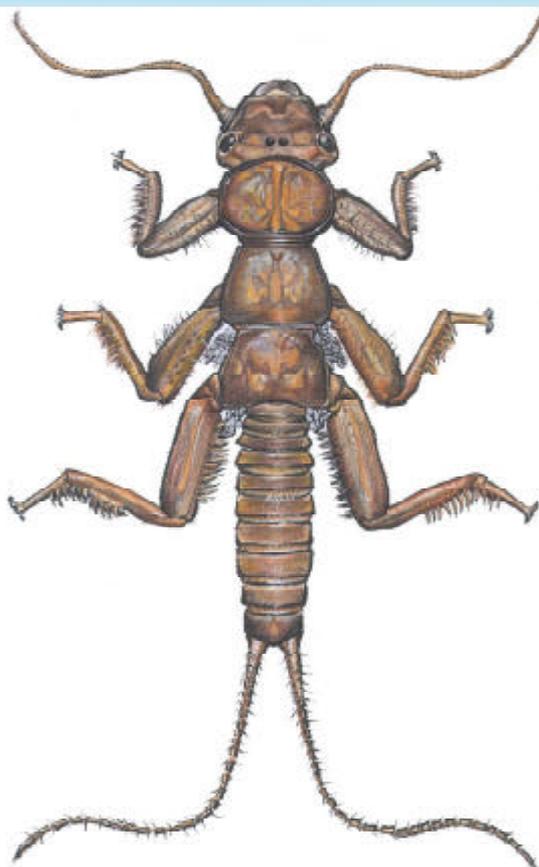




Boletim SBL

Setembro de 2006

n° 35 (2)



Ninfa da Ordem Plecoptera por José Ricardo Inacio Ribeiro

Editor

Alex Enrich-Prast
aeprast@biologia.ufrj.br

Editores Executivos

Luiz Fernando Jardim Bento Humberto Marotta
Breno Alves Guimarães-Souza Ana Lúcia Santoro

boletim@sblimno.org.br

SBL 2005 - 2007

Presidente

Ricardo Motta Pinto Coelho
rmpc@icb.ufmg.br

Primeira Secretária

Renata Panosso
rpanosso@cb.ufrn.br

Primeiro Tesoureiro

Marcos Callisto
callisto@icb.ufmg.br

Vice Presidente

Antônio Fernando M. Camargo
afmc@rc.unesp.br

Segunda Secretária

Andrea Figueiredo
andrea@mme.gov.br

Segundo Tesoureiro

Luís Maurício Bini
bini@icb.ufg.br

| | | | |
|--|----|-------------------------------------|----|
| <i>Mensagem do presidente</i> | 31 | <i>Tópicos Especiais</i> | 37 |
| <i>Mensagem do Editor do Boletim</i> | 32 | <i>Métodos e Equipamentos</i> | 57 |
| <i>Artigos</i> | 32 | <i>Eventos Científicos</i> | 59 |



Mensagem do Presidente

Prezados Limnólogos

A gestão da SBL, no último trimestre, iniciou-se com a primeira reunião da diretoria, realizada no final de maio em Belo Horizonte. Essa reunião que contou com todos os membros da atual diretoria, foi importantíssima para que todos nós tivéssemos uma oportunidade manter um primeiro contato direto, discutindo aspectos essenciais da gestão da SBL que muitas vezes são muito difíceis de serem abordados através de mensagens eletrônicas. Adicionalmente, a diretoria foi capaz de organizar um cronograma objetivo de metas, dentre elas organizar-se para apoiar, da melhor forma possível, o comitê organizador do XI CBL que será realizado em Macaé, RJ, em agosto de 2007. Dando prosseguimento a essa estratégia, e para evitar desencontros entre a diretoria da SBL e os comitês organizadores dos congressos, estivemos o nosso tesoureiro, Dr. Marcos Callisto, e eu presentes na UFRJ onde fizemos uma primeira reunião de trabalho com o Prof. Francisco Esteves. Nessa reunião, discutimos vários aspectos ligados ao XI CBL tais como o planejamento financeiro, as datas do evento, formas de captação de recursos, além de vários outros aspectos relevantes.

No último trimestre, a SBL também investiu na continuidade da reestruturação do nosso portal web (<http://www.sblimno.org.br>). O ponto mais relevante refere-se à disponibilização de todo o acervo da *Acta Limnologica*, incluindo o primeiro volume de 2006 (volume 18). Grande parte desse acervo pode ser acessado agora livremente na www (apenas os dois últimos anos são reservados aos sócios quites com as anuidades). As outras publicações tais como o Boletim e a série Limnotemas já têm os seus últimos números disponíveis no portal. Em breve,

disponibilizaremos todas as atas da sociedade bem como os boletins mais antigos.

A diretoria vem dando todo apoio a *Acta Limnologica Brasiliensis*. Temos mantido rigorosamente em dia os repasses de recursos para a sua publicação e temos atuando em conjunto com o Prof. Raoul Henry atuando na contínua melhoria dessa importante publicação da SBL. A revista vem passando por substanciais modificações não somente em sua versão eletrônica, mas também na versão escrita. O formato da revista impressa já foi modificado no seu último número. Um novo projeto gráfico da revista está sendo analisado pelo comitê editorial e também estamos ampliando bastante a distribuição dessa revista. Hoje, inúmeras bibliotecas de universidades, sejam elas públicas ou particulares, estão recebendo os exemplares da *Acta* em todas as regiões do Brasil. Nós também temos enviado *releases* sobre a sociedade e nossas publicações *on line* para outras sociedades, em diversos continentes. Acreditamos que tais medidas deverão ampliar a penetração e divulgação da SBL junto ao meio científico internacional principalmente entre os limnólogos, oceanólogos, taxonomistas, demais biólogos e outros profissionais ligados ao estudo dos recursos hídricos em geral.

A SBL também esteve presente no Simpósio sobre Limnologia de Reservatórios Profundos, realizado em Ita, SC, evento organizado pelo Prof. Érico Porto da UFSC. O evento foi um sucesso com grande afluência de limnólogos do sul e de diversos outros pontos do país, do Mercosul e dos EUA. Nesse evento, tive a oportunidade de divulgar a SBL e o trabalho que estamos fazendo e os resultados já apareceram sob a forma de assinaturas institucionais da *Acta* solicitadas por universidades do sul do país.

Eu não poderia encerrar essas palavras,

sem conclamar a todos os nossos sócios a visitarem o portal da SBL, apreciando as novidades (veja, por exemplo, a nova *web site* do XI CBL), enviando as suas críticas e atualizando as suas respectivas anuidades. A força de uma grande sociedade científica é o produto do apoio de cada um de seus associados. Nós não poderemos melhorar a qualidade de nossas publicações científicas bem como não poderemos ampliar a presença da SBL no cenário científico nacional sem o contínuo apoio e participação de cada um de nossos associados. Portanto, sejam sempre bem-vindos à SBL!

Saudações Limnológicas !

Ricardo Motta Pinto Coelho

rmpc@icb.ufmg.br

Universidade Federal de Minas Gerais

Mensagem do Editor do Boletim

Os editores executivos e eu ficamos muito lisonjeados com os elogios e mensagens de apoio à última edição do boletim. O novo formato parece ter agradado a maioria dos leitores. A inclusão da seção LIMNOTópicos, que a partir desta edição irá se chamar **Tópicos Especiais**, foi bastante elogiada. Em Dezembro deste ano e Março de 2007 os Tópicos Especiais abordarão os temas Fitoplâncton e Microbiologia Aquática respectivamente. O objetivo da seção Tópicos Especiais é que autores discorram resumidamente sobre aspectos gerais de um tópico em Limnologia. Gostaria de lembrar que o Boletim tem outras seções, para as quais outros artigos também podem ser submetidos. Dúvidas podem ser esclarecidas através de nosso endereço eletrônico (boletim@sblimno.org.br). Aguardamos submissões para as próximas edições.

Alex Enrich-Prast

aeprast@biologia.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Artigos

DIVULGAÇÃO E EDUCAÇÃO CIENTÍFICAS: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Histórico

A Ciência é um processo de aprendizado sobre a natureza em que diferentes idéias sobre como o mundo trabalha são medidas contra a observação. Desta forma, diferente do senso comum, a ciência necessita testar suas idéias, sintetizadas em hipóteses ou modelos, através do confronto com a realidade. Foi assim com Galileu que, observando os movimentos dos astros, provou (em sentido literal) que a Terra girava em torno do Sol, apesar disto parecer tão ilógico.

Sem incorrer em grande erro podemos dizer que a ciência, tal qual a conhecemos hoje, nasceu com Galileu. Agora, imagine um homem que, em plena Inquisição, sustentava que a Lua não era uma esfera perfeita, que a via Láctea era composta de inúmeras e incontáveis estrelas, além é claro de nosso planeta ser apenas mais um entre outros, e tudo isto usando um telescópio (que, para seus pares, “distorcia a realidade do olho nu”!!). Não bastassem esses pioneirismos, ao invés de escrever uma de suas principais obras, o “Diálogo sobre os dois máximos sistemas de mundo” em latim (o “inglês” da época) publicou mesmo em italiano (idioma oficial de apenas um país). Mas a clara intenção de Galileu neste seu livro de 1632 era divulgar a ciência, ou melhor, ensinar o método científico matemático-experimental, que ele havia delineado em oposição ao respeito irrestrito que seus pares davam as chamadas “autoridades” (sistema aristotélico-ptolomaico).

O leitor limnólogo me perdoe a digressão, mas é importante notar que o nascimento da ciência vem junto com sua própria divulgação, que entre os cientistas nacionais é uma tarefa praticamente marginalizada. Ludovico Geymonat, autor de uma das biografias de Galileu (Editora Nova Fronteira) destaca este caráter da obra galileana, em especial dos “Diálogos” de 1632: “Divulgar a ciência não é baixar o seu nível poluindo-lhe o rigor racional, mas difundi-la reduzindo suas razões a uma clareza inteligível para muitos, lá onde forem por demais difíceis”.

Anos depois de Galileu destronar nosso planeta do centro do universo, outra idéia de como o mundo funciona iria transformar a maneira de pensar dos terráqueos. Em 1859 Charles Darwin publicou sua teoria da seleção natural como princípio da evolução no livro “A Origem das Espécies”. É irônico que um dos motivos da demora de Darwin em publicar suas idéias era justamente...torná-la pública!!, já que ia contra os dogmas cristãos vigentes (hoje em dia a Igreja aceita a seleção natural e a evolução das espécies) e então afetaria a sensibilidade de seus mais queridos contemporâneos.

Particularmente, e apesar de me esforçar para isso, não consigo compreender a recusa de Darwin em defender suas idéias perante as platéias. Os motivos podem ser vários: problemas de saúde, preguiça, modéstia excessiva, esnobismo ou tédio tipicamente inglês ou simplesmente falta de tempo (Esta última é a grande justificativa pela qual não fazemos divulgação de nossos trabalhos) ou ainda todas estas razões combinadas.

Mas afinal, por que Darwin iria se dar a este trabalho se havia um craque neste ofício? Thomas Huxley, depois chamado de “buldogue” de Darwin (bons tempos àqueles nos quais os buldogues eram os cães mais ferozes), desde 1855 ministrava palestras noturnas para a “plebe ignara” inglesa. Os assuntos discorridos eram, por exemplo, as glaciações e suas formas de estudo e análise, os fósseis e os misteriosos ambientes da era dos dinossauros. Segundo o Prof. Fernando Fernandez no livro “O poema imperfeito” (Editora UFPR), os 600 ingressos para as palestras de Huxley eram disputados a tapas com cambistas e os auditórios ficavam sempre lotados. Depois de ler a “Origem das Espécies” foi fácil para o já experiente Huxley tratar mais um grande assunto, ou melhor, “O” assunto, para suas palestras de educação científica.

E assim nobre leitor, peço licença pra resumir meu próprio texto: o nascimento da Ciência, com Galileu, vem acompanhado de sua divulgação. O parto da Biologia Moderna, com a aceitação da seleção natural, seria muito mais difícil sem a educação científica perpetrada pelo grande Huxley. Desta forma, ambas as atividades

são partes fundamentais do trabalho dos cientistas. Mas o que elas realmente significam?
Conceitos

A Educação Científica utiliza o delineamento experimental e a história de pesquisadores para ensinar os fenômenos e processos que regem a dinâmica de vida dos organismos e a influência da intervenção humana sobre ela. Além disso, tem o papel de mostrar o prazer de conhecer as ciências e despertar vocações nos jovens, enquanto educa o cidadão para uma atitude científica, isto é, para a curiosidade, a observação honesta e a lógica acurada.

A Divulgação Científica pode ser entendida como toda atividade de descrição inteligível e de difusão dos conhecimentos do pensamento científico, que ocorre fora do ensino oficial com o objetivo de esclarecer ao público, enquanto tenta sensibilizar a sociedade para a importância das instituições de pesquisa e a valorização dos pesquisadores. Pouca gente sabe, mas em 1813 (3 anos após a criação da Imprensa Régia) surgia *O Patriota* a primeira publicação nacional com cunho científico e em todo o século XIX houve ao menos 300 periódicos relacionados à ciência, como mostra o livro “Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil” (Editora UFRJ), organizado pela Profa. Luisa Massarani e colaboradores.

Vale ressaltar que quase na mesma época em que Huxley fazia sucesso em Londres com suas palestras, foram criadas em 1873 “As Conferências Populares da Glória” com muito sucesso entre a elite carioca durante pelo menos 20 anos.

E a Limnologia?

Nove entre dez notícias sobre o avanço da ciência, seus métodos e descobertas, são sobre saúde humana. Mas, os limnólogos e ecólogos também têm um objeto de estudo de enorme interesse do público e mais do que isto, das crianças do ensino formal.

Este fato facilita o trabalho de escrever e instruir, mas tomo a liberdade para tecer algumas considerações com bases em minha pequena experiência nesta atividade:

i) divulgar é mais esclarecer do que discorrer

sobre pormenores;

ii) catastrofismos como, por exemplo, “a água do planeta está acabando” devem ser evitados, pois ou o público não acredita, ou fica prostrado perante um problema hercúleo que não poderá resolver;

iii) assuntos locais sobre recursos hídricos chamam mais atenção que os globais, além de potencialmente terem maior chance de mudar a atitude de crianças e adultos;

iv) analogias e metáforas, desde que na medida certa, são sempre muito bem vindas na explicação dos pontos mais nebulosos;

v) comparações com outros lugares (ambientes, países, cidades) auxiliam na contextualização do que está sendo tratado;

vi) uma notícia recente, ou ainda algum comentário de personalidade pública, podem servir como “ganchos” para a discussão ou esclarecimentos mais aprofundados de um determinado tema, com a considerável vantagem de agradar os editores dos jornais e revistas e entreter ainda mais as crianças;

vii) atividades de educação científica têm pouco significado se pontuais (um só dia);

viii) é fundamental a criança fazer a pesquisa, desenvolvendo a metodologia adequada e não apenas analisar os resultados.

