

O Desafio da Normatização de Informações de Biodiversidade para Gestão de Águas: Aproximando Cientistas e Gestores

The Challenge of Biodiversity Information Normalization for Water Management: Putting Scientists and Managers Together

Tadeu Siqueira¹ & Fabio de Oliveira Roque^{2,*}

¹ Laboratório de Ecologia Teórica e Síntese, Departamento de Ecologia, Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia, GO, Brasil

² Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, MS, Brasil

Os rios, lagos e áreas alagáveis contêm uma porção minúscula – aproximadamente 0,01% – do total de água do planeta. Nesses ecossistemas estão presentes cerca de um terço de todas as espécies de vertebrados. Plantas aquáticas e invertebrados também apresentam alta diversidade e endemismo (veja o volume especial sobre biodiversidade aquática em *Hydrobiologia*, 595, 2008). Nos últimos anos a preocupação com esses ecossistemas tem aumentado, principalmente por que agora sabemos que: 1) para todos esses grupos citados existem registros de espécies extintas recentemente, criticamente ameaçadas, ameaçadas e vulneráveis; 2) a taxa de perda de biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais é muito maior que em ecossistemas terrestres; e 3) sistemas aquáticos têm sido fortemente alterados por mudanças climáticas atuais, introdução de espécies exóticas, modificação de habitats, superexploração e fragmentação (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Isso coloca esses ecossistemas como os mais ameaçados no mundo. Além da biodiversidade *per se*, os ecossistemas aquáticos continentais provêm serviços essenciais para a humanidade, com destaque para aqueles relacionados ao funcionamento (ciclagem e produção), à regulação (regulação climática, regulação de erosão), aos valores culturais (espirituais e religiosos, recreação, educação) e bens (alimento, água para consumo, recursos genéticos). A gestão desses ecossistemas, incluindo sua conservação e monitoramento, realizados de maneira eficaz e com amparo legal, é, portanto, de extremo interesse para a sociedade em geral.

A gestão de águas embasada em informações científicas é relativamente bem desenvolvida em alguns países da Europa, na Austrália e nos Estados Unidos, mas tem crescido mundialmente nas últimas décadas. Tradicionalmente, os programas de gestão fazem uso de indicadores baseados em variáveis físicas e químicas da água, e em métricas da biota – peixes e macroinvertebrados são os mais usados. Indicadores são utilizados pelas agências ambientais competentes para análise do nível de qualidade ambiental, que então, baseadas em leis ambientais específicas, determinam ações. O uso de dados de biodiversidade em monitoramento de águas não é uma ideia nova. O final do século XIX e início do XX marcou o surgimento do primeiro índice biótico para a análise de qualidade de água – o índice Saprobial – e de muitas outras métricas baseadas na estrutura taxonômica da biota (veja Dolédec & Statzner 2010 para uma revisão sobre o surgimento dos índices mais usados). A partir de então muitos pesquisadores desenvolveram seus próprios índices bióticos ou adaptaram os já existentes para uso em sua região. Nos últimos anos, devido à demanda por avaliações em escala regional e com o aumento da disponibilidade e qualidade de dados, novas abordagens têm sido usadas (e.g., *Biological Condition Gradient* – BCG; Davies *et al.* 2006) e esforços têm sido direcionados para padronização e integração entre sistemas de avaliação e biomonitoramento. Por exemplo, a Convenção Internacional de Diversidade Biológica intensificou a construção de um sistema global de monitoramento de biodiversidade, incluindo indicadores de sistemas aquáticos. Esse sistema visa avaliar suas metas de conservação da biodiversidade, do uso sustentável de seus componentes, e da repartição justa e equitativa dos benefícios advindos da utilização de recursos genéticos. Os países que avançaram em políticas e ações específicas para gestão e monitoramento de suas águas interiores há algum tempo, hoje já são capazes não apenas de avaliar impacto, mas também de monitorar alterações na qualidade ambiental e ações de restauração.

