

CAPÍTULO 5

BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA AO LONGO DA BACIA DO RIO DAS VELHAS (MG).

Pablo Moreno & Marcos Callisto

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Depto. Biologia Geral,
Laboratório de Ecologia de Bentos, CP. 486, CEP 30161-970, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<http://www.icb.ufmg.br/~bentos>. e-mails: pablo@icb.ufmg.br, callisto@icb.ufmg.br.

Resumo. Neste capítulo são apresentadas informações sobre a utilização de bioindicadores como ferramenta na avaliação dos efeitos da urbanização ao longo da bacia hidrográfica do Rio das Velhas sobre a qualidade de suas águas. Para tanto, foram analisadas as alterações na estrutura e composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, permitindo avaliar efeitos de fontes difusas e pontuais de poluentes. Vêm sendo avaliadas 37 estações amostrais ao longo da bacia. As amostragens nos trechos alto, médio e baixo Rio das Velhas incluem oito estações ao longo da calha principal, 21 nos principais tributários (13 na Região Metropolitana Belo Horizonte) com diferentes níveis de impactos ambientais e 8 em tributários em condições de referência. Os resultados deste estudo vêm contribuindo para avaliar o atual estado da qualidade das águas na bacia do Rio das Velhas e propor metodologias para a implementação de um Programa de Biomonitoramento que contribua para avaliar possíveis mudanças na qualidade das águas após as intervenções para a revitalização da bacia do Rio das Velhas, como redução do lançamento da carga de poluentes e instalação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs).

Palavras-chave. macroinvertebrados bentônicos, bioindicadores de qualidade de água, bacia hidrográfica, Rio das Velhas, biomonitoramento.

Introdução

Nas últimas décadas os ecossistemas aquáticos têm sido fortemente alterados em função de múltiplos impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas. Muitos rios, córregos, lagos e até mesmo reservatórios têm sido fortemente impactados devido ao aumento desordenado de atividades humanas (McAllister *et al.*, 1997). Esta situação é particularmente notada nas áreas com elevadas densidades populacionais, especialmente em áreas urbanizadas, onde os cursos d'água são modificados, recebendo esgotos industriais e domésticos “in natura”, além de sedimentos e lixo. Conseqüentemente, os ecossistemas aquáticos urbanos vêm perdendo suas características naturais e sua diversidade biológica (Schepp & Cummins, 1997).

No Brasil, a grande maioria dos esgotos é lançada diretamente nos corpos d'água sem tratamento prévio. Além disso, a política de saneamento ambiental adotada pela maioria das cidades é de canalizar e/ou retificar os rios e córregos. Essa forma de urbanização adotada ao longo das bacias hidrográficas brasileiras vem causando muitos problemas ambientais. Esses problemas trazem conseqüências também ao homem, como alterações nos regimes hidrológicos, aumento de doenças de veiculação hídrica, contaminação química, erosão e assoreamento impedindo a navegação nos corpos d'água, além de efeitos de bioacumulação e biomagnificação de metais pesados (Pompeu *et al.*, 2004).

Por mais de um século a gestão dos recursos hídricos brasileiros foi baseada em normas estrangeiras e na má aplicação de leis rigorosas, além de um foco restrito nas características químicas das águas. Ainda que as medidas físicas e químicas de coluna d'água retratem o “status” de um ecossistema, o ideal é a associação desses métodos com métodos biológicos, permitindo uma caracterização mais completa, muitas vezes necessária para o manejo adequado dos recursos hídricos existentes (Callisto *et al.*, 2004; Pompeu *et al.*, 2004).

O monitoramento biológico baseia-se em mudanças na estrutura e composição de comunidades de organismos aquáticos. Entretanto, como o tempo necessário para se conhecer as respostas dos vários grupos de organismos presentes pode ser consideravelmente longo (anos a décadas), grupos específicos têm sido selecionados

(protozoários, ciliados, algas, macroinvertebrados bentônicos e peixes) e utilizados em diferentes métodos de avaliação ambiental (Rosenberg & Resh, 1993).

Macroinvertebrados bentônicos têm sido utilizados como indicadores das condições ambientais em inventários de biodiversidade (Galdean *et al.*, 2001), no uso de índices de biodiversidade (Callisto *et al.*, 2001; Compin & Céréghino, 2003; Iliopoulou-Georgudaki *et al.*, 2003), na utilização em experimentos “in situ” (Hare & Campbell, 1992) e em Programas de Biomonitoramento Ambiental (Rosenberg & Resh, 1993; Barbosa *et al.*, 1997; Kelly & Whitton, 1998). Cairns & Pratt (1993) abordam a importância histórica desse tema e salientam as bases para o estudo da fauna aquática, especialmente os macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água. Vários pesquisadores têm levantado argumentos para o uso de macroinvertebrados bentônicos como ferramenta biológica em Programas de Biomonitoramento (Rosenberg & Wiens, 1976; Myslinski & Ginsburg, 1977; Lynch *et al.*, 1988; Hare, 1992; Hare & Campbell, 1992; Goodyear & McNeill, 1999):