Mas, como e onde publicar?

Hoje no Brasil é possível encontrar em qualquer banca de jornais várias revistas de divulgação: *Scientific American Brasil*, a *National Geographic*, a *Ciência Hoje* (que finalmente regularizou sua distribuição), e a “*Pesquisa Fapesp*”. Numa linha voltada para o público juvenil, há a *Superinteressante* (400 mil exemplares por mês), a *Galileu* e a mais recente *Ler Ciência*. Além destas revistas há outro meio muito interessante, mas não muito valorizado entre os cientistas que são os jornais locais. Eu recomendaria uma conversa com o editor, tentando convencê-lo da importância do artigo e do tema “ciência”. Geralmente estes veículos de comunicação estão mesmo ávidos por artigos de “doutores” que lhes confirmam uma “aura” mais intelectualizada. Uma informação que não deve ser subestimada é o fato que o Brasil tem 70 mil pesquisadores e forma em torno de 8 mil doutores por ano, além de contar com 245 mil professores

universitários. E onde mais esta gente pode adquirir cultura científica geral?

As instituições também podem auxiliar na divulgação, como bem já mostrou o Prof. Reinaldo Bozelli no capítulo “Divulgação Científica: limnologia para todas e para todos?” no recente livro “Lições de Limnologia” (organizado por F. Roland e colaboradores, Editora Rima). Mas no geral, as instituições são lentas pra estas iniciativas (já repararam como boa parte das assessorias de comunicação das universidades serve mais como departamentos de *marketing*, quando não como meros apêndices das secretarias das administrações superiores) e tudo acaba dependendo mesmo do cientista que individualmente deve fazer seu trabalho completo.

Assim, esta é apenas mais uma de nossas atividades, como nos ensinaram Galileu e Huxley e apesar dos métodos e estratégias para divulgar e educar sobre ciência serem novos ainda para pesquisadores brasileiros, talvez esse seja um bom momento para reproduzirmos o exemplo pioneiro por eles deixado e nos tornarmos mestres de nosso próprio futuro.

Ronaldo Angelini

ronangelini@yahoo.com.br

Universidade Estadual de Goiás

BROMÉLIAS-TANQUE: INSTRUMENTO PARA O ENSINO DE ECOLOGIA AQUÁTICA

Os cursos de limnologia oferecidos para graduação e pós-graduação nas universidades públicas brasileiras visam ensinar conceitos limnológicos e metodologias para a mensuração de parâmetros biológicos, físicos e químicos em ecossistemas aquáticos continentais. Havendo disponibilidade de recursos, as aulas teóricas são acompanhadas de aulas de campo.

As tradicionais aulas de campo em limnologia podem ser custosas devido à necessidade da locomoção até algum ecossistema aquático continental e de infraestrutura de campo e laboratorial. Em situações em que os recursos são escassos, ou que não

exista facilidades de locomoção, o uso de bromélias-tanque para o ensino de limnologia surge como uma boa alternativa.

Os tanques formados pelo acúmulo de água entre as folhas das bromélias-tanque (*Phytotelmata*) (Figura 1) são habitats que possuem uma biota aquática característica, abrigando organismos, como fitoplâncton, zooplâncton e protozoários, abrangendo desde produtores primários, consumidores até decompositores, podendo chegar a armazenar até 45 litros de água. Richardson et al. (*J. Trop. Ecol.*, 16: 167-188. 2000) definiram as bromélias como um microcosmo com elevada diversidade, onde podem ser estudados parâmetros físicos, químicos e biológicos principalmente devido a seu pequeno tamanho e limites definidos.



FIG1: Ecosistema aquático formado pelo acúmulo de água entre as folhas de uma bromélia-tanque (*Neoregelia cruenta*).

Tanto em ambientes onde as bromélias se desenvolvem naturalmente, quanto em jardins (figura 2) onde as mesmas são plantadas, as bromélias geralmente estão submetidas a diferentes condições físico-químicas.



FIG2: Alunos realizam medidas de pH na coluna d'água acumulada em bromélias-tanque

Como exemplo podemos citar: incidência luminosa, aporte de matéria orgânica e de água da chuva, que acabam por influenciar o metabolismo da coluna d'água presente no seu tanque (Guimarães-Souza et al, *Acta Limnol. Bras.*, 18: 47-53. 2006).

Bromélias-tanque têm sido utilizadas no ensino de conceitos limnológicos para alunos de segundo semestre no curso de graduação do Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Esta prática tem duração de uma manhã e é ministrada para uma turma de 20 alunos, subdivididos em grupos de 4 ou 5. Inicialmente os professores e monitores ensinam os alunos a utilizarem os equipamentos e explicam a importância de se obter cada um dos parâmetros mensurados (Figura 3). Posteriormente cada grupo de alunos escolhe uma bromélia, e obtêm seus próprios dados limnológicos (Figura 4).



FIG3: Monitora ensina alunos de graduação como medir a incidência luminosa sobre a coluna d'água de bromélias com o uso do luxímetro.

A profundidade da coluna d'água e a largura do copo central da bromélia são medidos com uma régua. Os valores de pH e concentrações de oxigênio são mensurados na superfície e no fundo das bromélias, através do uso de um pHmetro e oxímetro de campo. A temperatura é determinada com um termômetro de bulbo e a incidência luminosa sobre a bromélia-tanque é mensurada com um luxímetro. O volume d'água é mensurado com um sistema feito com frascos de vidro, parecido com os sugadores utilizados em coletas entomológicas (Figura 5). Parte da água coletada para determinação do volume é transferida para frascos transparentes, sendo os

valores de turbidez, coloração e clorofila-a determinados relativamente a partir da comparação visual dos mesmos (Figura 6).



FIG4: Aluna mensurando as concentrações de oxigênio.

Todos os resultados encontrados são tabulados em um quadro branco e uma discussão é realizada com os alunos no próprio local de prática (Figura 7). As diferenças e semelhanças encontradas entre estes microecossistemas servem de base para uma discussão teórica de conceitos básicos em limnologia e da relação entre os parâmetros mensurados. Ao final da discussão, apresenta-se um paralelo aos estudos limnológicos realizados em lagos e rios.



FIG5: Monitora coleta água acumulada para determinação do volume do tanque com o auxílio de um sugador.

Uma das vantagens deste enfoque, é que os alunos podem comparar os resultados obtidos em diferentes ecossistemas (bromélias-tanque) em um curto espaço de tempo. A flexibilidade nas práticas é enorme, pois os alunos podem fazer

comparações dos parâmetros mensurados em bromélias-tanque de diferentes espécies, idades, localizadas no sol ou à sombra de árvores e etc. Estas diferentes situações são capazes de simular um possível aporte diferencial de matéria orgânica alóctone e, assim, gerar um gradiente diferentes concentrações de carbono orgânico dissolvido. É também possível a realização de experimentos *in situ* com diferentes gradientes de concentrações de nutrientes, simulando corpos d'água oligotróficos a eutróficos.



FIG6: As diferenças marcantes entre a água coletada em 5 diferentes bromélias possibilita que parâmetros como coloração, clorofila-a e quantidade de material em suspensão sejam mensurados relativamente.

Não questionamos a importância das aulas de campo ministradas em lagos e rios, fundamentais para a formação de um biólogo. No entanto, as situações encontradas nos tanques de bromélias são capazes de suscitar discussões limnológicas semelhante às aulas tradicionais ministradas nos corpos aquáticos. Nosso objetivo é apenas apresentar uma nova alternativa para o ensino em limnologia utilizando bromélias-tanque, em função da facilidade da realização e condução das aulas de campo.



FIG7: Discussão sobre os resultados obtidos na prática.

Luana Pinho
luanapinho@ufrj.br

Breno Alves Guimarães-Souza
gsouza@ufrj.br

Alex Enrich-Prast
aeprast@biologia.ufrj.br
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Tópicos Especiais **Macroinvertebrados Bentônicos**

O QUE SÃO MACROINVERTEBRADOS MESMO?

Conceitos precisam ser definidos e entendidos no contexto da teoria em que eles são usados. Historicamente, as ciências ambientais são marcadas pelo uso de conceitos pouco precisos ou que assumem significados diferentes dependendo do contexto. Este problema tem gerado dificuldades práticas na utilização de teorias ecológicas e sua aplicação.

O intenso uso de um conceito pode consagrar sua aplicação e, muitas vezes, sobrepor discussões sobre o seu significado e papel na construção de conhecimento e aplicação. O conceito ‘macroinvertebrados’ (“*macroinvertebrates*”) nos fornece um exemplo. Uma simples busca na internet (Google®) resulta em aproximadamente 1.000.000 de citações nos mais variados contextos. O conceito vem sendo amplamente utilizado em biologia marinha, limnologia e ecologia desde os pioneiros trabalhos que cristalizaram estas áreas do conhecimento e mais recentemente em monitoramento e avaliações ambientais. Mas o que são macroinvertebrados?

O conceito ‘macroinvertebrados’ depende da definição de dois componentes: “macro” e “invertebrados”. *Invertebrados* compreendem todos os Metazoa não-vertebrados e o sufixo *macro* desempenha o papel de delimitar o universo do pesquisador aos invertebrados de determinado tamanho, geralmente os observáveis a olho nu, retidos em malhas de rede entre 0,2-0,5 mm.

Aparentemente é um conceito claro e operacional, mas, dependendo do objetivo, sua aplicação pode ser pouco efetiva, acurada e/ou precisa, resultando em interpretações equivocadas sobre padrões, processos e mecanismos ecológicos.

Embora reconheçamos a importância de discussões sobre técnicas para medir o conceito, por exemplo, coleta, triagem e nível de resolução taxonômico, nós focalizaremos nossos comentários em implicações que o simples fato de adotar o conceito impõe ao trabalho.

Em ambientes aquáticos continentais, os macroinvertebrados incluem geralmente representantes de Insecta (Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata, Diptera, Megaloptera, Hemiptera, Coleoptera e Lepidoptera), Mollusca, Annelida e Crustacea e menos freqüentemente Nematoda e Porifera. Este agrupamento não representa um grupo monofilético do ponto de vista filogenético, sendo assim, não existe qualquer caráter que reúna exclusivamente os grupos acima citados.

Já a definição de um limite de tamanho entre macroinvertebrados e outros invertebrados tem bases práticas como facilidade de observação visual. Entretanto, alguns trabalhos têm demonstrado que em algumas comunidades de metazoários aquáticos a distribuição de tamanho do corpo é bimodal, em que o intervalo entre as modas coincide com o tamanho que separa a ‘meiofauna’ da ‘macrofauna’, justificando então a adoção da malha de 0,2-0,5mm nos trabalhos com macroinvertebrados. O assunto é bastante controverso e recentemente estudos focados em séries temporais (por exemplo: Stead et al., 2005. *J. of Animal Ecol.* 74: 475-487) demonstraram que a distribuição varia no tempo (mono, bi ou polimodal), o que não fornece suporte empírico para definição de classes de tamanho fixas.

Funcionalmente, embora diverso (por exemplo: modos de aquisição de alimento), os macroinvertebrados representam um recorte restrito das comunidades de ambientes aquáticos e pode sub-quantificar o papel de

grupos com funções similares. Por exemplo, considerando apenas o tamanho do corpo, funcionalmente um inseto detritívoro pode desempenhar papel ecológico semelhante à de outro metazoário de similar tamanho, como uma larva de anfíbio ou um peixe.

A delimitação do grupo usando o critério tamanho apresenta outras implicações. O tamanho do corpo é um dos atributos mais importantes que as espécies possuem e a teoria alométrica prediz que diversos processos fisiológicos (ex. excreção, respiração, crescimento) dependem do tamanho corpóreo dos indivíduos (Peters, 1983, *The Ecological Implication of Body Size*. Cambridge University Press). Na escala de populações e comunidades, o tamanho do corpo parece estar ligado à densidade populacional, extensão do habitat e riqueza de espécies. Assim, a definição do tamanho do corpo do grupo macroinvertebrados impõe conseqüências em relação ao entendimento dos mecanismos que geram alguns padrões observados na natureza. Por exemplo, se alguém estivesse interessado em investigar padrões de abundância de indivíduos dos táxons que compõem os chamados macroinvertebrados em córregos e utilizasse o limite definido 0,2-0,5mm, poderia ignorar as maiores abundâncias dos táxons, muitas vezes encontradas em classes de tamanho inferiores, como previsto pela teoria e observado empiricamente (por exemplo: Schmid et al., 2000, *Science* 289: 1557-1560).

O conceito macroinvertebrados teve, tem e terá grande papel na construção de conhecimento científico e aplicação em biomonitoramento, onde a operacionalidade do conceito é vantajosa quanto à viabilidade do trabalho, entretanto é importante que tenhamos clareza de que ele representa apenas uma abstração que visa operacionalizar nossos esforços para medir atributos da natureza e que carrega consigo uma série de limitações injustificáveis em determinados contextos.

Fabio de Oliveira Roque
chironomidae2005@yahoo.com.br
Universidade de São Paulo

Tadeu Siqueira

tadeucapuzzo@yahoo.com.br
Universidade Federal de São Carlos

O PAPEL DOS INVERTEBRADOS NA DECOMPOSIÇÃO

Os estudos realizados nas últimas décadas têm demonstrado que os riachos de cabeceira são ecossistemas que dependem da matéria orgânica proveniente da vegetação ripária. Diante disso, fica implícita a importância do processo de decomposição do detrito alóctone no fluxo de energia e na ciclagem de nutrientes.

O processo de decomposição é complexo e tem muitas variáveis físicas, químicas e biológicas influenciando sua dinâmica. Estas variáveis, basicamente, atuam com mais ou menos intensidade nas 3 fases do processamento da matéria orgânica: lixiviação, condicionamento e fragmentação.

Dentre as variáveis biológicas, os invertebrados aquáticos que colonizam os detritos atuam como o elo energético entre a energia estocada na matéria orgânica vegetal (que está sendo decomposta) e os níveis tróficos superiores. Além disso, atuam na decomposição acelerando o processamento e a fragmentação dos detritos em pequenos pedaços. No entanto, a colonização dos detritos pelos invertebrados é influenciada principalmente pelo estágio de colonização da comunidade microbiana no tecido foliar, composição química do detrito e o estágio de decomposição que se encontra o detrito. Porém, o desenvolvimento desta comunidade tem como principal força motora o processo de sucessão ecológica degradativa que é independente da decomposição do detrito.