*Send correspondence to: Fabio de Oliveira Roque
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais,
Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD,
Rua João Rosa Goes, nº 1761, Vila Progresso,
CEP 79825-070, Dourados, MS, Brasil
E-mail: roque.eco@gmail.com

A tendência de inclusão de dados de biodiversidade para gestão das águas soa muito animadora, mas será que as informações de comunidades biológicas estão realmente sendo usadas como instrumentos de gestão, disparando mecanismos legais de tomadas de decisão? Em tempos de preocupação devido à recente proposta de alteração do Código Florestal Brasileiro, essa pergunta se coloca ainda mais oportuna. Para ilustrá-la, imagine uma demanda de avaliação de impactos ambientais de uma determinada atividade sobre ecossistemas aquáticos em uma dada região do Brasil. Os agentes públicos do órgão de licenciamento ambiental pertinente, ao elaborar o termo de referência para o estudo se deparariam com a inexistência de padrões legais de referência para orientar a avaliação de componentes bióticos (algumas exceções existem para variáveis microbiológicas; Resolução CONAMA 357: Brasil 2005). A equipe de consultores, por sua vez, necessitará executar o estudo cumprindo o termo de referência com embasamento científico e legal. Considere que, no aspecto técnico-científico, a equipe realizou um ótimo trabalho: fez um desenho amostral adequado para o problema em questão, coletou informações sobre variáveis físicas e químicas da água e de paisagem; avaliou diversas métricas de comunidade em diferentes grupos (e.g., riqueza, abundância relativa, organização funcional, padrões de composição de comunidade); realizou análises estatísticas coerentes com o desenho amostral e concluiu que a atividade ou empreendimento proposto gerará respostas negativas nas medidas de comunidade consideradas. Se o relatório evidenciar alguma variável com valores fora dos padrões estabelecidos legalmente (variáveis físicas, químicas ou microbiológicas da água), provavelmente será disparado algum dispositivo legal de resposta. Entretanto, se apenas as métricas de comunidade forem potencialmente alteradas pelos efeitos deletérios do empreendimento/atividade proposto, é bastante provável que o relatório não disparará qualquer mecanismo de tomada de decisão. Mesmo se alguma espécie listada como ameaçada de extinção for encontrada, a equipe de consultores e os agentes do órgão ambiental não terão referência para tomadas de decisão. Mas por que isto ocorre?

A resposta mais simples e objetiva para esta questão é que no Brasil não existe normatização de parâmetros de comunidades biológicas na legislação ambiental. Parâmetros normativos são aqueles que dependem de normas definidas segundo o ideal de valor humano. Embora a legislação brasileira referente à gestão de águas tenha avançado nos últimos anos (Buss *et al.* 2008), os parâmetros normativos ainda são predominantemente físicos, químicos e microbiológicos (Política Nacional de Recursos Hídricos, CONAMA: Brasil 2005). É preciso ressaltar que a resolução CONAMA (Brasil 2005) contempla o uso de informações de biodiversidade, mas não estabelece qualquer parametrização. Portanto, hoje, ao avaliar um sistema aquático, uma equipe de consultores poderá enquadrá-lo numa faixa de qualidade com base nos valores de algumas variáveis ambientais – informação que também será considerada

pelos agentes públicos – mas não terá qualquer condição legal de fazer isto com base em métricas de comunidade. Consequentemente, a mitigação de impactos ambientais inevitáveis fica restrita a variáveis físicas e químicas da água. Por exemplo, normalmente o agente responsável pelo impacto assume, como condição para obtenção de licença ou autorização ambiental, medidas de manejo para garantir a recuperação da condição ambiental afetada (e.g., concentração de Fósforo na água) em conformidade com o padrão legal. Mas, e a comunidade biológica que teve toda sua estrutura alterada pelo impacto? Qual o padrão de qualidade ambiental deverá ser mantido ou recuperado para a biota?