1. cosmopolitas e abundantes;
2. grande tamanho de corpo (muitos são visíveis a olho nu);
3. a maioria possui características ecológicas bem conhecidas;
4. viabilidade de utilização em estudos laboratoriais (p.ex. testes ecotoxicológicos, experimentos de bioturbação);
5. são sedentários (ou com mobilidade restrita) sendo representativos de condições locais;
6. são bentônicos, permitindo a associação com as condições do sedimento;
7. alguns podem acumular metais pesados, permitindo avaliar o nível de impacto através de bioacumulação e biomagnificação;
8. têm a vantagem de caracterizar a qualidade das águas não apenas no instante de sua coleta mas refletindo também sua situação em um período de tempo consideravelmente mais longo, permitindo avaliar os efeitos de um poluente de forma segura e precisa em diferentes escalas temporais;
9. a concentração de substâncias tóxicas na biomassa corporal não é afetada por ciclos reprodutivos ou diferenças sexuais, uma vez que estes organismos inúmeras vezes são coletados enquanto formas imaturas de insetos aquáticos e semi-aquáticos;

10. participam das cadeias alimentares e cadeia de detritos, podendo atuar como agentes vitais de entrada de metais pesados ou outros contaminantes nas cadeias alimentares aquáticas.

Mudanças na estrutura de comunidades macrobentônicas em uma escala espacial têm sido utilizadas como importantes ferramentas ecológicas em monitoramento de fontes poluidoras (Sandin & Johnson, 2000). Além disso, esses estudos têm sido úteis na descrição de alterações no estado trófico de ecossistemas aquáticos continentais (Callisto *et al.*, 2004). As mudanças que se sucedem na estrutura das comunidades bentônicas alternam-se de complexas e diversas com organismos próprios de águas limpas e, portanto, intolerantes à poluição, a simples e de baixa diversidade, com organismos capazes de viver em águas contaminadas, variando como reflexo direto dos efeitos da contaminação doméstica e industrial (Ward, 1992). Essas características nos permitem identificar um gradiente de tolerância à poluição nas comunidades bentônicas (**Figura 1**).