A comunidade de invertebrados aquáticos pode ser estudada quanto à sua classificação zoológica ou em grupos tróficos funcionais – GTF (ver Merritt & Cummins, 1996 *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3rd edition. Kendall/Hunt), que representa a estratégia de alimentação destes

organismos. Predadores são aqueles que se alimentam de tecido de outros animais; raspadores os que raspam o biofilme (algas, fungos, bactérias e protozoários) aderido a diversos substratos; coletores os que se alimentam da matéria orgânica particulada fina, que podem ser divididos em coletores-filtradores (filtram as partículas da água) e coletores-catadores (catam as partículas aderidas ao substrato ou sedimento); e finalmente os fragmentadores que são capazes de se alimentar diretamente da matéria orgânica particulada grossa vegetal. A classificação em grupos tróficos permite uma análise de como o detrito é processado e utilizado, a partir do hábito alimentar dos invertebrados. Apesar disso, esta classificação deve ser vista com cuidado, pois é evidente que eles podem por diversos motivos mudar seu comportamento alimentar e ainda são poucos os estudos em regiões tropicais capazes de validar com precisão este sistema de classificação.

Devido ao seu hábito alimentar, os fragmentadores formam o grupo trófico funcional mais importante no processo de decomposição. Este grupo é representado por Gamaridae, Trichoptera, Diptera (Chironomidae e Tipulidae) e Plecoptera (Graça, 2001 *op cit*). Além disso, Dobson (2004 *Freshwater Forum* 21:3–26) encontrou na África evidências da importância de macrocrustáceos (p.ex. Decapoda), o que amplia a importância para outros grupos zoológicos negligenciados pelas metodologias utilizadas nos estudos de decomposição (devido ao tamanho das malhas dos “litter bags”). A presença ou ausência destes invertebrados são decisivas na aceleração da decomposição dos detritos.

As informações aqui apresentadas representam o *status vivendi* da comunidade científica na Europa e América do Norte. Porém, os estudos realizados em riachos tropicais têm demonstrado que os fragmentadores são raros ou ausentes. Consequentemente, a decomposição dos detritos vegetais dependeria basicamente da comunidade microbiana, como foi descrito por Irons et al. (1994 *Freshwater Biology*, 32: 401–411). Diante disso, muitas questões são levantadas, tais como: 1) Quais foram os motivos, em regiões tropicais, que levaram os fragmentadores à seleção negativa? 2) Será que

nos trópicos os invertebrados tendem a ter um hábito alimentar generalista? 3) Quais são os invertebrados ou grupos tróficos funcionais responsáveis pelo elo energético em região tropical? 4) Como são as relações entre as comunidades de invertebrados e os microorganismos?

Como mencionado anteriormente, os dados disponíveis na literatura levam a pensar que a comunidade microbiana é a principal responsável pelo processamento do detrito em riachos tropicais. No entanto, em Gonçalves et al. (2006. *Journal of the North American Benthological Society*, 25: 344-355) foi demonstrado que a comunidade microbiana em um riacho de Cerrado na Serra do Cipó (MG) não foi tão eficiente no processamento do detrito quanto em região temperada, contrariando o que se esperava encontrar em um ecossistema tropical. Sendo assim, as lacunas continuam abertas quanto à importância dos invertebrados. A “caixa preta” da decomposição em ecossistemas tropicais continua.

O Brasil e, conseqüentemente, a limnologia brasileira pode vir a ter um papel decisivo na mudança do paradigma da decomposição em região tropical, pois possuímos diversos biomas que permitiriam um conhecimento mais aprofundado sobre este processo e as suas relações com as diversas variáveis envolvidas. Para tanto, é fundamental o desenvolvimento de novas pesquisas e a concessão de recursos financeiros para o estudo da ecologia de rios e riachos. E aqui cabe uma outra pergunta: como se pode falar em estratégias de conservação e manejo de bacias hidrográficas se ainda é incipiente o levantamento de dados sobre o processo fundamental dos riachos de cabeceiras de nossas bacias? A decomposição de detritos foliares e o papel dos invertebrados são caminhos a serem trabalhados.

José Francisco Gonçalves Júnior

jffjunior@icb.ufmg.br

Centro Universitário do Leste de Minas

Gerais

BIOMONITORAMENTO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS: CONSOLIDANDO PASSOS NA BUSCA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Programas de Biomonitoramento

A importância dos rios para abastecimento, como fonte de alimento e recreação é claramente reconhecida, apesar da degradação dos ecossistemas aquáticos ter atingido os níveis máximos até então registrados na história da humanidade. Os ecossistemas aquáticos têm sido fortemente alterados em função de múltiplos impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas, como mineração, construção de barragens e represas, retificação e desvio de cursos naturais de rios, lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, desmatamento e uso inadequado do solo em regiões ripárias e planícies de inundação, super-exploração de recursos pesqueiros, introdução de espécies exóticas, dentre outros.

Em função da valoração da água e sua importância para o desenvolvimento humano, as bacias hidrográficas passaram a ser consideradas unidades espaciais de estudo para o planejamento, gerenciamento e desenvolvimento humano na paisagem. Entender as características e o funcionamento dos corpos hídricos passou a ser fundamental para o desenvolvimento sustentável, uma vez que refletem o uso e ocupação do solo em sua bacia hidrográfica, considerando-se a qualidade e a quantidade de água e as atividades antrópicas existentes.

A necessidade de ligação entre medidas de manejo e programas de biomonitoramento de ecossistemas aquáticos reflete a mudança de necessidades ambientais da sociedade humana. Programas de biomonitoramento passaram a ser implementados em diversos países, a partir da década de 80, com o intuito de desenvolver técnicas capazes de ajudar a antecipar problemas ambientais.

A primeira etapa do biomonitoramento é a busca pelo indicador ideal (ou bioindicador) cuja presença, abundância, e/ou comportamento refletem os efeitos estressores sobre a biota. Um indicador pode ser utilizado para biomonitorar em diferentes

níveis de organização, desde o nível sub-organizacional (p.ex. genes, células, tecidos) a organismos, populações, comunidades, e até mesmo ao nível de ecossistemas.

O biomonitoramento de comunidades bentônicas, com ênfase em insetos aquáticos, tem uma longa tradição em países de primeiro mundo, iniciado com alguns poucos enfoques e ampliado para um grande número de diferentes métodos utilizados em vários países ou regiões. Os macroinvertebrados bentônicos são considerados bons indicadores de qualidade de água por possuírem ciclos de vida com duração mais longa que os planctônicos, e viverem de forma sésil durante semanas a alguns meses no compartimento sedimentar. Por este motivo, o seu monitoramento torna-se mais eficiente que o monitoramento baseado apenas na mensuração de parâmetros físicos e químicos.

Política de Meio Ambiente

Desde 1997 o Laboratório de Ecologia de Bentos vem pesquisando ecologia de organismos bentônicos em diferentes bacias no Estado de Minas Gerais e, a partir de 2003, iniciou-se o *Programa de Biomonitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas*. As informações obtidas já foram utilizadas para auxiliar na elaboração do *Plano Diretor de Recursos Hídricos* desta bacia. Atualmente vem subsidiando as discussões sobre as alterações na *Deliberação Normativa COPAM (30/03)* para Minas Gerais em função da *Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005*, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Estas discussões visam inserir o enfoque de utilização de indicadores biológicos para avaliar a qualidade dos ambientes aquáticos, utilizando-se comunidades de organismos. Desta forma, Minas Gerais vem procurando estabelecer as bases de um processo de avaliação por meio de indicadores biológicos que representem os resultados da implementação da política ambiental no Estado.

Na busca de participar deste processo

para o desenvolvimento de políticas públicas como reflexo de mobilização ambiental e articulação com ONGs e governo, o Laboratório de Ecologia de Bentos da UFMG vem buscando contribuir com a disponibilização de informações de biomonitoramento e na sua transcrição (= tradução e articulação) junto aos gestores e tomadores de decisão.

Biomonitoramento na Bacia do Rio das Velhas

A bacia do rio das Velhas localiza-se na região central do estado de Minas Gerais, entre as latitudes 17° 15' e 20° 25' S, e longitudes 43° 25' e 44° 50' W, apresentando uma forma alongada na direção norte-sul. O rio das Velhas é o maior afluente em extensão da bacia do rio São Francisco, tendo sua nascente no município de Ouro Preto, desaguando no rio São Francisco, a jusante da barragem do Três Marias. Possui 761 km de extensão, 38,4 m de largura média, drenando uma área total de 29.173 km² (Pompeu et al., 2005 *American Fisheries Society Symposium*, 47:11–22.).

A bacia do rio das Velhas é dividida em trechos alto, médio e baixo, sendo:

- ✍ Alto rio das Velhas: compreende a porção do rio que vai da Cachoeira das Andorinhas, em Ouro Preto, até a jusante da foz do Ribeirão da Mata, em Santa Luzia;
- ✍ Médio rio das Velhas: depois da foz do Ribeirão da Mata até a foz do Paraúna;
- ✍ Baixo rio das Velhas: do Paraúna até a foz no rio São Francisco.

O Programa de Biomonitoramento da Bacia do rio das Velhas vem sendo realizado desde 2003 com 4 coletas anuais intensivas, concentradas nos períodos de chuvas e seca. Este Programa conta com uma rede amostral de 37 pontos ao longo da bacia hidrográfica do rio das Velhas, sendo 4 no trecho alto do rio das Velhas, 13 na região metropolitana de Belo Horizonte, 9 no trecho médio e 11 no trecho baixo do rio das Velhas.

O programa de monitoramento ambiental realizado também avalia: 1- a ictiofauna, pela equipe do Departamento de Zoologia da UFMG; 2- as condições ecológicas através da aplicação

de um Protocolo de Caracterização de condições ecológicas de trechos de bacia, proposto por Callisto *et al.* (2002 *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14 (1): 91-98); 3- a composição granulométrica e teores de matéria orgânica do sedimento; 4- a composição e estrutura das comunidades bentônicas; 4.1- descrição das populações e comunidades características; 4.2- identificação de diferenças entre as populações e comunidades em sítios distintos; 4.3- Risco Ambiental. Este último enfoque é realizado com base na avaliação de respostas biológicas a poluentes; na obtenção de informações técnico-científicas para as tomadas de decisão; utilização do conceito de bacia hidrográfica como unidade de estudos; na avaliação de riscos para a saúde humana e identificação de riscos ecológicos; no oferecimento de ferramentas para serem comparadas com as condições esperadas na ausência de atividades antrópicas; na obtenção de informações para ações de manejo buscando minimizar fontes de risco biológico identificadas e de interesse ambiental.

Além disso, utilizamos neste programa o enfoque de áreas de referência, em comparação a trechos de bacia impactados. Desta forma, além do biomonitoramento nas áreas que sofrem diferentes níveis de pressão antrópica, também são avaliadas áreas preservadas. A bacia do rio das Velhas possui atualmente mais de 20 unidades de conservação, distribuídas entre Parques Nacionais, Estaduais, APAs, RPPNs e Estações Ecológicas. Dentre estas unidades, o Programa de Biomonitoramento vem amostrando em 8 diferentes rios situados, pelo menos parcialmente, em unidades de conservação.

Considerações Finais

O Programa de Biomonitoramento realizado na bacia do rio das Velhas é resultado de parcerias entre profissionais que atuam em diferentes áreas, tanto de pesquisa quanto de atuação institucional (pública, privada e ONGs). Somente integrando estes diferentes setores da sociedade é possível buscar o desenvolvimento de um Programa de Biomonitoramento que possa utilizar o conceito de bacia hidrográfica como unidade de estudos. A partir deste prisma é

possível buscar integrar o homem e a natureza, a diversidade social e biológica em escala espacial, importante no estudo de áreas urbanizadas, como é o caso da bacia hidrográfica do rio das Velhas.

A utilização de bioindicadores de qualidade de água na bacia do Rio das Velhas vem mostrando que esta bacia apresenta situações extremas, com áreas muito degradadas apresentando pouquíssimas *taxa* resistentes em elevadas densidades; e áreas bem preservadas com elevada riqueza taxonômica e presença de *taxa* sensíveis. Estes resultados evidenciam a má distribuição demográfica na bacia, sendo que a concentração populacional situa-se no trecho alto da bacia do rio das Velhas com 3.082.407 de habitantes (70% da população total).

Com base nestas informações, o Programa de Biomonitoramento, que possui um caráter trans-institucional, consegue sensibilizar os gestores e tomadores de decisão a se compromissar em viabilizar políticas públicas voltadas para a melhoria da qualidade ambiental. Existe hoje um compromisso celebrado entre atores governamentais, usuários de água da bacia e a sociedade civil organizada em atuar em várias frentes para que seja possível navegar, pescar e nadar no Rio das Velhas em sua passagem pela região metropolitana de Belo Horizonte em 2010, denominada META 2010 do Projeto Manuelzão.

Levantar meios para a recuperação e gerência de ecossistemas aquáticos continentais não é tarefa fácil, uma vez que não se trata apenas de interesses científicos, mas de interesses muitas vezes econômicos e políticos. Medidas de saneamento e tratamento de esgotos podem melhorar consideravelmente as condições de qualidade das águas da bacia do rio das Velhas, permitindo a revitalização das comunidades aquáticas. Resultados obtidos pelo Programa de Biomonitoramento já apontam para uma sensível melhora da qualidade das águas a jusante da região metropolitana de Belo Horizonte. Foi detectado o aumento da riqueza taxonômica e a presença de organismos menos tolerantes à poluição, tanto de macroinvertebrados aquáticos (p.ex. Trichoptera e Plecoptera) quanto de peixes (p.ex. Curimatá, Piau e Dourado).

Enfim, o biomonitoramento das

comunidades bentônicas na bacia do rio das Velhas nos incentiva a acreditar que o emprego de indicadores ambientais é importante para compreender e avaliar metas progressivas de melhorias da qualidade das águas e consequentemente da qualidade ambiental.