Muito tem sido feito e publicado no Brasil (veja o volume especial sobre monitoramento biológico em *Oecologia Brasiliensis*, 12(3), 2008), mas ainda há pouca discussão sobre a normatização de indicadores de biodiversidade. Mesmo nos países onde a prática do uso de bioindicadores é mais avançada, na maioria dos casos, eles não são utilizados como parâmetros normativos legais, mas apenas indicadores de condições ambientais. Este problema não está relacionado apenas à falta de vontade política e administrativa, mas também a problemas conceituais, técnicos e operacionais. Por exemplo, quando nos referimos à qualidade de água no Brasil, o conceito normativo subjacente está explícito na resolução CONAMA 357 (Brasil 2005). Porém, quando os trabalhos científicos se referem a conceitos como integridade ambiental e saúde ambiental, estes não possuem respaldo legal e tão pouco são operacionalizados cientificamente. A falta de clareza conceitual e operacional tem resultado em muita confusão e isolamento entre ciência e gestão (Rogers & Biggs 1999). Isso tem gerado fortes críticas sobre o baixo rigor científico em trabalhos de avaliação e monitoramento ambiental. A ciência segue, principalmente, uma abordagem hipotético-dedutiva contextualizada teoricamente, já a gestão ambiental segue uma abordagem normativa/legal com objetivos operacionais. A integração entre conceitos normativos e científicos operacionais é um desafio para aproximar cientistas e gestores. Isto ajudaria a evitar problemas de comunicação e tomadas de decisão. Por exemplo, o uso de conceitos como saúde/integridade/qualidade de ambientes aquáticos não deve ser confundida com a forma de operacionalizar e medir estes conceitos cientificamente. Em outras palavras, no contexto normativo eles representam valores humanos importantes para tomadas de decisão em meio ambiente. Cientificamente eles são ambíguos e frágeis, não permitindo rigor em seu uso e construção teórica, devendo, portanto, ser traduzidos hierarquicamente em conceitos operacionais mensuráveis.

Em termos técnicos, uma provocação pode exemplificar o nosso desafio. Podemos encontrar vários laboratórios de análises químicas ou de ensaios ecotoxicológicos certificados pelo INMETRO, mas um laboratório de ecologia de comunidades certificado? Com todos os seus procedimentos padronizados, incertezas de medidas, erros previstos, controle de informações, credenciamento

de pessoal, parece até algo contra intuitivo. Em relação aos procedimentos (tipo de amostrador, processamento das amostras, sistema de banco de dados, capacitação de profissionais), basta esforço, financiamento e organização. No Brasil, algumas iniciativas já estão surgindo, como a da CETESB (órgão ambiental do Estado de São Paulo) que vivencia um processo de acreditação junto ao INMETRO de seus laboratórios para análises de dados de comunidade.

Normatização de parâmetros de comunidades também enfrentam desafios no âmbito ecológico e biogeográfico. Por exemplo, como estabelecer parâmetros normativos para comunidades biológicas dada a variabilidade natural nesse tipo de informação (os riachos da Mata Atlântica possuem comunidades com características diferentes dos riachos do Cerrado)? Não é tão simples, mas os cientistas defendem duas alternativas principais. É possível regionalizar o estabelecimento de parâmetros normativos considerando as particularidades da biota regional num contexto biogeográfico. Existe um ótimo exemplo para essa alternativa. A Comissão Europeia criou um diretório de trabalho específico para tratar a gestão das águas (*Water Framework Directive* – WFD, para detalhes consulte o sítio <http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/>). Essa diretiva tem como objetivo principal “estabelecer um enquadramento jurídico que visa proteger e recuperar a qualidade da água na Europa, bem como assegurar a sua utilização sustentável em longo prazo”. A abordagem de gestão da água é feita com base nas bacias hidrográficas e estabelece prazos para os Estados-Membros protegerem os ecossistemas aquáticos. Os Estados-Membros identificam as bacias hidrográficas que se encontram no seu território, incluem cada uma delas numa região hidrográfica – que geralmente abrange mais de um Estado-Membro – e realiza uma caracterização geral dos corpos d’água, das pressões de impacto e uma análise econômica dos custos relacionados a sua proteção. Cabe a WFD estabelecer padrões de referência para regiões hidrográficas considerando elementos físicos, químicos, geológicos, hidromorfológicos e biológicos (veja Nôges *et al.* 2009 para uma análise das estratégias da WFD). Por exemplo, para o elemento Invertebrados Bentônicos, são considerados de excelente qualidade aqueles rios cuja “a composição taxonômica e a abundância correspondem totalmente ou quase às que se verificam em condições não perturbadas” (Anexo V–WFD: Directive 2000). Para algumas regiões do Brasil há informação básica e organizada sobre distribuição de biodiversidade aquática que permitem estabelecer parametrização regionalizada. Por exemplo, os dados sobre distribuição de macroinvertebrados em córregos do Sudeste do Brasil, produzidas no âmbito do Programa Biota–FAPESP, permitem inferências sobre padrões de distribuição em áreas de referência considerando escala regional (Roque *et al.* 2010).