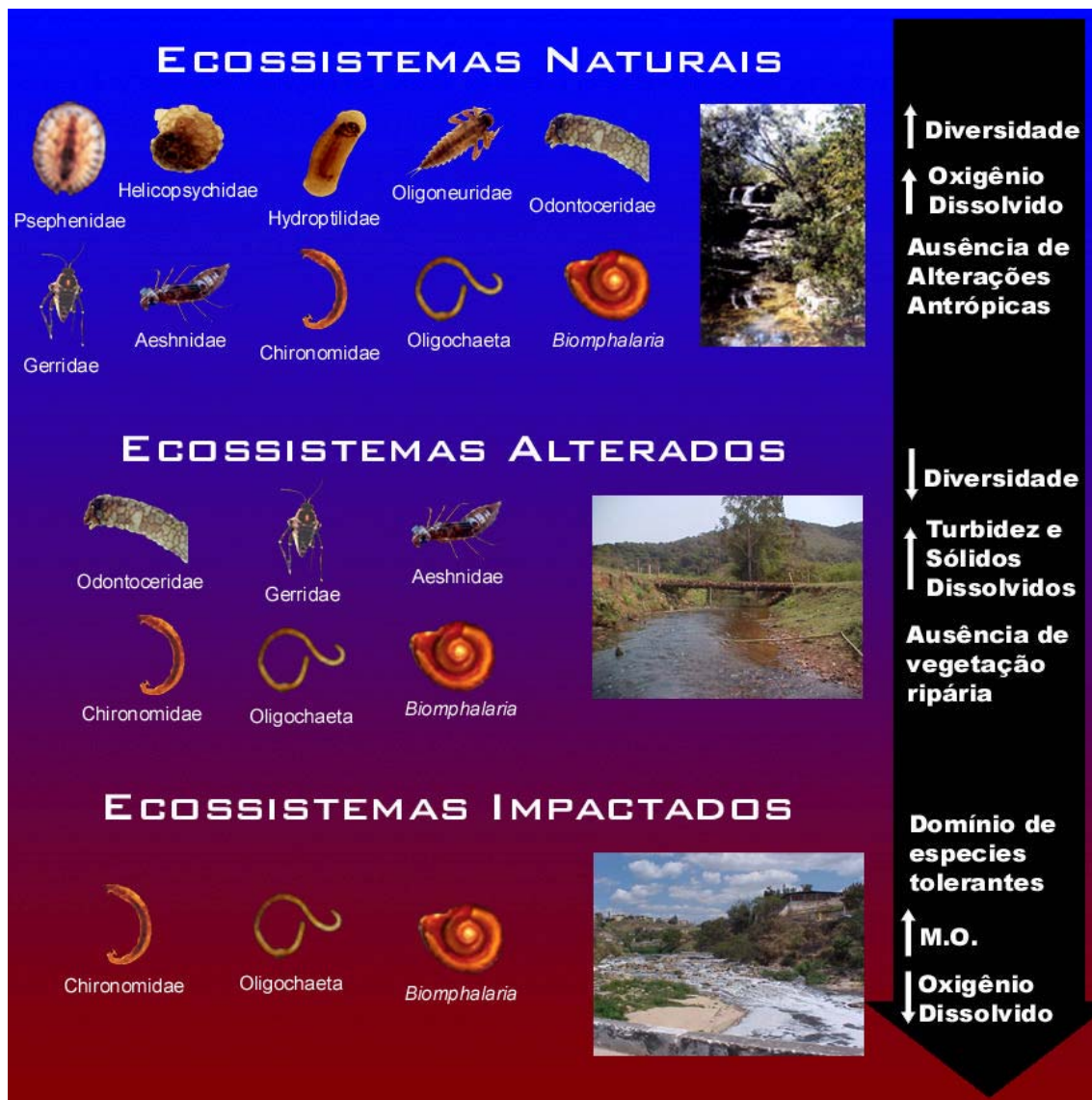


Figura 1. Exemplos de organismos bentônicos associados a condições ecológicas em trechos de bacia e condições físico-químicas em um gradiente de poluição ambiental ao longo da bacia do Rio das Velhas (MG).

Área de Estudos

A bacia hidrográfica do Rio das Velhas está localizada na região central do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 17° 15' e 20° 25' S - 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 de Três Marias. Possui cerca de 761 km de extensão, 38,4 m de largura média, drenando uma área de 29.173 km² (Polignano *et al.*, 2001) (**Figura 2**).



Figura 2. Mapa da bacia do Rio São Francisco e inserção da sub-bacia do Rio das Velhas.

Integram a bacia do Rio das Velhas 51 municípios e sua população total é de cerca de 4,5 milhões de habitantes. Esses municípios têm uma importância econômica (42% do PIB mineiro) e social significativa devido à sua localização que inclui a maior parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) (Polignano *et al.*, 2001). Além disso, boa parte do Rio das Velhas, juntamente com algumas de suas cabeceiras, está encaixada no Quadrilátero Ferrífero, sendo por isso uma das áreas mais críticas devido aos inúmeros empreendimentos de mineração.

A região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), apesar de ocupar apenas 10% da área territorial da bacia, é a principal responsável pela degradação do Rio das Velhas, devido à sua elevada densidade demográfica (mais de 70,8% de toda a população da bacia), processo de urbanização e atividades industriais (Polignano *et al.*, 2001).

As altitudes ao longo da bacia variam de aproximadamente 500 m (na sua foz no Rio São Francisco) até cerca de 1500 m (verificados na Serra do Jorge, região de cabeceira). A temperatura média anual é de 20 °C, com precipitação média de 1400 mm. A vegetação natural predominante é de campos e cerrado, sendo que 90% da bacia apresenta sua vegetação modificada devido à ocupação antrópica crescente e desenfreada.

A bacia do Rio das Velhas é dividida em alto, médio e baixo curso, onde **(Figura 3A)**:

- Alto Rio das Velhas: compreende a porção do rio que vai da Cachoeira das Andorinhas (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 Rio Paraúna;
- Baixo Rio das Velhas: do Rio Paraúna até a foz no Rio São Francisco em Barra do Guaicuí.

As principais sub-bacias da margem direita do Rio das Velhas são os rios Taquaraçu, Jabuticatubas, Paraúna, Pardo Grande e Curimataí. Na margem esquerda, os principais são os rios Itabirito, do Peixe, Arrudas, Onça, da Mata, Jequitibá, do Onça; Maquiné e Bicudo **(Figura 3B)**.

Dentre as sub-bacias citadas, oito apresentam cursos d'água que mantêm suas características ecológicas ainda naturais, servindo como áreas de referência para o

estudo das comunidades de macroinvertebrados bentônicos na bacia do Rio das Velhas: Rio Peixe, Córrego das Pedras, Rio Curimataí, Rio Pardo Pequeno, Rio Maquiné, Córrego da Mata, Rio Jaboticatubas e Rio Paraúna (**Figura 3C**).