Marcos Callisto
callisto@icb.ufmg.br

Pablo Moreno
pablo@icb.ufmg.br
Universidade Federal de Minas Gerais

POSSIBILIDADES DA PARTICIPAÇÃO PÚBLICA EM PROGRAMAS DE BIOMONITORAMENTO DE RIO

O interesse sobre a participação pública na gestão dos recursos hídricos vem aumentando desde a última década e é apontada como estratégica para o século XXI. De acordo com o documento da Organização das Nações Unidas, AGENDA 21 (CNUMAD, 1996 – Capítulo 18) e outros documentos posteriores: *“Para delegar o manejo dos recursos hídricos ao nível adequado mais baixo é preciso educar e treinar o pessoal correspondente em todos os planos e assegurar que a mulher participe em pé de igualdade dos programas de educação e treinamento. Deve-se dar particular ênfase à introdução de técnicas de participação pública, inclusive com a intensificação do papel da mulher, da juventude, das populações indígenas e das comunidades locais. Os conhecimentos relacionados com as várias funções do manejo da água devem ser desenvolvidos por governos municipais e autoridades do setor privado, organizações não-governamentais locais/nacionais, cooperativas, empresas e outros grupos usuários de água. É necessária também a educação do público sobre a importância da água e de seu manejo adequado. (...) Para implementar esses princípios, as comunidades precisam ter capacidades adequadas. Aqueles que estabelecem a estrutura para o*

desenvolvimento e manejo hídrico em qualquer plano, seja internacional, nacional ou local, precisam garantir a existência de meios para formar essas capacidades os quais irão variar de caso para caso. Elas incluem usualmente: (a) programas de conscientização, com a mobilização de compromisso e apoio em todos os níveis; (...); e (e) partilha de conhecimento e tecnologia adequados, tanto para a coleta de dados como para a implementação de desenvolvimento planejado, incluindo tecnologias não-poluidoras e o conhecimento necessário para obter os melhores resultados do sistema de investimentos existente”.

Desde então, a comunidade internacional tem feito esforço considerável para aumentar a atenção sobre os recursos hídricos, sob os objetivos de equidade e sustentabilidade.

Diante das dificuldades que um controle estatal centralizado poderia acarretar, os sistemas políticos mais modernos, no que se refere a recursos hídricos, têm adotado a descentralização participativa. Nele, o Estado, apesar de manter o domínio sobre a água, descentraliza a gestão permitindo a participação da sociedade e dos usuários de água através de entidades especialmente criadas.

No Brasil, o interesse pelas questões ambientais teve reflexo na legislação específica desenvolvida nos últimos anos. A Lei das Águas (Lei 9.433/97) foi o marco legal para o estabelecimento dessa nova cultura. Em seu sexto fundamento, a lei aponta que a gestão de recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Por descentralizado entende-se que tudo o que puder ser resolvido localmente deverá ser assim feito, mas traz implicitamente a idéia de transferência para a sociedade de atribuições e responsabilidades na gestão.

A lei possui caráter inovador e moderno, sobretudo quando propõe que a gestão participativa deve ser feita não somente entre os níveis estadual e federal, mas também envolvendo os níveis de base. O envolvimento dos cidadãos na gestão de recursos hídricos é fundamental, tendo em vista as dimensões continentais do Brasil e as próprias características do setor, que

impossibilitam iniciativas centralizadas ou exclusivamente governamentais para o trato com a água. Não só no gerenciamento das águas como em outras iniciativas de conservação e proteção ambiental, os movimentos sociais brasileiros têm sido responsáveis por boa parte dos avanços, embora falte maior articulação e o reconhecimento das mídias, do público e dos governos para que esses grupos ampliem sua eficácia e abrangência de ação.

As soluções para o estabelecimento de uma gestão descentralizada são particulares e dependem dos contextos sócio-ambientais. No entanto, duas facetas são universalmente importantes: o empoderamento dos atores sociais, em todos os níveis, e a produção de dados com qualidade, para nortear as discussões e a tomada de decisões (UNESCO, World Water Assessment Programme. 2003. *Water for people, water for life: The United Nations World Water Development Report*. Barcelona: UNESCO and Berghahn Books).

Em busca de alternativas para o atendimento de objetivos tão complexos e amplos, desde 1999 o Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental (LAPSA/IOC/FIOCRUZ) vem desenvolvendo os “Programas Participativos de Avaliação Integrada e Monitoramento da Qualidade da Água de Rios”. O escopo deste breve artigo é apresentar as idéias e alguns resultados destes programas de pesquisa cujas propostas são: desenvolver e testar metodologias de coleta de dados eficientes e de baixo custo, além de materiais educacionais e estratégias de mobilização para a formação de grupos de agentes comunitários voluntários, tendo como unidade básica a bacia hidrográfica.

O Biomonitoramento como ferramenta de análise da qualidade da água de rios

As vantagens de utilizar abordagens integradas para a avaliação ambiental já vêm sendo apontadas por pesquisadores desde a década de 70. As abordagens mais modernas levam em conta não somente as metodologias tradicionais (análises físico-químicas e bacteriológicas, cujas limitações já foram amplamente discutidas), mas também

parâmetros ambientais e biológicos, a fim de obter um espectro completo de informações sobre o ecossistema.

O uso de parâmetros biológicos para medir a qualidade da água se baseia nas respostas dos organismos em relação ao meio onde vivem. Como os rios estão sujeitos a inúmeros distúrbios ambientais, a biota aquática reage de alguma forma a esses estímulos, sejam eles naturais ou antropogênicos. Monitoramento biológico, ou biomonitoramento, é definido como o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas.

Apesar do desenvolvimento de metodologias de avaliação com diversos organismos, o grupo de macroinvertebrados bentônicos é o mais testado e utilizado. Estas comunidades têm sido amplamente utilizadas por uma série de razões: 1) são ubíquos, podendo ser afetados por perturbações em praticamente todos os ambientes aquáticos e em todos os períodos; 2) a grande variedade de espécies oferece um amplo espectro de respostas às variações; 3) em rios de pequenas dimensões, a fauna pode ser extremamente rica, enquanto esses ambientes podem não comportar a fauna de peixes; 4) a natureza basicamente sedentária de várias espécies leva a uma eficiente análise espacial dos poluentes e efeitos nas populações existentes; 5) apresenta metodologias de coleta simples e de baixo custo, que não afetam adversamente o ambiente; 6) são relativamente fáceis de identificar segundo as metodologias existentes.

As vantagens da integração de resultados biológicos aos métodos tradicionais já foram apontadas em diversos estudos e vêm sendo cada vez mais empregados em programas oficiais de monitoramento (e.g. US EPA, CETESB, CETEC).

Fundamentos da educação para uma participação pública na gestão e manejo de recursos hídricos

A noção de manejo integrado espelha uma mudança progressiva na direção do desenvolvimento de abordagens que incluam todos os atores sociais, levando-se em conta as intrincadas conexões entre sociedade, cultura,

ciência e ambiente. Para tal, é necessária maior participação em todos os níveis e profundas modificações na relação entre estado e sociedade, com implicações nas formas com que o conhecimento é criado, adquirido e compartilhado.

Um aspecto fundamental a ser levado em conta na aplicação de um programa de monitoramento é a habilidade em traduzir a informação tanto para os gestores ambientais quanto para o público em geral. Atualmente, considera-se que parte do conhecimento científico gerado pelas pesquisas biológicas (ou por outras ciências) seja direcionado para atender às necessidades da sociedade. Muitas vezes, a complexidade dos resultados impede a interpretação pelo público leigo e até mesmo pelos tomadores de decisão, tornando a informação restrita e com baixo poder de resolução dos problemas. Portanto, é fundamental que esse processo envolva diversos atores sociais, integrando o meio científico, o político, o social e o econômico, para que as informações geradas sejam compreendidas e aplicadas adequadamente.

Vale ressaltar que para além do pragmatismo da resolução dos problemas ambientais concretos é fundamental no processo educativo a incorporação da crítica a respeito das causas e efeitos destes problemas ambientais e das responsabilidades individuais e coletivas. Desta forma, a Educação Ambiental atua não somente como atividade-fim, mas como tema-gerador, em uma perspectiva de educação libertadora.

Relatos de experiências dos programas participativos de avaliação da qualidade da água de rios

No município de Guapimirim, RJ, desenvolvemos um projeto em parceria com a Prefeitura Municipal de 2000 a 2004. Nos primeiros dois anos, o público escolar (professores e alunos de 6ª e 7ª séries) de três escolas locais (uma estadual, uma municipal e uma particular) foi envolvido diretamente, em caráter voluntário e extra-classe. Os objetivos neste período eram testar metodologias

relativamente simples de coleta e identificação de macroinvertebrados, em nível taxonômico de ordem, seguindo um índice desenvolvido a partir de trabalhos prévios nesta mesma área, além do uso de dados físico-químicos e de uma análise da integridade ambiental (traduzido e modificado de U.S. Environmental Protection Agency. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. Washington: EPA, 2nd Ed.).

As aulas eram realizadas uma vez por semana e a teoria era usada para favorecer a prática, onde se dava o processo de construção coletiva de cada conceito. Após a discussão/socialização dos resultados, novos temas/conceitos eram sugeridos para o encontro da semana seguinte.

As aulas práticas em campo eram realizadas nas localidades onde havia maior probabilidade de haver problemas ambientais e/ou nas áreas de referência, mais íntegras. A escolha das áreas era realizada em consenso entre os parceiros do projeto: segundo o ponto de vista técnico/científico, político/estratégico, dos usos da água e das representações sociais.

Ao realizarmos a coleta em uma das áreas de referência da bacia do rio Soberbo, a poucos metros dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, tanto as análises físico-químicas da água quanto a análise ambiental indicavam classe de qualidade “excelente”. No entanto, a análise biológica enquadrava o rio em classe “ruim”, apesar de descrito em trabalhos prévios como sendo um trecho com alta biodiversidade.

Os alunos decidiram então seguir os princípios da pesquisa qualitativa para investigar os motivos do possível impacto: após a observação de um fato/fenômeno (a qualidade da água estava incompatível com o esperado, portanto, haveria um possível impacto), foram levantadas perguntas (que tipo de impacto e como ocorreu?) e desenvolvida uma metodologia investigativa (mediante entrevistas com moradores locais).

Através das entrevistas que os alunos conduziram, chegamos à conclusão de que o problema deveria estar relacionado ao lançamento

de cloro na água, fato reiterado em várias falas e testemunhado por um aluno: “Fui dormir na casa do meu tio e ficamos conversando na varanda da casa... às 23 horas, sentimos um cheiro de cloro que parecia vir do rio... fomos até a beira do rio e vimos uma espuma branca nas margens e um cheiro bem forte de cloro na água”. De posse dessa nova informação, partimos em busca do potencial responsável pelo problema que, a que tudo indicava, era a empresa de abastecimento de água da cidade, único empreendimento próximo à área.

Em resumo, descobrimos que comumente nos tanques de estocagem, a cada dois meses dependendo das condições, parte do cloro armazenado solidifica, se agregando à parede dos tanques. Para sua remoção, o procedimento padrão é o jateamento, devendo o cloro ser removido e depositado em local adequado. No entanto, aparentemente o procedimento adotado em um município de pequeno porte, cuja fiscalização era precária (e inexistente durante a noite), foi o de liberar o cloro no rio Soberbo.

Após a empresa negar qualquer lançamento irregular de efluentes, iniciou-se um movimento social, capitaneado pelos alunos participantes do projeto, para resolução deste problema junto à prefeitura e à empresa. A notícia de que alunos podiam analisar a qualidade da água e detectar problemas ambientais chegou até os meios de comunicação e, em um mês, o projeto virou destaque de jornais e vários canais de TV.

Sempre com responsabilidade, o processo foi conduzido de forma a não denunciar a empresa, mas mostrar que o protagonismo juvenil poderia e deveria ser estimulado. A empresa e a prefeitura, pressionadas pelas associações de moradores e outras organizações civis, concordaram em financiar o projeto de monitoramento por um ano. Apesar da empresa sempre haver negado ser a causadora do incidente, “coincidentemente” não foram verificados eventos similares.

A partir desses eventos, muitas pessoas da comunidade se interessaram em participar do programa, tanto que, desde então, o foco está na

formação de agentes comunitários voluntários, não envolvendo necessariamente apenas o público escolar. Assim, atualmente o projeto almeja não somente realizar o diagnóstico da qualidade das águas, mas também ajudar a comunidade e outros atores sociais a construir fóruns de discussão sobre os impactos e potencialidades locais visando, sobretudo, à resolução dos problemas ligados à saúde humana e aos recursos hídricos.

A partir dessa experiência, o projeto foi implementado em outros municípios do Estado do Rio de Janeiro (Paracambi, Nova Friburgo, Rio de Janeiro e Engenheiro Paulo de Frontin), do Espírito Santo (Domingos Martins, Santa Maria de Jetibá) e do Paraná (Matelândia, Céu Azul e Toledo), com resultados igualmente animadores.

No município de Paracambi, as ações de monitoramento participativo indicaram que o Rio dos Macacos (tributário do Ribeirão das Lages, à jusante chamado de Rio Guandu, usado para o abastecimento da cidade do Rio de Janeiro) tinha suas águas degradadas, com alto grau de contaminação por efluentes domésticos, pelo município à montante da bacia, Engenheiro Paulo de Frontin. Os voluntários iniciaram então um programa de divulgação dos resultados nos dois municípios e junto ao Comitê do Rio Guandu. Atualmente, o município de Eng. Paulo de Frontin conta com um grupo de voluntários para determinar as fontes poluentes de forma a melhorar a qualidade da água dos rios.

No Estado do Paraná, o projeto conta com a parceria de Itaipu Binacional, Instituto Ambiental do Paraná, prefeituras e universidades locais. A proposta é abranger todos os 29 municípios que possuem rios que deságuam no lago de Itaipu, que contará com uma malha de mais de 700 voluntários e 20 universidades. Atualmente, além do monitoramento da qualidade da água, diversas ações educativas vêm sendo realizadas pelos voluntários com as comunidades, o que deu legitimidade aos grupos em busca de soluções para outros problemas (p.ex. luta por uma maior periodicidade da coleta de lixo, redução do uso de agrotóxicos e de boas práticas de manejo ambiental).

Outro marco de atenção dos programas participativos é a garantia da qualidade dos dados

gerados pelos voluntários, conforme os objetivos traçados pela UNESCO (*op. cit.*). Ou seja, não adianta apenas que a população participe. Os dados gerados nesses programas devem ser de qualidade para servirem à tomada de decisão. Por isso, aplicamos em todos os projetos metodologias de Quality Assurance/Quality Control (US EPA, *op. cit.*). Uma das formas para tal é realizar o monitoramento seguindo as técnicas usadas nos centros de pesquisa e compará-los aos dados gerados pelos voluntários. Os resultados até o momento indicaram que em 92% dos casos o índice multimétrico utilizado pelos pesquisadores, onde os macroinvertebrados são identificados em nível taxonômico de gênero, e o índice biológico criado para os voluntários, em nível taxonômico de ordem, produziram o mesmo resultado. Isto indica a possibilidade concreta do uso de dados gerados por voluntários, bem treinados e certificados, para o monitoramento rotineiro da qualidade das águas.

