Referências

ANZECC/AWRC. **National water quality management strategy. Policies and principles. A Draft reference document.** Canberra: Australian and New Zealand Environment and Conservation Council : Australian Water Resources Council, 1992.

BARBOUR, M.T.; STRIBLING, J.B.; KARR, J.R. The multimetric approach for establishing biocriteria and measuring biological condition. In: DAVIS, W.S.; SIMON, T. P. (Ed.). **Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making.** Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p. 63-80.

CAIRNS JR., J.; DICKSON, K. L. A simple method for the biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottom-dwelling organisms. **Journal of the Water Pollution Control Federation**, v. 43, p. 755-472, 1971.

CAIRNS JR., J.; PRATT, J. R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Ed.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** London: Chapman & Hall, 1993. p.10-27.

CUNHA BASTOS, V. L. F.; CUNHA BASTOS, J. F.; LIMA, J. S.; CASTRO FARIA, M. V. Brain acetylcholinesterase as an "in vitro" detector of organophosphorus and carbamate insecticides in the water. **Water Research**, v. 25, n. 7, p. 835-840, 1991.

HELLAWELL, J. M. **Biological indicators of freshwater pollution and environmental management.** New York: Elsevier, 1986.

JOHNSON, R. K.; WIEDERHOLM, T.; ROSENBERG, D. M. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Ed.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** New York: Chapman and Hall, 1993. p. 195-233.



*Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de Qualidade de Água*

JONSSON, C. M. **Avaliação da toxicidade aguda, crônica e da bioconcentração em organismos aquáticos.** Palestra proferida no "Curso Teórico-Prático sobre Bioindicadores de Qualidade da Água – Métodos Químicos e Biológicos para Estudo da Contaminação das Águas". Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000.

KENDALL, R. J.; BENS, C. M.; COBB, G. P.; DICKERSON, R. L.; DIXON, K. R.; KLAINE, S. J.; LARCHER, T. E.; LAPOINT, T. W.; MACMURRY, S. T.; NOBLET, R.; SMITH, E. E. Aquatic and terrestrial ecotoxicology. In: CASARETT, L. J.; DOULL, J. (Ed.). **Toxicology: the basic science of poisons.** 5<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 1996. p. 883-905.

KOLKWITZ, R.; MARSSON, M. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Berichte der deutschen. **Botanischen Gesellschaft**, v. 26A, p. 505-519, 1909.

METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. **Environmental Pollution**, v. 60, p. 101-139, 1989.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** New York: Chapman & Hall, 1993. 488 p.

STACHETTI, G. R. **Bases ecológicas para a seleção e utilização de bioindicadores em estudos de qualidade ambiental.** Palestra proferida no "Curso Teórico-Prático sobre Bioindicadores de Qualidade da Água – Métodos Químicos e Biológicos para Estudo da Contaminação das Águas". Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000.