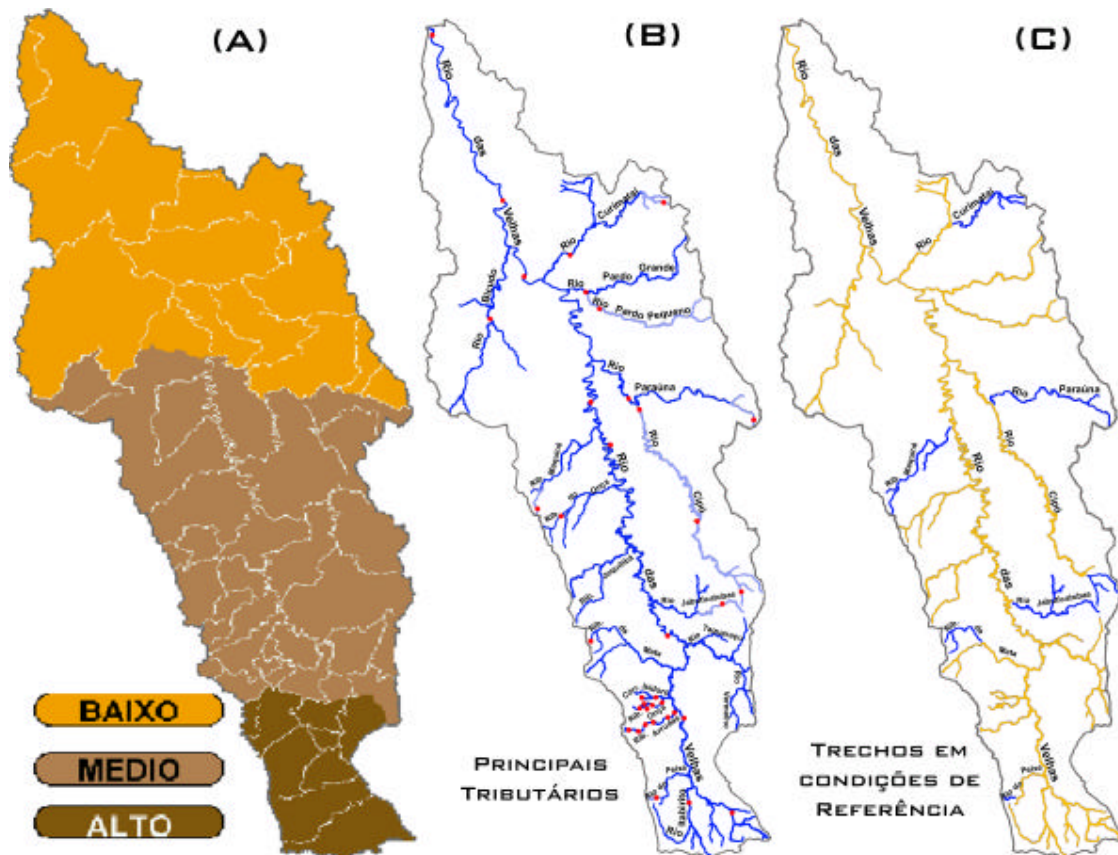


Figura 3. Bacia hidrográfica do Rio das Velhas e sua divisão em trechos (A), principais tributários e pontos de coleta (B) e trechos de rios em condições de referência (C).

Material & Métodos

Para avaliar o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos de bacia estudados foi utilizado um protocolo proposto por Callisto *et al.* (2002a), que busca avaliar não só o ambiente aquático, mas também, o uso e a ocupação do solo na região de entorno da bacia de drenagem dos trechos dos rios. Além desta classificação

foram avaliados alguns parâmetros físicos e químicos de coluna d'água (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, P – total, Nitritos, Nitratos, Nitrogênio orgânico e amoniacal, sólidos dissolvidos e turbidez).

Para o desenvolvimento deste projeto de Biomonitoramento a rede amostral foi ampliada desde março de 2003 quando apenas a região metropolitana de Belo Horizonte foi avaliada inicialmente. Em setembro de 2003 foram acrescentados os pontos da calha do Rio das Velhas e alguns tributários (Moreno *et al.*, 2004). Desde fevereiro de 2004 as coletas são realizadas trimestralmente buscando avaliar as condições ambientais nos períodos de chuvas e seca em cada ano.

As amostras de sedimento para o estudo das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, análise granulométrica e teores de matéria orgânica foram coletadas utilizando uma draga de Van Veen (área 0,045 m²) em ambientes de sedimento fino e utilizando um amostrador do tipo Surber (área 0,102 m²) em ambientes de sedimento pedregoso em triplicatas. As amostras foram lavadas sobre peneiras de 1,00 e 0,50 mm, triadas com auxílio de microscópio estereoscópico e os macroinvertebrados bentônicos identificados foram depositados na Coleção de Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do ICB/UFMG, segundo metodologia proposta por Callisto *et al.* (1998).

A determinação da composição granulométrica dos sedimentos foi realizada segundo metodologia de Suguio (1973), modificada por Callisto & Esteves (1996). Para a determinação dos teores de matéria orgânica as alíquotas foram calcinadas a 550°C, pesadas, e a diferença entre o peso inicial da amostra e o peso após a calcinação forneceu os teores de matéria orgânica nos sedimentos.

Para avaliar a estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener e equitabilidade de Pielou segundo Magurran (1991). Foram estimadas as densidades de organismos (ind/m²), os valores de abundância e a riqueza taxonômica (número de *taxa*) por amostra. Para avaliar as alterações nas comunidades bentônicas em função das alterações ambientais foram utilizados testes não paramétrico de variância (Kruskal-Wallis ANOVA & Median test), além de regressão múltipla e correlação de Pearson, software Statistica for Windows 5.0.