Nossa proposta é desenvolver uma rede de informações com múltiplas instituições para que essas atividades pautem os programas de monitoramento realizados pelos centros de pesquisa e as agências ambientais. Assim, o monitoramento, mais custoso, realizado por esses órgãos seria utilizado predominantemente quando os dados gerados pelos voluntários indicassem algum impacto. Isto permitiria a redução dos custos de análise, incluiria uma parcela da população na gestão ambiental (principalmente pessoas que sabem aonde os problemas ocorrem) e direcionaria os gastos públicos para a resolução dos problemas locais.

Saberes técnicos e populares: algumas reflexões em voz alta

No caso da produção científica ser concebida a partir do enfoque da participação e da ação, exige-se do pesquisador uma atitude política diante do conhecimento e da própria realidade. Os conhecimentos sobre a saúde, a cultura e a história são subsídios para a ação, para as mudanças desejadas. Na prática, esse relacionamento entre pesquisadores e a comunidade é uma relação dialética, onde

certamente o conhecimento sobre a realidade é enriquecido por ambas as partes. O elemento popular sente, mas nem sempre compreende ou sabe; o elemento intelectual sabe, mas nem sempre compreende ou, sobretudo, sente. (Gramsci, A. 1978. *Concepção Dialética da História*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira).

Neste sentido, esta relação entre o saber científico e os saberes da comunidade, para produção de um novo conhecimento, na prática, contribui para uma nova cultura, superando a idéia comum de que pesquisa se realiza de forma distanciada dos problemas da vida cotidiana e da luta pela saúde humana e ambiental (Freire, P. 1981. *Criando Métodos de Pesquisa Alternativa: aprendendo a fazê-la melhor através da ação*. In Brandão, C.R.; Pesquisa participante. 8ª ed. 1990. São Paulo: Brasiliense).

A participação representa e possibilita a ação interativa entre as forças que se complementam e se contrapõe numa comunidade. A não participação, de qualquer ator social, principalmente os mais antagonizados pelos problemas ambientais, decompõe a realidade reduzindo-a e simplificando-a, não dando conta de sua complexidade e somente possibilitando intervenções parciais. Assim, só se efetiva a gestão ambiental para superação dos problemas ambientais se a participação de todos os atores sociais envolvidos for possível.

Portanto, é fundamental a conquista de mecanismos participativos para a gestão ambiental, que garantam a participação de segmentos sociais mais fragilizados nos processos de negociação. Observamos que isto pode ser, em parte, adquirido com a aproximação entre estes setores e o setor técnico, pois amplia a capacidade de avaliação crítica da comunidade e confere autonomia de saber, uma vez que se cria uma nova cultura de construção de conhecimentos, que agrega e valoriza os vários saberes. Uma educação política (Freire, 1986, *op. cit.*) permite a ampliação do espaço democrático na sociedade.

É certo que os dados gerados pelos programas participativos são de grande valor, não apenas por envolver setores sociais desprivilegiados de atuação nos processos de gestão, mas porque a

comunidade sabe aonde os problemas existem e quais os mecanismos locais possíveis para resolvê-los. No caso do programa de pesquisas aqui apresentado, demonstrou-se que, a partir de um treinamento básico adequado, os voluntários mostraram ser capazes de agir na melhoria efetiva da qualidade da água e, portanto, de vida, de toda a população.

Daniel F. Buss

buss@centroin.com.br
FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ

Macroinvertebrados Aquáticos e o Licenciamento Ambiental

O universo de ferramentas utilizadas para análises ambientais em sistemas de água doce não é pequeno. Diversos são os estudos que fazem uso de metodologias baseadas em análises químicas, físicas, morfológicas e biológicas dos cursos d'água. Dentre as metodologias propostas para análises ambientais incluindo macroinvertebrados aquáticos, destacam-se os protocolos de avaliação rápida (e.g., Rapid Assessment Protocol - EPA), índice de integridade biológica (B-IBI, Kerans B. L, Karr J. R. 1994. *Ecol Appl* 4: 768-785) e inúmeros índices com as mais variadas siglas: EPT, EPT-C, BMWP, referentes a programas reconhecidos em nível nacional e internacional para a avaliação de impactos ambientais.

Muito já se comentou a respeito da superficialidade de alguns índices (Nijboer e cols. 2005. *Freshwater Biology* 50:1427-1440) ao utilizarem poucos taxa em nível de grandes grupos taxonômicos (e.g., EPT, EPT-C), ou mesmo um universo maior de grupos taxonômicos (e.g., BMWP), os quais podem resultar em classificações precipitadas da qualidade da água. Ainda, particularidades regionais tornam os índices restritos à aplicação em sua área de origem (e.g., AusRivAS, Austrália; RIVAPACS, Reino Unido) sendo sendo largamente apresentados pela comunidade

científica, porém sua implantação e reconhecimento por órgãos ambientais deve ser intensificado e incentivado em todas as instâncias. muitas vezes não possível seu uso em outras regiões.

Segundo Nijboer e cols. (2005. *Freshwater Biology* 50: 1427-1440), deveria-se utilizar todos os taxa para caracterizar a comunidade de macroinvertebrados em programas de avaliação e monitoramento de impacto ambiental. Mas será que isto é suficiente, afinal este procedimento demanda um trabalho exaustivo na triagem, separação e identificação de muitos taxa e em curto prazo isto se torna inviável. Contudo, análises envolvendo o metabolismo de sistemas aquáticos podem prover informações de vários parâmetros, resumidos em uma atividade biológica facilmente compreensível – processos ecológicos - quer seja, produção, consumo ou decomposição (Gessner e Chauvet. 2002. *Ecological Applications* 12(2): 498-510; Pascoal e cols. 2003. *Freshwater Biology* 48:2033-2044.) ou, a interação desses com a estrutura da comunidade ou assembleias de macroinvertebrados (Casas e Gessner. 1999. *Freshwater Biology* 41: 781-793). Gessner e Chauvet (2002 *Ecological Applications* 12(2): 498-510) enfatizam a utilização de indicadores ecossistêmicos na avaliação da qualidade da água como uma importante ferramenta a ser utilizada, pois estes se relacionam diretamente ao ecossistema em questão e serve como mecanismo confiável para detectar fragilidades ambientais.

Um dos atuais desafios no uso adequado de macroinvertebrados como apetrecho para o monitoramento ambiental consiste na percepção da escala temporal e espacial em que os impactos estão sendo avaliados. Os distúrbios físicos, sejam eles naturais e/ou antrópicos, podem influenciar a estruturação das assembleias de macroinvertebrados aquáticos de forma dinâmica, apresentando diversos cenários em curtos espaços de tempo.

No Brasil, estudos envolvendo macroinvertebrados aquáticos como indicadores da qualidade da água (Marques e Barbosa, *Hydrobiologia*. 457: 69-76) ou até mesmo em tentativas de classificações dos sistemas lóticos

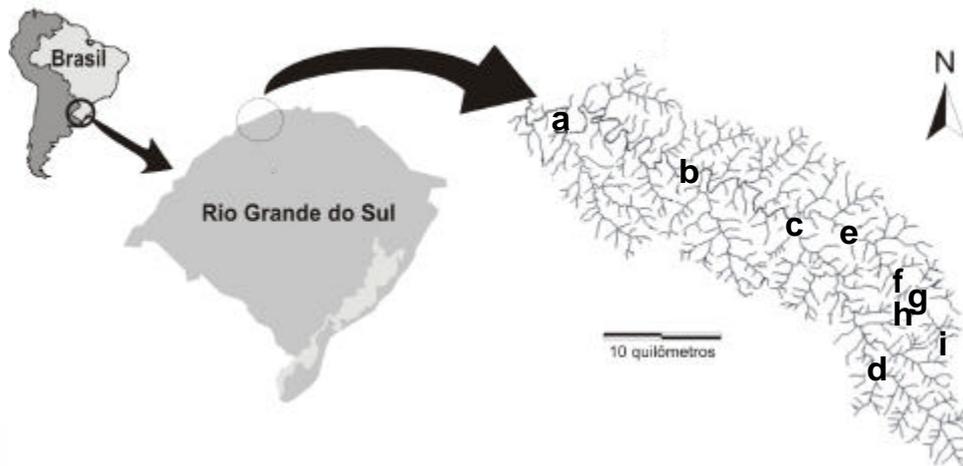
(Galdean e cols. 2000. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 3:545-552) vem sendo largamente apresentados pela comunidade científica, porém sua implantação e reconhecimento por órgãos ambientais deve ser intensificado e incentivado em todas as instâncias.

Atribui-se alguns fatores para a utilização pouca efetiva de macroinvertebrados aquáticos como prática para o licenciamento, avaliação e monitoramento ambiental por órgãos fiscalizadores no Brasil. Dentre eles, inclui-se a carência de uma política pública como veículo incentivador para o reconhecimento desta análise mais refinada, bem como a percepção da inter-relação dos padrões e processos ecológicos em diferentes escalas, o qual vislumbra perspectivas de maior amplitude no entendimento, reconhecimento e detecção de alterações ambientais.

Estudos vinculados ou em parcerias com os órgãos ambientais permitem a aplicação do conhecimento acadêmico no âmbito das políticas públicas. Rodrigues e Barbosa (2006. In: *Manual Técnico*, Vol. 2:85-96) avaliaram o impacto das atividades suinícolas em cursos d'água de uma bacia hidrográfica no noroeste gaúcho, através de um projeto junto ao órgão ambiental estadual (FEPAM) financiando pelo programa nacional do meio ambiente (PNMA II-MMA). A partir da determinação da taxa de decomposição foliar associados à colonização por macroinvertebrados aquáticos, detectaram-se trechos da bacia hidrográfica sob impacto da atividade suinícola, gerando subsídios para o órgão ambiental intervir na regulamentação do licenciamento das atividades suinícola (Fig. 1).

Em áreas naturais sujeitas a impactos ambientais de diferentes níveis, quando detectada alguma alteração ambiental ou ainda, se pretende realizar o licenciamento de uma atividade que possa causar algum dano ao ambiente e/ou a sua diversidade, é imprescindível o seu licenciamento por órgão competente. Recentemente estudos têm sido conduzidos a fim de subsidiar o licenciamento de atividades extrativistas no Rio Grande do Sul. Mesmo para o licenciamento de uma

(i)



(ii)

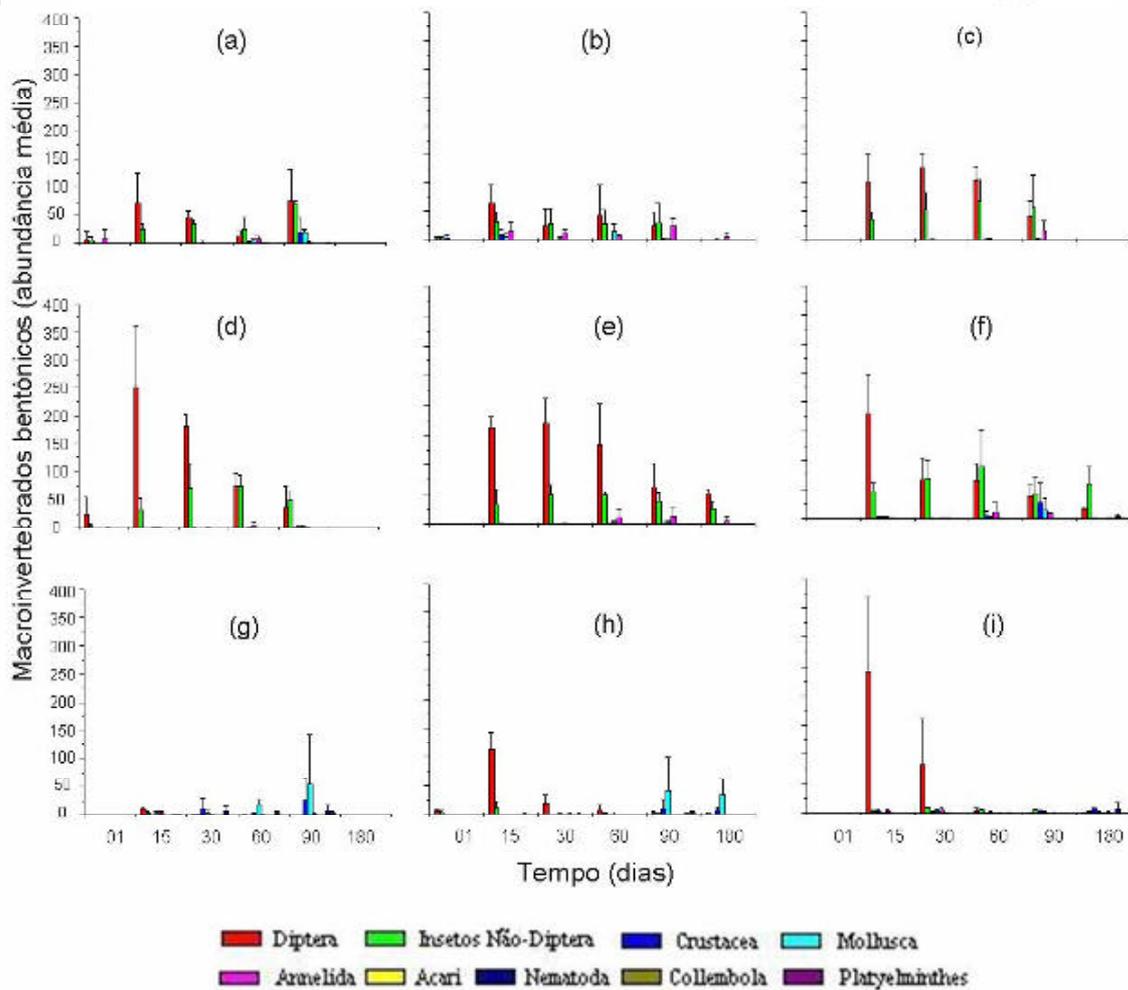


FIG 1: (i) Localização espacial da bacia hidrográfica Lajeado Grande, RS e das estações de coleta (EC) analisadas em experimentos de colonização e decomposição foliar de *Ocotea puberula* (Lauraceae). (ii) Valores referentes à abundância média de macroinvertebrados durante período 180 dias. EC's a, b, g e h apresentaram menores valores de abundância cumulativa. EC's c, d, e e f apresentaram maiores valores de abundância cumulativa. [Rodrigues, G. G. & Barbosa, A. F. 2006. Concepção ecossistêmica para avaliação da qualidade da água na bacia do Lajeado Grande. In: Controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no Estado do Rio Grande do Sul (Programa Nacional do meio Ambiente - PNMA II). Manual Técnico, Vol. 2: 85-96].

atividade de uso sustentável em áreas de preservação permanente, este processo é permeado por inúmeros estudos que envolvam tanto análises em diferentes níveis de organização, desde organismo, população, comunidade e ecossistema. Neste caso, foi viável reunir subsídios técnico-científicos no monitoramento com macroinvertebrados para a legalização de uso de fibras vegetais (macrófitas aquáticas) por pequenos agricultores familiares (extrativistas), através da simulação de um distúrbio no sistema (corte de *Typha domingensis*) associado aos estudos de crescimento da macrófita e o monitoramento da estrutura da comunidade de macroinvertebrados em áreas com efeitos do corte e áreas controle (Fig. 2).