Outra alternativa é utilizar traços funcionais das espécies – como tamanho máximo e formato do corpo, estratégia alimentar e duração do ciclo de vida – e então estabelecer parâmetros aplicáveis em escala espacial mais ampla, e

mudar o foco para funções ecológicas (Poff *et al.* 2006). Os traços funcionais representam características biológicas gerais que estão conectadas a funções ecossistêmicas, fornecendo, portanto, uma medida unificadora que pode ser aplicada para avaliar qualidade ambiental em regiões com diferentes composições taxonômicas (Dolédéc & Statzner 2010). A especificidade aqui é em relação ao tipo de impacto. Isto é, a relação traço funcional–resposta deve ser definida para tipos específicos de impacto. Por exemplo, diminuição no fluxo d’água (efeito comum em rios com barragens) deve favorecer organismos maiores e com boa capacidade natatória; poluição orgânica e consequente diminuição de O₂ dissolvido deve favorecer organismos com respiração aérea (Dolédéc & Statzner 2010). Nesse aspecto ainda estamos bem atrasados aqui no Brasil. A quantidade de informação sobre traços funcionais de grupos aquáticos ainda é incipiente – para peixes a situação é um pouco melhor. Ou seja, atualmente não temos condição alguma de fazer uma proposta de parametrização de traços funcionais para gestão de águas no Brasil.

Em ambas alternativas, precisamos entender melhor a distribuição das espécies e organização funcional considerando largas escalas e fatores que influenciam estes padrões em potenciais áreas de referência, para o estabelecimento de limiares que possam ser usados no âmbito normativo. Isto é imperativo no contexto de mudanças climáticas, uma vez que projeções têm indicado uma diminuição das potenciais áreas de referência no mundo e os modelos de análise de qualidade de água baseados em bioindicadores ainda não são sensíveis aos efeitos de mudanças climáticas nos organismos e comunidades (Hamilton *et al.* 2010).

Em síntese, a mensagem principal é: se quisermos realmente inserir informações de biodiversidade em processos decisórios que envolvam mecanismos legais de gestão de águas no Brasil, precisamos aproximar a ciência da tomada de decisão, identificando seus pontos de interação e particularidades, elaborar conexões entre os conceitos normativos e as medidas de biodiversidade a serem usadas, testar a racionalidade, implementação e desempenho de indicadores de comunidade para subsidiarem a construção de instrumentos legais. Além disso, temos que gerenciar laboratórios certificados para avaliar estas medidas e capacitar profissionais para os implementarem. Por fim, imaginem um mundo onde os dados de biodiversidade, particularmente de comunidade, sejam efetivamente usados em tomadas de decisão de forma organizada, testada, normatizada, envolvendo pessoas credenciadas e treinadas para este fim. É neste local que esperamos viver.

Agradecimentos

Agradecemos as sugestões feitas por Marcus Vinicius Cianciaruso, Paulino Medina Júnior e Sidinei Magela Thomaz durante a elaboração desse manuscrito.

Referências

- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, 2005. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF.
- Buss DF, Oliveira RB & Baptista DF, 2008. Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais. *Oecologia Brasiliensis*, 12:339-345.
- Davies SP *et al.*, 2006. The Biological Condition Gradient: a descriptive model for interpreting change in aquatic ecosystems. *Ecological Applications*, 16:1251-1266.
- Directive, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*, L327:1-72.
- Dolédéc S & Statzner B, 2010. Responses of freshwater biota to human disturbances: contribution of J-NABS to developments in ecological integrity assessments. *Journal of the North American Benthological Society*, 29:286-311.
- Hamilton AT *et al.*, 2010. Implications of global change for the maintenance of water quality and ecological integrity in the context of current water laws and environmental policie. *Hydrobiologia*, *in press*.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, D.C.: Island Press.
- Nôges P *et al.*, 2009. Assessment of the ecological status of European surface waters: a work in progress. *Hydrobiologia*, 633:197-211.
- Poff NLR *et al.*, 2006. Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships. *Journal of the North American Benthological Society*, 25:730-755.
- Roger K & Biggs H, 1999. Integrating indicators, endpoints and value systems in strategic management of the rivers of the Kruger National Park. *Freshwater Biology*, 41:439-451.
- Roque FO *et al.*, 2010. Untangling associations between chironomid taxa in Neotropical streams using local and landscape filters. *Freshwater Biology*, 55:847-865.

Recebido: Setembro 2010

Primeira Decisão: Setembro 2010

Aceito: Outubro 2010