Resultados e Discussão

Os resultados da aplicação do Protocolo apontaram uma intensa degradação ambiental nos trechos estudados na região do alto Rio das Velhas, principalmente na RMBH, o que implica na grande dificuldade de recuperação ambiental da bacia, uma vez que sua região de nascente encontra-se já fortemente impactada (Pompeu *et al.*, 2004) (**Figura 4**). No entanto, por se tratar de uma bacia formada por muitos tributários, muitos deles ainda apresentam suas características naturais bem preservadas. Por este motivo ainda podemos encontrar uma certa diversidade de macroinvertebrados bentônicos ao longo da bacia, o que será fundamental para o processo de recuperação do Rio das Velhas, uma vez que iniciado o processo de recuperação das regiões impactadas da bacia, as regiões consideradas mantenedoras da vida silvestre aquática servirão de ponto de partida para a re-colonização em toda a bacia.

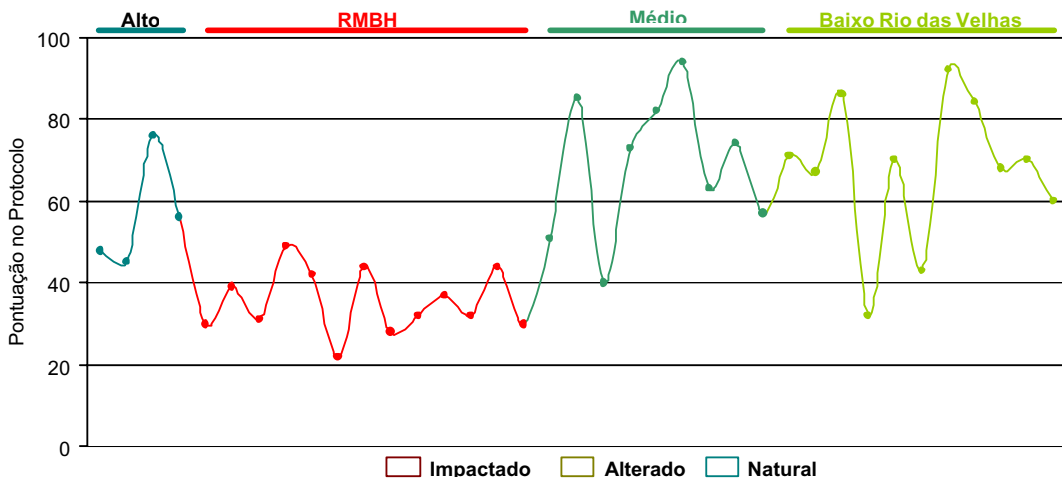


Figura 4. Representação gráfica dos resultados da classificação das estações de coleta segundo Protocolo proposto por Callisto *et al.* (2002).

Os rios são os receptores finais das alterações que ocorrem em sua bacia de drenagem. O Protocolo de Caracterização de Condições Ecológicas nos permitiu avaliar o nível destas alterações e inferir sobre a qualidade ambiental em que se encontram os trechos estudados. Os resultados encontrados ao longo da bacia do Rio das Velhas

foram corroborados pelas medidas das variáveis abióticas. Uma análise de Correlação de Pearson entre estas variáveis e os resultados do Protocolo evidenciou esta carga de impacto que as áreas de entorno vêm causando aos corpos d'água (**Figura 5, Tabela I**).

Tabela I. Resultados da análise de Correlação de Pearson (* = $p < 0,05$).

	Protocolo
Condutividade	-0,737*
Fósforo	-0,711*
Nitrogênio Amoniacal	-0,695*
Nitrogênio Total	-0,718*
Nitrato	-0,700*
Oxigênio Dissolvido	0,587*
Sólidos Dissolvidos	-0,702*
Turbidez	-0,617*
pH	0,078