Assim, medidas e análises da biodiversidade de assembléias de macroinvertebrados aumentam a resolução de detecção de distúrbios, porém em alguns casos apresentam respostas limitadas quanto à dinâmica do sistema em questão. Quando associados a processos ecossistêmicos, porém, análises de biodiversidade tornam possível detectar não somente a ocorrência destes distúrbios como também identificar e monitorar o metabolismo do sistema aquático.

Considerações finais

- ✎ Um dos desafios no uso de macroinvertebrados como apetrecho para o monitoramento ambiental consiste na percepção da escala espaço-temporal em que os impactos estão sendo avaliados.
- ✎ Distúrbios naturais e/ou antrópicos que podem influenciar as assembléias de macroinvertebrados ocorrem de forma dinâmica apresentando diversos cenários em curtos espaços de tempo.
- ✎ A implantação de metodologias para a análise de impacto ambiental baseadas em macroinvertebrados por agências, instituições e órgãos de fiscalização ambiental é uma medida que deve ser intensificada e incentivada.
- ✎ Atribui-se alguns fatores para a pouca utilização efetiva de macroinvertebrados aquáticos como prática de monitoramento por órgãos fiscalizadores no Brasil. Dentre eles, inclui-se a carência de uma política pública incentivando o reconhecimento desta análise mais refinada na avaliação de impacto e monitoramento ambiental.

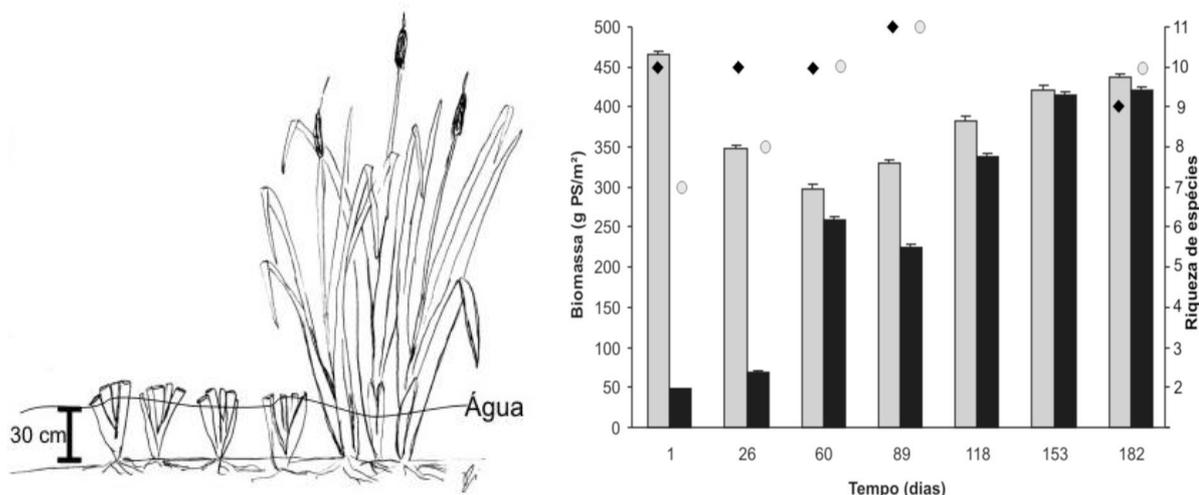


FIG 2: A, esquema do corte de *T. domingensis*. B, Regeneração de *T. domingensis* e riqueza de macroinvertebrados. As barras expressam valores de biomassa de *Typha* nos diferentes tratamentos: [cinza, tratamento controle e preto tratamento de corte][losango escuro, riqueza de macroinvertebrados nos controles; círculo claro, riqueza de macroinvertebrados no tratamento de corte]. (Silveira, T.C.L. 2006. Avaliação da sustentabilidade do uso de plantas aquáticas para confecção de artesanato. In: I Simpósio sobre o Uso Sustentável da Mata Atlântica, Palmeira Juçara, plantas aquáticas e cipós como alternativas sustentáveis. Maquiné, RS, 06 de abril de 2006. www.jornaldomeioambiente.com.br).

-
- ✎ O estudo a partir do reconhecimento das inter-relações (estrutura e processos ecológicos) em diferentes escalas vislumbra perspectivas de maior amplitude no entendimento e detecção de alterações ambientais.
 - ✎ Medidas e análises da biodiversidade de assembléias de macroinvertebrados aumentam a resolução de detecção de distúrbios, mas têm resposta limitada quanto à dinâmica do sistema em questão.
 - ✎ Quando associadas a processos ecossistêmicos, as análises de diversidade de macroinvertebrados aquáticos tornam possível detectar não somente a ocorrência destes distúrbios como também identificar e monitorar o metabolismo do sistema aquático.

Gilberto Gonçalves Rodrigues

gilberto_rodrigues@ecologia.ufrgs.br

Thiago Cesar Lima Silveira

thiagoclsilveira@yahoo.com.br

André Frainer Barbosa

afbarbosa@ecologia.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Biogeografia e Macroinvertebrados de Água Doce

Cada táxon, seja ele espécie, gênero ou qualquer outra categoria, ocupa uma área geográfica, chamada de área de distribuição, extensão ou endemismo. A biogeografia é a disciplina que estuda os padrões de distribuição dos organismos. Ela procura explicar como os táxons são distribuídos e porque a composição taxonômica da biota varia de uma região para outra, através da formulação de hipóteses acerca de processos históricos e ecológicos. A biogeografia pode também ser referida como fitogeografia ou zoogeografia, quando o objeto

de estudo é a flora ou a fauna, respectivamente.

O conhecimento de eventos relacionados à história geológica da terra, como mudanças no clima e geografia, e de fatores e processos ecológicos, como tipo de hábitat e interações, é essencial para a compreensão dos padrões atuais de distribuição dos organismos. A análise e entendimento destes padrões de distribuição vão depender da escala do estudo. Assim sendo, dados sobre a configuração passada dos continentes e ligações terrestres podem ser importantes para explicar padrões de distribuição de maior escala, nos quais componentes históricos teriam uma maior influência, enquanto que em uma escala menor os padrões de distribuição poderiam ser mais influenciados por fatores ecológicos recentes. Da mesma maneira, a avaliação da influência de fatores históricos e ecológicos são importantes para uma melhor interpretação da atual distribuição e composição de comunidades aquáticas. Junto à grande variabilidade do meio das águas continentais, como variações nas concentrações de íons, nutrientes, temperatura, as características regionais influenciam a distribuição dos organismos aquáticos e a atual composição de comunidades de rios e lagos (Schäfer, A. 1984. Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais).

As chamadas regiões biogeográficas são áreas do globo onde distintos endemismos são reconhecidos. O primeiro mapa biogeográfico foi publicado por Lamarck & Candolle em 1805 para a flora da França (Ebach & Goujet 2006 *J. Biogeogr.*, 33: 761-769), mas foi Candolle em 1820 que fundou o sistema global de regiões biogeográficas, ao reconhecer 20 áreas de endemismos baseado na distribuição de plantas, passando este número para 40 áreas pelo próprio Candolle em 1838. Considerando a distribuição da fauna, os primeiros zoogeógrafos não distinguiram mais do que seis regiões continentais, e o reconhecimento formal dessas regiões começou com o trabalho de Sclater em 1858, o qual dividia o mundo em seis regiões, posteriormente aceitas por Wallace em 1876 ao também estudar a distribuição de animais. Os mapas de Wallace mostraram em 1876 as seis

regiões ou reinos biogeográficos que atualmente ainda são amplamente aceitos: Região Afrotropical (ou Etiópica), Australiana, Neártica, Neotropical, Oriental e Paleártica. As regiões Neártica e Paleártica juntas são frequentemente referidas como Região Holártica, pois ambas compartilham a distribuição de muitos táxons. No interior dos grandes reinos, barreiras à dispersão como cadeias de montanhas, ou regiões de mudanças ambientais abruptas como desertos, muitas vezes definem os limites entre associações de espécies. Dessa forma, diversos autores vêm identificando e delimitando áreas biogeográficas com base nas análises dos padrões de distribuição dos organismos. Morrone (2006. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 467-494) distingue sub-regiões, domínios, províncias biogeográficas e zonas de transição na América Latina, incluindo algumas da Região Neártica, com base em análises cladísticas da fauna de insetos aquáticos e terrestres. Ainda, vale mencionar que estas grandes regiões biogeográficas nem sempre representam limites para a distribuição. Banareescu (1990. *Zoogeography of Fresh Waters. Vol 1: General Distribution and Dispersal of Freshwater Animals*) menciona que estas regiões não se encaixam bem para a fauna de água doce, pois sistemas fluviais muitas vezes não representam barreiras para a fauna aquática.

Os macroinvertebrados de água doce, assim como os demais organismos aquáticos, podem ser classificados em dois grupos gerais, em relação às suas origens: grupos de origem marinha, ou organismos aquáticos primários, e grupos de origem terrestre, ou organismos aquáticos secundários. Exemplos de macroinvertebrados aquáticos primários são moluscos bivalvos e crustáceos, e de macroinvertebrados aquáticos secundários moluscos gastrópodos, alguns oligoquetos, e insetos e ácaros aquáticos. Muitas vezes a delimitação entre organismos de água doce de origem marinha e organismos marinhos é difícil. Algumas espécies não são nem genuinamente marinhas nem originalmente de água doce, vivendo exclusivamente em águas salobras, enquanto outras são eurialinas, ou seja, toleram uma ampla variação de salinidade, habitando águas salgadas, salobras e doces

(Banareescu. *op cit*). A definição de um organismo como aquático ou terrestre também não é muito fácil, já que larvas de vários grupos são aquáticas e os adultos terrestres (ou aéreos), como no caso de muitos insetos aquáticos, ou ainda vivem em ambientes úmidos, como o folhiço de florestas, e são considerados semi-terrestres.

Uma grande parte destas linhagens de macroinvertebrados é limitada a ambientes aquáticos, pois a evolução destes grupos aconteceu em águas continentais e suas dispersões ocorreram via rotas de água doce. De acordo com Banareescu (*op cit*), estes grupos apresentam um padrão de distribuição continental, similar às linhagens terrestres, e são incluídos dentro das linhagens chamadas de Holárticas, Gondwânicas, etc., estando relacionados à distribuição passada dos continentes. Já outras linhagens são provenientes de grupos marinhos, e suas distribuições estão relacionadas às áreas de águas continentais onde seus ancestrais adentraram; estes grupos possuem um padrão de distribuição chamada periférica. Por exemplo, a separação da América do Sul do continente africano resultou no aparecimento do Oceano Atlântico, e vários grupos de linhagens marinhas deste oceano colonizaram águas continentais de ambos os continentes, como foi o caso do gênero de crustáceos *Atya*.

Estes sucessivos movimentos das massas de terra, desde a separação da Pangea em Laurásia e Gondwana, e a deriva destas até a configuração atual dos continentes, foram responsáveis por muitos padrões passados e atuais de distribuição das espécies, chamados de padrões de vicariância. Um dos primeiros trabalhos a provar a existência de eventos vicariantes foi feito por Brundin (1966. *K. V. A. Handl.* 11: 1-472 + 30 plates), ao estudar relações filogenéticas de insetos dípteros quironomídeos das subfamílias Podonominae, Aphroteniinae e Diamesinae. Brundin (*op cit*) investigou as relações de parentesco e distribuição destes grupos de quironomídeos em riachos frios de montanha em áreas temperadas da América do Sul, África do Sul, Austrália e Nova Zelândia, e Antártida. Ao comprovar que existiam relações

estreitas de parentesco entre estes táxons de quironomídeos e, desta forma, a existência de relações trans-antárticas, Brundin sugeriu que estes grupos tiveram uma origem austral-Gondwânica, corroborando com a hipótese de que a distribuição de muitos organismos relaciona-se à história geológica dos continentes.

As modificações climáticas durante e após as glaciações provocaram as maiores migrações ativas de formas límnicas: de um lado, pela mudança contínua dos sistemas lóticos e lênticos se formaram ou caíram barreiras para dispersões e, por outro lado, pela grande quantidade de formas relictas em determinadas regiões (Schäfer, *op cit*). A capacidade de dispersão por grandes distâncias varia muito de grupo para grupo. Em um ambiente lótico, uma das formas de dispersão que possibilita a colonização de novas áreas é a deriva ou “drift” passivo e ativo de muitos macroinvertebrados, principalmente insetos aquáticos. Insetos aquáticos que possuem a forma adulta alada também podem se dispersar ativamente ou ser transportados a grandes distâncias pelo vento. Alguns moluscos e microcrustáceos às vezes se dispersam na forma de ovos, ou em formas de resistência, presos a outros animais. Ainda, em ambientes lênticos a dispersão também pode ocorrer através de canais, interligações naturais ou modificadas pelo homem entre lagos e lagoas.

A habilidade de dispersão é apenas um de muitos fatores ecológicos que influenciam a distribuição. O sucesso de um organismo em colonizar um determinado lugar vai depender de mecanismos de escolha de hábitat e interações com outros organismos, além de diversas características ambientais como altitude, temperatura, disponibilidade de nutrientes e vários outros fatores físico-químicos.

Macroinvertebrados de ambientes lóticos que realizam deriva (“drift”) possuem mecanismos sensoriais que possibilitam a escolha de um novo hábitat, que geralmente possui características semelhantes às daquele de onde o indivíduo saiu. Assim sendo, muitos macroinvertebrados aquáticos como insetos e crustáceos apresentam preferências por um tipo de substrato, o hábitat onde eles vão passar parte

ou todo o seu ciclo de vida. A escolha por sítios de postura também envolve mecanismos comportamentais; em certas espécies de insetos da ordem Odonata, os machos adultos ocupam territórios que determinam onde as fêmeas irão realizar a postura de ovos.

A distribuição local de espécies pode ser limitada pela predação, parasitismo e competição. Estudos considerando o impacto da predação em ambientes de água doce têm os dípteros quironomídeos como a principal categoria de presa, e muitos destes trabalhos mostram que há uma diminuição da densidade de quironomídeos através de predação direta ou indireta por outros macroinvertebrados (outros insetos aquáticos predadores como plecópteros e odonatas) ou vertebrados (peixes e aves).

O gradiente de altitude seria outro fator que influenciaria a distribuição de organismos. Illies (1964. *Verh. Int. Verein. theor. Angew. Limnol.* 15: 1077-1083) sugeriu que haveria uma relação causal entre uma assumida concentração alta de oxigênio na água em riachos de altitude e a distribuição de macroinvertebrados ao longo de um gradiente altitudinal. O suprimento potencial de oxigênio para macroinvertebrados aquáticos é influenciado por dois fatores dependentes da temperatura: o coeficiente de difusão do oxigênio na água, que aumenta com o aumento da temperatura, e a viscosidade cinemática da água, que diminui com o aumento da temperatura, reduzindo a espessura da subcamada laminar envolvendo a superfície do corpo destes organismos e, assim, aumentando a difusão do oxigênio (Jacobsen *et al.* 2003. *Freshw. Biol.* 48: 2025-2032).

A produção, qualidade, entrada, transporte e disponibilidade da matéria orgânica em ambientes aquáticos influenciam a composição e função das comunidades de macroinvertebrados. O conceito do contínuo fluvial ou rio contínuo (Vannote *et al.* 1980. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.) propõe que haveria uma zonação longitudinal de macroinvertebrados em sistemas lóticos, influenciados pela a estrutura física do rio, ciclo hidrológico e padrões de carreamento, transporte, utilização e estocagem da matéria

orgânica ao longo do rio: nas cabeceiras haveria um predomínio de táxons cortadores e coletores da matéria orgânica, em trechos médios de raspadores e coletores, e em trechos inferiores de coletores da matéria orgânica mais finamente particulada, proveniente de trechos superiores do rio. No caso de ambientes lênticos como lagos e lagoas, há uma diferença na distribuição de táxons da zona litoral para a profunda, e dentro de cada zona, a composição da comunidade está relacionada com condições do hábitat. Alguns grupos de crustáceos e insetos têm sua distribuição relacionada com a distribuição de macrófitas e algas epifíticas associadas, enquanto que outros estão relacionados à rugosidade do substrato (macroinvertebrados que constroem tubos ou galerias, macroinvertebrados que vivem em sedimentos mais grossos na zona litoral).

Inúmeros outros fatores ambientais, como pH, alcalinidade, salinidade, turbidez da água, vão influenciar a composição e a distribuição atual dos macroinvertebrados em ambientes de água doce. Um exemplo para a nossa região é a caracterização da Bacia Amazônica em três tipos de sistemas de água doce (Sioli. 1965. *Amazoniana* 1(1): 74-83), de acordo com as condições físico-químicas e tipo de material sólido suspenso ou dissolvido nestas águas: rios de coloração levemente esverdeada, transparentes, sem material em suspensão, chamados de águas claras; rios de coloração parda, com muito material em suspensão, chamados de águas brancas; e rios de água transparente, de coloração marrom devido à presença de substâncias húmicas, sem substâncias sólidas em suspensão e chamados de águas pretas. Condições ecológicas tornam-se mais nítidas na região central, onde predominam rios de água preta, com um pH em torno de 4.5, sendo estas águas ácidas e pobres em eletrólitos. A pequena quantidade de sais nutritivos impossibilita uma grande produção primária, e macroinvertebrados fitófagos e detritívoros como larvas de mosquitos culicídeos e percevejos aquáticos como os corixídeos são mais raros nestas águas (Fittkau.1971. *II Simposio y Foro de Biología Tropical Amazonica*, p. 365-372). A distribuição dos organismos aquáticos está relacionada com a natureza dessas águas e, dessa maneira,

relacionada também com a formação geológica e climatológica da região.

Angela M. Sanseverino

amsansev@biologia.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Macroinvertebrados de Água Doce no Brasil: um Retrato do nosso Conhecimento Atual

O Brasil está entre os países mais ricos em recursos hídricos do planeta, com três grandes bacias hidrográficas e o maior aquífero do mundo. A diversidade de corpos d'água e da biota acompanham a magnitude dessa riqueza. Por outro lado, temos um pequeno contingente de profissionais qualificados para fazer frente à necessidade de produzir conhecimento em velocidade compatível ao avanço da demanda sobre os recursos hídricos, especialmente no que se refere ao seu aproveitamento de forma sustentável e à conservação da biota.

Os estudos acerca da fauna em corpos de água doce no Brasil não se desenvolveram equitativamente em seus diversos compartimentos. O de ictiologia, por motivos até certo ponto óbvios, foi um dos que mais se desenvolveu e consolidou, com a diversificação de subáreas de estudo, formação de redes de informação, bancos de dados e importantes coleções de referência. Junto a isso, houve grande investimento na formação de recursos humanos. Outro compartimento que se desenvolveu foi o de zooplâncton. A uniformidade e a simplicidade dos métodos de amostragem e a associação com estudos de caracterização limnológica, provavelmente concorreram para isso. Outro fator decisivo foi o direcionamento para estudos em ambientes do sistema lêntico, como açudes, reservatórios e represas.

Somente nas últimas décadas os estudos com macroinvertebrados de água doce vêm

ganhando visibilidade, especialmente por motivos relacionados à conservação de recursos hídricos, em especial, do sistema lótico, onde o bentos é uma das biocenoses mais importantes. Contudo, apesar do esforço crescente empreendido por várias instituições de pesquisa, ainda há uma defasagem significativa entre esse segmento e os anteriores. A nossa megadiversidade da fauna, o pequeno conhecimento taxonômico, as dificuldades inerentes ao estudo das comunidades bentônicas (incluindo heterogeneidade ambiental, a conseqüente distribuição desigual e o ciclo de vida anfíbio de grande parte de seus componentes) e a necessidade de especialização cada vez maior nos diferentes grupos taxonômicos, são fatores responsáveis por essa defasagem.

Para obter um panorama dos estudos com macroinvertebrados de água doce no Brasil, fizemos um levantamento dos resumos apresentados nos últimos congressos brasileiros de Ecologia, Entomologia, Limnologia e Zoologia, nos anos 2005 e 2006. Preferimos utilizar somente estudos apresentados em congressos como base para nossa pesquisa por considerarmos que estes refletem melhor as diversas atividades desenvolvidas no país, incluindo estudos acadêmicos, trabalhos técnicos, formação de recursos humanos e projetos educacionais, e que os seus resultados nem sempre são expressos em publicações científicas.

Nos quatro congressos, a participação de estudos envolvendo macroinvertebrados de água doce correspondeu a aproximadamente 8% de cerca de 6.650 resumos apresentados. Como esperado, a maior participação relativa, aproximadamente 18%, ocorreu no Congresso Brasileiro de Limnologia, enquanto que nos outros congressos essa participação ficou em torno de 6%. Os estudos referentes a corpos d'água das regiões Sudeste e Sul representaram mais de 60% do total, o que reflete a maior concentração de instituições de pesquisa, de financiamento e de demanda por serem áreas com maiores concentrações populacionais e impacto antropogênico. As demais regiões contribuíram com pouco mais de 37% dos estudos, sendo o Nordeste a região com o menor número de estudos realizados, menos de 9% (Fig. 1). Cerca de 6%

abordaram duas ou mais regiões.

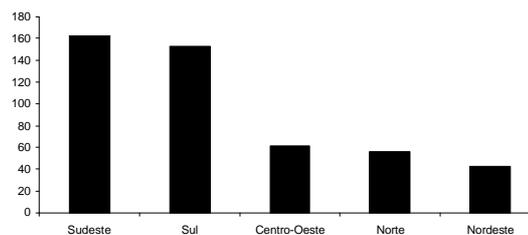


FIG 1: Número de resumos relativos a macroinvertebrados de água doce, por região, apresentado nos anos de 2005 e 2006 nos congressos brasileiros de Ecologia, Entomologia, Limnologia e Zoologia.

Dentre os sistemas aquáticos, cerca de 300 estudos foram desenvolvidos com fauna de ambientes lóticos e cerca de 260, com fauna de ambientes lênticos. Destes, mais de 20% foram desenvolvidos em reservatórios ou represas e menos de 5% enfocavam fitotelmata. Esses resultados mostram um direcionamento de estudos para ambientes lênticos, levando-se em conta a proporção inversa entre os dois sistemas no país.

Uma análise preliminar indica que o estudo de macroinvertebrados de água doce vem se diversificando, com a utilização cada vez maior desses organismos em diversas atividades que perpassam pela pesquisa básica e sua aplicação com diferentes finalidades, respondendo a demandas atuais. Os resumos analisados foram agrupados nas seguintes áreas de conhecimento: Biologia (bionomia, alimentação, fisiologia e reprodução), Ecologia (comunidades, populações, distribuição, comportamento, associações, conservação, controle, biomonitoramento, etc.), Educação Ambiental, Genética (análise molecular, citogenética, genética de populações, etc.), Zoologia (taxonomia, filogenia, inventários faunísticos, distribuição, biodiversidade, coleções zoológicas, etc.) e Métodos e Técnicas (Fig. 2). Geralmente, um mesmo resumo abrangeu mais de uma área ou subárea.

A maioria dos trabalhos considerados na área Biologia estava relacionada ao cultivo de espécies de potencial importância econômica e ao controle de espécies de importância médico-sanitária ou invasoras. Alguns estudos foram

desenvolvidos com relação à toxicidade de drogas e à bioacumulação de poluentes. A maior parte dos estudos agrupados na área Ecologia referia-se a abundância, riqueza e distribuição espacial e temporal da comunidade macrobentônica, comparando áreas com diferentes graus de impacto antropogênico e visando biomonitoramento. Menos de dez resumos foram relacionados a estudos básicos, descritivos ou experimentais, sobre teoria ecológica ou o entendimento e a descoberta de processos ecológicos.

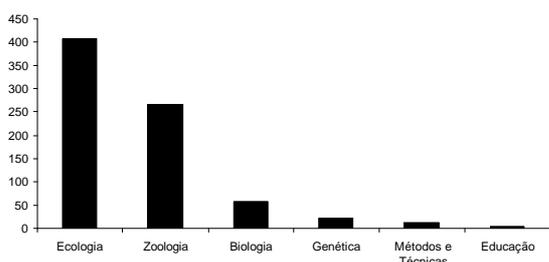


FIG 2: Número de resumos relativos a macroinvertebrados de água doce, por área de conhecimento, apresentado nos anos de 2005 e 2006 nos congressos brasileiros de Ecologia, Entomologia, Limnologia e Zoologia.

Também, na área Zoologia, os estudos visaram prioritariamente levantamentos faunísticos para caracterizar preliminarmente corpos d'água ou bacias hidrográficas. Muitos desses estudos apresentaram resolução taxonômica limitada à categoria de família e alguns à de gênero, uma limitação inerente à falta de conhecimento taxonômico e à abordagem empregada nos estudos. Cerca de 90% da fauna de macroinvertebrados de água doce é constituída por insetos, dos quais a maioria das formas aquáticas é representada por imaturos, cuja identificação em nível específico é dependente da associação com a forma adulta, não aquática e de ocorrência concentrada em determinados períodos do ano. Infelizmente, reforçando essa deficiência, o número de estudos taxonômicos envolvendo listagens, distribuição geográfica, descrições, filogenia e chaves de identificação representou cerca de 10%.

O panorama que temos é de que os estudos desenvolvidos relacionam-se claramente a demandas atuais como saúde e meio ambiente.

Cabe ressaltar a importância dessas demandas no direcionamento, e talvez, no desenvolvimento de estudos com macroinvertebrados. É nítido que há grande influência dos grandes empreendimentos e da legislação ambiental em vigor. Cerca de 100 estudos apresentados estão explicitamente relacionados a atividades de biomonitoramento, cerca de 170 referem-se a "levantamento" e aproximadamente 90 relacionam-se à área de saúde. Apenas recentemente, estudos de biomonitoramento e de impacto ambiental ou de zoneamentos, obrigatórios, têm incluído macroinvertebrados no conjunto de grupos abordados, desde os primeiros levantamentos para caracterização da biota. Nos países mais desenvolvidos, com tradição em pesquisa em macroinvertebrados de água doce, vários sistemas de acompanhamento já foram elaborados, testados e aprimorados. Esse avanço foi proporcionado pela existência de uma boa base de conhecimento taxonômico e biogeográfico da fauna de água doce.

Ainda estamos muito aquém do necessário quanto ao conhecimento de nossa biodiversidade. Programas incentivando pesquisa básica visando descrever a fauna de macroinvertebrados de água doce, sua biologia e interações são fundamentais. A formação de recursos humanos em taxonomia, a realização de inventários faunísticos, listas taxonômicas e chaves de identificação são as mais importantes barreiras a serem transpostas.

Jorge Luiz Nessimian

nessimia@acd.ufrj.br

Nelson Ferreira Júnior

nferrejr@acd.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Métodos e Equipamentos

MÉTODOS MOLECULARES PARA ANÁLISE DE COMUNIDADES MICROBIANAS EM AMBIENTES AQUÁTICOS: II. PCR

O desenvolvimento das técnicas moleculares tornou possível o estudo da diversidade de comunidades microbianas através de análise e comparação de seqüências de genes que codificam para o rRNA (rDNA) ou do próprio rRNA, possibilitando, assim, o estudo da parcela das comunidades representada pelos microorganismos não cultiváveis. O crescente aumento do número de seqüências depositadas no banco de dados via internet (www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/) possibilitou a comparação de seqüências por todo o mundo, logo a análise de diversidade microbiana alcançou altos níveis de resolução (grupos, espécies e estirpes). Outro importante avanço foi o estudo de funções e metabolismos específicos, por exemplo, a análise de estrutura de comunidade de nitrificantes em um determinado ambiente. Todos os avanços citados anteriormente só foram possíveis de serem realizados com o advento da técnica de PCR (“Polymerase chain reaction”).

Essa técnica consiste na amplificação do número de uma determinada seqüência específica, definida por iniciadores também específicos, a partir do DNA total, seja de um determinado organismo, seja de uma amostra ambiental. O mecanismo de funcionamento da PCR é baseado em dois componentes principais, os iniciadores, também chamados de “primers”, que vão se ligar ao genoma por homologia de seqüência definindo qual região do mesmo que deverá ser copiada, e a enzima DNA polimerase que é responsável pela realização da reação adicionando os desoxiribonucleotídeos a nova fita a ser sintetizada. E essa atividade enzimática se tornou responsável pelo próprio nome da técnica, reação da polimerase em cadeia (ou “Polymerase Chain Reaction”) – PCR.