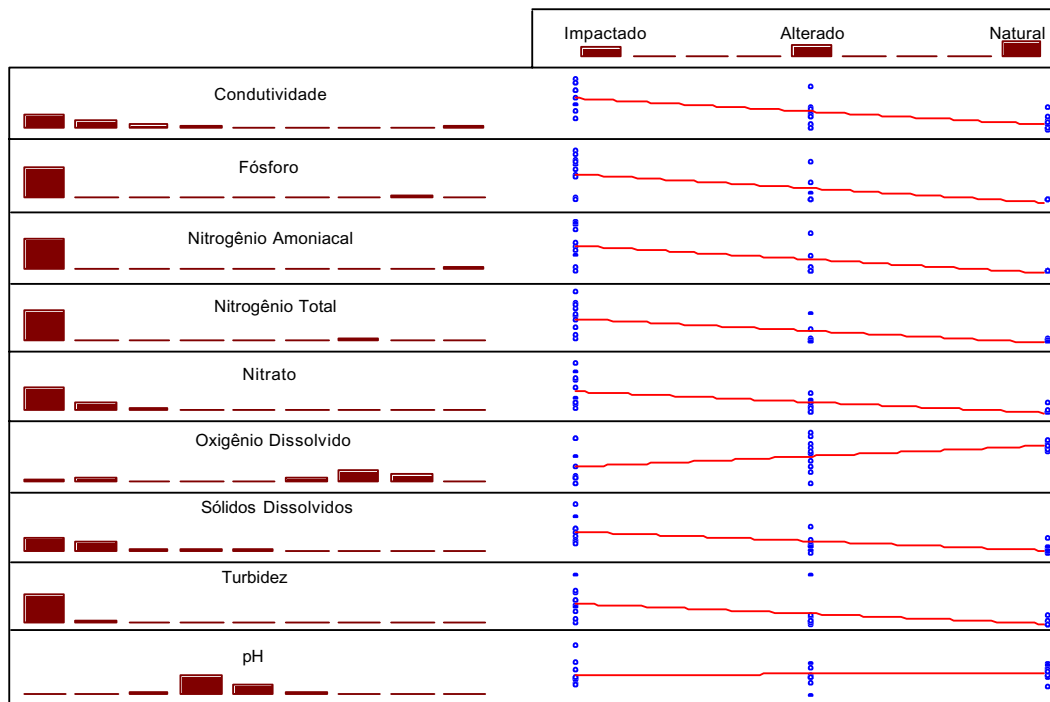


Figura 5. Matriz gráfica de correlação entre variáveis abióticas medidas nas estações de coleta e suas classificações utilizando o Protocolo de Callisto *et al.* (2002a).

Esta análise demonstrou que os valores de condutividade elétrica, fósforo, nitrogênio (amoniacoal e total), nitrato, sólidos dissolvidos e turbidez são menores nos ambientes naturais, e, inversamente, os teores de oxigênio dissolvido são maiores, evidenciando as alterações físicas e químicas ocorridas nos trechos classificados como alterados e/ou impactados segundo a aplicação do Protocolo.

Quanto às comunidades bentônicas foram coletados 39.411 organismos, classificados em 65 *taxa* (1 Platyhelminthes, 1 Nematelminthes, 2 Annelida, 53 Arthropoda e 8 Mollusca).

As comunidades bentônicas vêm se apresentando diferentes em cada trecho da bacia do Rio das Velhas, excluindo oligochaetas, que dominam em todos os trechos amostrados. As abundâncias relativas dos organismos e a estrutura das comunidades são distintas entre os trechos alto, RMBH, médio e baixo Rio das Velhas (**Figura 6**).

A análise de Correlação de Pearson indicou que existem correlações entre os valores de riqueza taxonômica e diversidade de Shannon-Wiener com o gradiente longitudinal das estações de coleta (**Tabela II**).

Tabela II. Valores da análise de Correlação de Pearson (* = $p < 0,05$) entre parâmetros bióticos e gradiente longitudinal estudados ao longo da bacia do Rio das Velhas (MG).

	Estações
Densidade Total	-0,046
Riqueza Taxonômica	0,455*
Equitabilidade	0,167
Diversidade de Shannon-Wiener	0,428*

Os valores de densidade de organismos nos três períodos de coletas (setembro de 2003, fevereiro e junho de 2004) demonstraram que existe pouca variação nos valores entre as estações, com raras exceções (Ribeirão Onça, Arrudas e Rio das Velhas) que apresentaram densidades maiores que 100.000 ind/m². Estas estações apresentaram os maiores valores de matéria orgânica no sedimento e situam-se na RMBH em locais bastante impactados, apresentando comunidades bentônicas dominadas por Oligochaeta e Chironomidae. Estes organismos são detritívoros, proliferando em ambientes com elevada deposição de matéria orgânica (Callisto *et al.*, 2002b; Hooper *et al.*, 2003).

As representações dos valores de riqueza taxonômica e diversidade de Shannon-Wiener apresentam um gradiente de crescimento junto com o gradiente longitudinal da bacia do Rio das Velhas, ou seja, à medida que se desce na bacia, aumenta a riqueza e a

diversidade bentônica. Segundo a análise de regressão múltipla, as estações que apresentaram maiores valores de riqueza taxonômica também apresentaram os maiores valores de oxigênio dissolvido ($R=0,55$; $p<0,005$), corroborando os resultados do Protocolo.