Existem outros componentes necessários para que a reação aconteça, entre eles estão: tampão, cloreto de magnésio e os desoxiribonucleotídeos (dNTPs: dATP, dCTP, dGTP e dTTP). Em algumas reações de PCR são utilizados alguns aditivos como, formamida, glicerol e albumina de soro bovino (BSA). Todos eles são utilizados para exercer uma função específica na reação. O tampão estabiliza o pH da reação no pH ótimo da enzima, já o cloreto de

magnésio é utilizado como cofator na atividade da polimerase, participando do sitio ativo desta e facilitando o pareamento das fitas de DNA. Os quatro desoxiribonucleotídeos (adenina, timina, guanina e citosina) são usados pela enzima na formação das novas fitas de DNA. O BSA aumenta a viscosidade da solução onde ocorre a reação, favorecendo o funcionamento da enzima e a formamida é um desnaturante que aumenta a especificidade da reação.

Após a solução final da reação ter sido feita, distribuem-se alíquotas em microtubos onde se adiciona o DNA extraído. A partir deste momento todos os componentes da reação estão reunidos e torna-se necessário submetê-los a uma série ciclos de temperaturas que induzem o processo de amplificação dos fragmentos específicos de DNA (Figura 1).

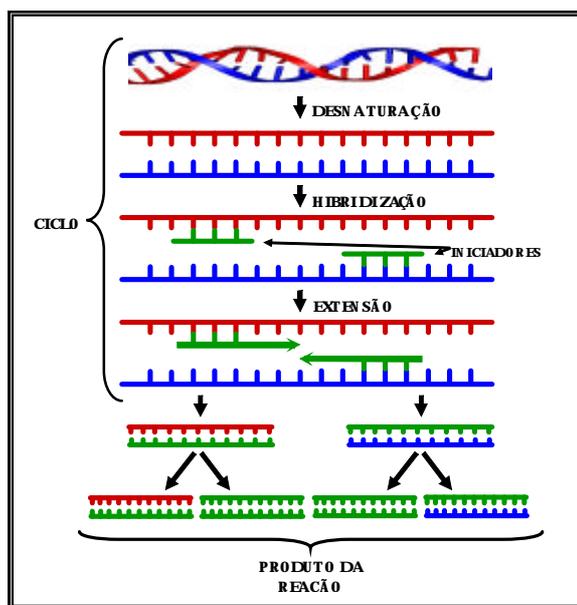


FIG 1: Dinâmica da PCR. Seus ciclos de tempos e temperatura.

No primeiro momento necessita-se de uma desnaturação dos genomas, que são grandes fitas duplas e por isso usa-se uma temperatura alta (entre 90 e 96°C) por um tempo mais longo (de 2 à 4min). Depois se aplicam diversos ciclos iguais de, normalmente, três etapas caracterizadas por diferentes temperaturas visando à amplificação exponencial do DNA alvo. Na primeira etapa, a desnaturação consiste em aplicar-se uma temperatura entre 90 e 96°C. Em seguida vem a etapa de anelamento onde

baixa-se a temperatura para cerca de 40 e 70°C (dependendo dos iniciadores utilizados), que é a fase de ligação do iniciador a fita a ser copiada, e extensão onde se utiliza a temperatura ótima de reação da enzima, normalmente 72°C. Essa última é a fase de síntese da nova fita onde o DNA está efetivamente sendo amplificado. Após o término dos ciclos, inicia-se um tempo mais prolongado de temperatura de extensão final (entorno de 10min) e depois manutenção dos tubos à 4°C até a estocagem, que deve ser realizada em freezer (aproximadamente -20°C). Esses programas são realizados com um aparelho chamado de termociclador, sendo cada um deles específico para cada par de iniciadores. Segue esquema mostrando a dinâmica da reação (Figura 2).

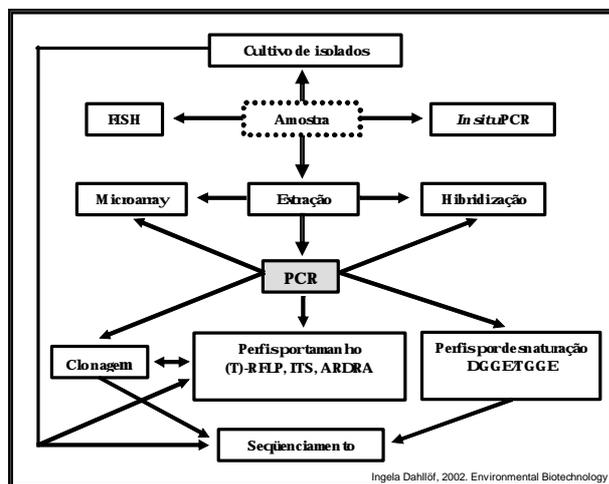


FIG2.: Utilização da PCR com outras técnicas moleculares. Mostrando a sua importância no estudo de ecologia molecular.

Para análises de diversidade são muito utilizados iniciadores ditos “universais”, isso porque são homólogos a regiões do genoma comuns a todo um determinado Domínio microbiano, assim como os iniciadores para seqüências de genes rRNA (rDNA). Essas regiões são definidas por uma série de critérios para desenho de iniciadores, porém as principais características desejadas são o fato de serem conservadas o suficiente para abrangerem a maior diversidade possível e que amplifiquem uma região variável o bastante para diferenciá-las entre si. O gene mais utilizado para análises de perfis de comunidade bacteriana é o *rrs* que codifica o rRNA 16S. Sua utilização é muito

importante pois esse gene representa toda a comunidade bacteriana de uma amostra, esclarecendo, assim, muitas questões antes não respondidas através de técnicas-padrão.

O protocolo da reação em cadeia da polimerase com iniciadores para o gene *rrs* é simples de ser realizado. Para formar a solução final da reação rotineiramente utilizada em nosso laboratório, também chamada de “mix”, vão ser necessários 34,9µL de água Milli-Q estéril, 5µL de tampão 10X (não contendo MgCl₂), que é específico para cada enzima e é comercializado junto com a mesma, 5µL de MgCl₂(25mM) também comercializado junto à enzima, 1µL de dNTPs (10mM), 1µL do iniciador “Forward” (10mM), 1µL do iniciador “Reverse” (10mM), 0,5µL de BSA 1%, 0,5µL de formamida 100%, 0,5µL da enzima Taq DNA polimerase e 1µL de amostra em cada tubo para uma reação final de 50µL. O programa de ciclos aplicados a esses iniciadores consiste em uma desnaturação inicial de 94°C por 4min. Logo após aplica-se uma série de 35 ciclos de desnaturação (94°C por 1min), anelamento (55°C por 1min) e extensão (72°C por 2min), sendo aplicado posteriormente uma etapa de extensão final de 72°C por 10min e estabilização da temperatura à 4°C até que as amostras sejam estocadas em freezer (-20°C).

Assim como este protocolo, todos os outros são de simples execução, porém existem alguns aspectos que merecem uma maior atenção para a obtenção de um produto final de qualidade. A qualidade dos reagentes utilizados deve ser superior aos utilizados para técnicas-padrão, comercialmente utiliza-se o termo “molecular grade” para produtos com grau de pureza suficiente para utilização em técnicas de biologia molecular. A síntese dos iniciadores também é um aspecto importante, pois estes devem ser bem purificados após serem sintetizados. Todos os materiais que entraram em contato com as amostras devem ser livres de quaisquer impureza, incluindo DNases e RNases, sendo preferencialmente material novo e tratado para ser livre de DNases e RNases (comercialmente ditos: “DNases e RNases free”).

A utilização desta técnica em biologia molecular tornou-se uma prática básica e muitas vezes essencial para realização de outras técnicas, sendo que hoje quase todas as técnicas mais

avançadas dependem da PCR. A figura 2 mostra a relação desta com outras metodologias usadas para estudo em ecologia molecular microbiana. A evolução dessa técnica gerou o desenvolvimento da PCR em tempo real (“Real-time PCR”), que é capaz de quantificar seqüências homólogas aos iniciadores. Tal método tornou possível a elucidação de questionamentos relacionados ao número de indivíduos com características específicas detectadas por homologia dos iniciadores. O que antes era apenas detectável passou a ser passível de quantificação.

Uma técnica muito utilizada associada à PCR para estudo de ecologia molecular é a eletroforese em gel com gradiente desnaturante (DGGE-”Desnaturing Gradient Gel Electrophoresis”), que é uma técnica que permite diferenciar as seqüências amplificadas pela PCR por diferenças nas quantidades de guanina, citosina, timina e adenina. Isso possibilitou o estudo de perfis de estrutura de comunidade microbiana, além de se diferenciar por possibilitar o corte de bandas e identificação de indivíduos contidos nelas por sequenciamento. Na Tabela 1 estão citados exemplos de iniciadores utilizados para diferentes fins, tanto para estudos de grupos microbianos, quanto para genes de funções específicas.

Natália Oliveira Franco
franconat@gmail.com

Rodrigo Govêa Taketani
rgtaketani@yahoo.com.br

Alexandre Soares Rosado

asrosado@micro.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Eventos Científicos

ASLO Summer meeting

Foi realizado, entre 4 e 9 de junho de 2006, o Congresso de Verão (Summer Meeting) da Sociedade Americana de Limnologia e Oceanografia (ASLO), em Victoria, no Canadá. Como a ASLO inclui limnólogos e oceanógrafos, nem sempre os seus encontros científicos são direcionados para a Limnologia. Tradicionalmente, o Congresso de Verão inclui participantes dos dois campos de pesquisa; existe um encontro científico voltado para a Oceanografia (o Ocean Sciences Meeting) e um voltado para a Limnologia (Aquatic Sciences Meeting).

No entanto, desde a primeira vez em que o Congresso de Verão foi realizado fora dos Estados Unidos (2000 – Copenhagen, Dinamarca), a participação de pesquisadores estrangeiros vem crescendo a cada ano. Desta forma, o Congresso de Verão da ASLO assume um importante papel para a Limnologia Internacional; ele está ao lado do Congresso da SIL como o mais importante encontro científico da Limnologia Internacional. A título de comparação, o último Congresso da SIL (Lahti, Finlândia, 2004) teve 937 trabalhos apresentados;

Tabela 1. Exemplos de iniciadores utilizados para estudos em ecologia molecular microbiana.

| INICIADOR | GENE ALVO | FUNÇÃO | REFERÊNCIA |
|---------------------------|--------------------------------------|--|---|
| U968(F) – L1401(R) | 16S rDNA | Iniciador “universal” para o domínio Bacteria. | NUBEL, U., et al. Applied Environmental Microbiology 65 (2): 422-430. |
| 1698(F) – 2041(R) | ropB subunidade-β da RNA polimerase | Iniciador “universal” para o domínio Bacteria. | DAHLLOF, I., et al. Applied and Environmental Microbiology, 66 :3376-3380. |
| Ps(F) – Ps(R) | 16S rDNA do grupo <i>Pseudomonas</i> | Grupo <i>Pseudomonas</i> | EVANS, F. F., et al. Letters in Applied Microbiology 38 : 93-98. |
| amoARot1(F) – amoARot2(R) | gene para a enzima amônia oxidase | Grupo das nitrificantes | NICOLAISEN, M. H Journal of Microbiological Methods 50 (2) 189–203. |

o Congresso de Verão em Victoria teve 1047 trabalhos apresentados.

Eu tive a oportunidade de participar desta recente edição do Congresso, fornecida pelo Projeto “Balanço de Carbono em Reservatórios de Furnas Centrais Elétricas S.A.”, assim como outros três pesquisadores brasileiros: Dr. Fábio Roland (UFJF), Dr. Donato Abe (IIEGA) e Dr. Fernando Ramos (INPE). Foram submetidos 8 trabalhos referentes a este Projeto, que está sendo realizado desde outubro de 2003, com o objetivo de medir e modelar os fluxos de carbono em grandes reservatórios hidroelétricos. O nosso Projeto foi a principal atração de uma sessão aonde foram apresentados trabalhos sobre a ciclagem de carbono em lagos e reservatórios; nós apresentamos dados referentes aos primeiros dois anos do projeto, englobando quatro reservatórios e três campanhas quadrimestrais em cada reservatório. O nosso trabalho foi muito bem recebido pela comunidade internacional.

Além da nossa participação como palestrantes, tivemos a satisfação de encontrar outros pesquisadores brasileiros em Victoria, incluindo alunos de doutorado que estão fazendo um doutorado-sanduiche e pesquisadores brasileiros que fazem parte de centros de pesquisa no exterior. A participação brasileira no Congresso da ASLO não cresceu em comparação com a última edição do Congresso de Verão; os 16 trabalhos que incluíram autores brasileiros representam uma queda em relação à edição anterior (Santiago de Compostela, Espanha, 2005), aonde foram apresentados 20 trabalhos incluindo autores brasileiros. Entretanto, eu acredito que boa parte da explicação para esta redução se deve à maior distância do local do evento em relação ao Brasil. Infelizmente, eu não consegui levantar dados sobre o último Congresso da SIL (Lahti, Finlândia, 2005) para uma outra comparação.

De qualquer maneira, o Congresso de Verão da ASLO continua sendo uma das principais portas de entrada na Limnologia Internacional para pesquisadores brasileiros, e um modelo a ser seguido pela SBL em vários aspectos. É evidente que as diferenças entre a ASLO e a SBL são consideráveis, em número de membros e, principalmente, em arrecadação; no entanto, uma comparação entre as duas entidades e seus

Congressos não é completamente desfavorável para nós. Uma particularidade que chamou a atenção do então presidente da ASLO, Dr. Jonathan Cole, quando ele participou do IX Congresso Brasileiro de Limnologia (Juiz de Fora, 2003), foi a participação ativa e entusiástica de estudantes na organização e nas sessões do Congresso. Nós também temos uma grande diversidade de ambientes naturais e modificados (como os grandes reservatórios hidroelétricos), que podem ajudar bastante em testes de hipóteses geradas em ambientes temperados; não é incomum, como sabemos, que uma hipótese satisfatória em ambientes temperados e de pequena magnitude (lagos e rios) se revele completamente inadequada quando transposta para os nossos ambientes tropicais. Em suma, o nosso potencial é maior do que as nossas limitações, e devemos nos esforçar para divulgar o excelente trabalho em Limnologia sendo realizado no Brasil, tanto através de participações em Congressos no exterior, como o Congresso de Verão da ASLO, como através de parcerias com pesquisadores estrangeiros, que resultem em um enriquecimento de nossa ciência, não apenas em publicações, mas também e principalmente na formação de recursos humanos e na participação em nosso próprio Congresso de Limnologia.

Paulo Brum

pbrum@furnas.com.br

Furnas