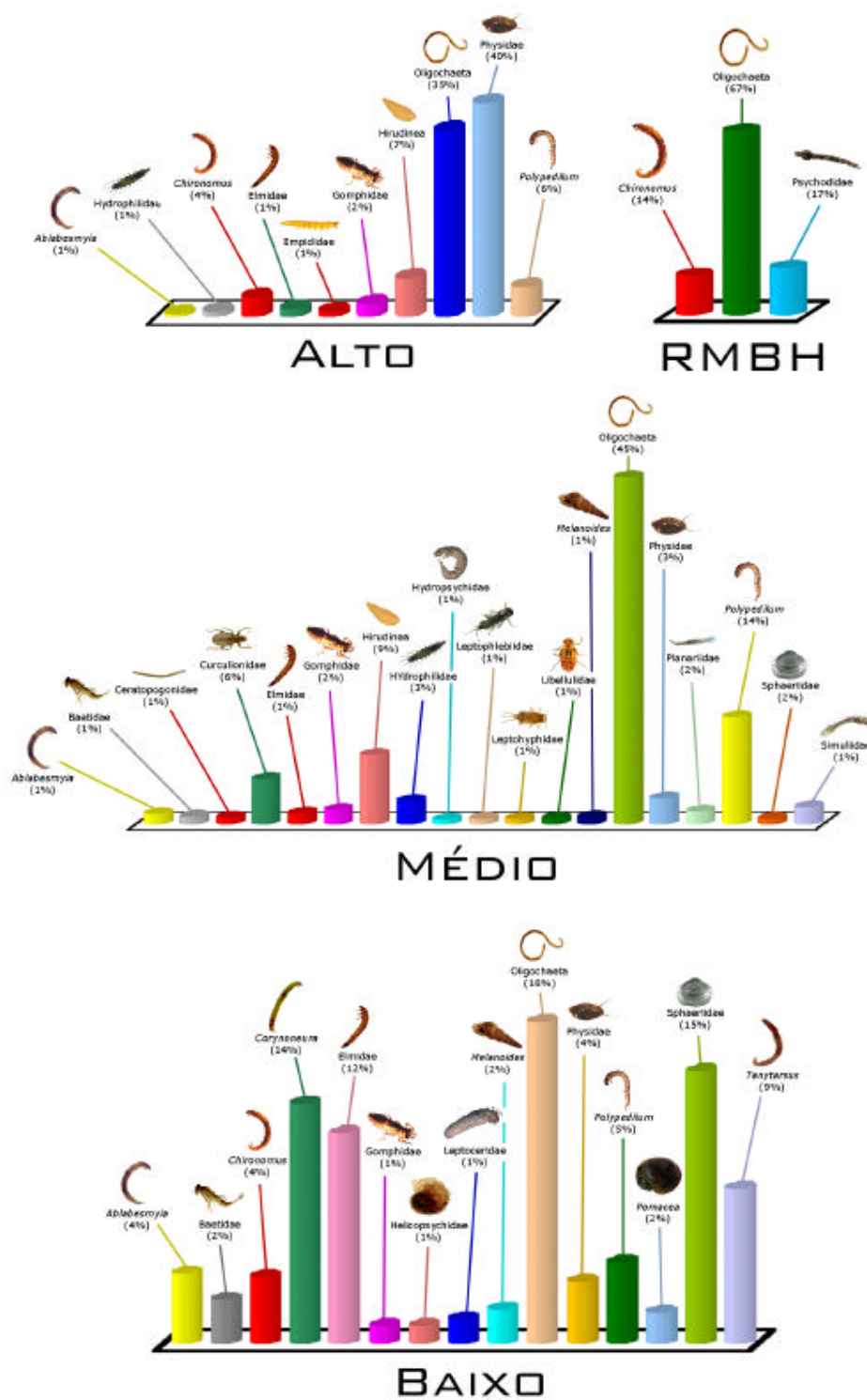


Figura 6. Representação das abundâncias relativas dos grupos taxonômicos encontrados nos trechos alto, RMBH, médio e baixo Rio das Velhas (MG).

A análise de Kruskal-Wallis para os trechos da bacia do Rio das Velhas confirmou as análises de correlação, indicando que os trechos são significativamente distintos em relação aos valores de riqueza taxonômica e diversidade de Shannon-Wiener, apresentando os maiores valores nos trechos médio e baixo (**Figura 7**).

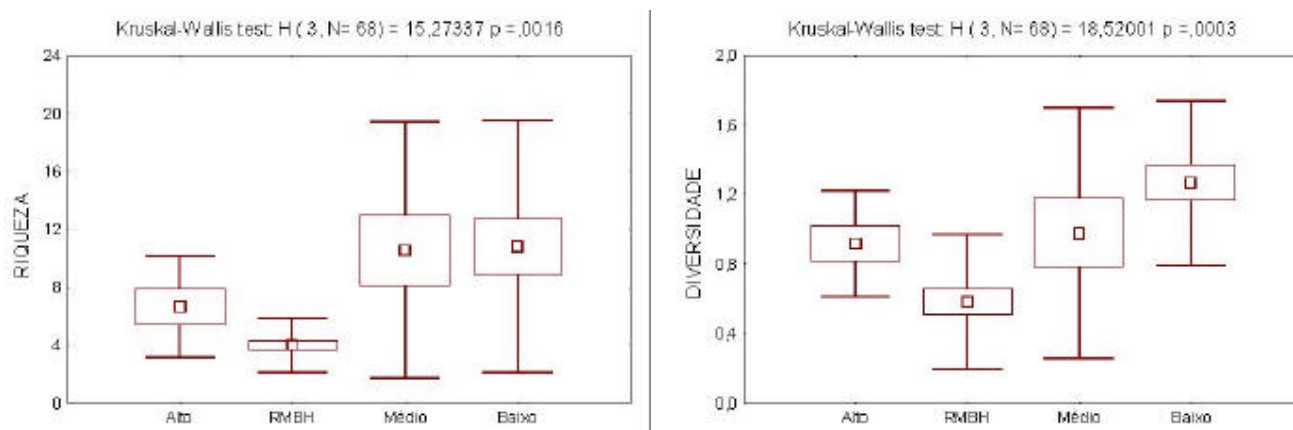


Figura 7. Representação gráfica do teste de Kruskal-Wallis (ANOVA) para os trechos da bacia do Rio das Velhas (MG).

Assim, observando as comunidades que vêm sendo estudadas, fica evidente que na bacia do Rio das Velhas existem situações extremas, com áreas muito degradadas apresentando pouquíssimos grupos bentônicos em elevadas densidades, e áreas bem preservadas com uma elevada riqueza taxonômica. Estes resultados são importantes para auxiliar futuramente na elaboração de projetos de recuperação e manejo de áreas degradadas, além de projetos de conservação das áreas consideradas ainda bem preservadas (Cao *et al.*, 2002; Iliopoulou-Georgudaki *et al.*, 2003; Barbosa *et al.*, 2004).

Em síntese, a utilização do enfoque de estudos ecológicos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água no Programa de Biomonitoramento da qualidade das águas ao longo da bacia do Rio das Velhas busca a integração da abordagem ecossistêmica (**Figura 8**).

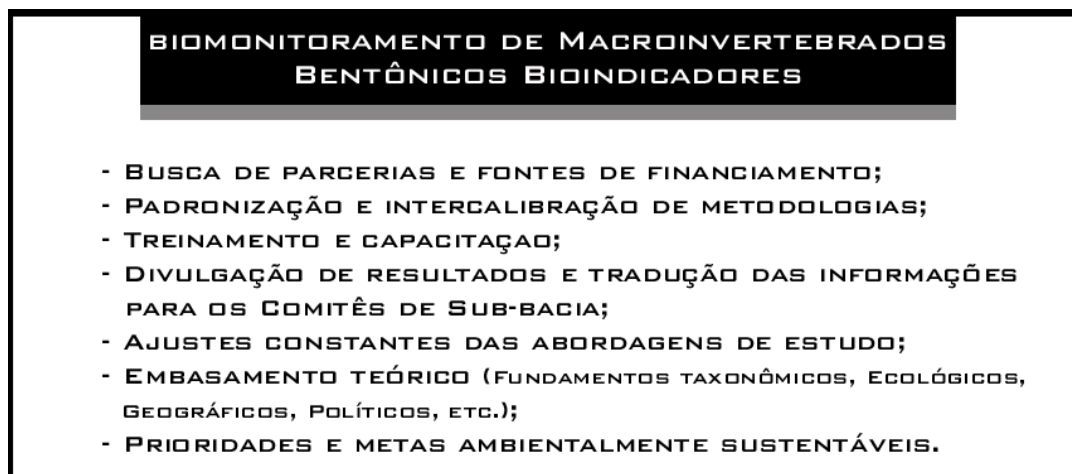


Figura 8. Quadro esquemático das bases conceituais da utilização dos macroinvertebrados como bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas (MG).

A equipe envolvida no Bio monitoramento de Qualidade das Águas na bacia do Rio das Velhas tem se empenhado ativamente na busca de parcerias com órgãos e instituições municipais, estaduais e federais. Fruto do Convênio do Projeto Manuelzão/UFMG com a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), no Laboratório Metropolitano são realizadas análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade de água, segundo metodologias do Standard Methods e com certificação ISO 9001. Estas parcerias envolvem também fontes de financiamento de órgãos de fomento à pesquisa (CNPq, FAPEMIG e CAPES), Secretaria do Estado de Educação de Minas Gerais e Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

As metodologias utilizadas em campo e na análise de resultados vêm sendo discutidas regularmente no âmbito de um Acordo de Cooperação Técnico-científico com pesquisadores da US Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) e da Oregon State University. Neste acordo está previsto o intercâmbio de pesquisadores e de pós-graduandos, além da viabilização de cursos e treinamentos. Acreditamos que a capacitação constante é uma necessidade prioritária.

Os resultados que vêm sendo obtidos têm sido apresentados e discutidos em eventos nacionais, onde a comunidade científica se faz presente. Além disso, ao longo de reuniões, palestras e mesas-redondas, os informes técnico-científicos são repassados para integrantes dos comitês de sub-bacias para fomentar sua participação efetiva e conhecimento da situação atual.

Acreditamos, no entanto, que o desenvolvimento deste Programa de Biomonitoramento da Qualidade das Águas do Rio das Velhas necessita sofrer ajustes constantes nas abordagens de estudo. A contribuição acadêmica com base no aprofundamento da identificação taxonômica dos organismos e estudos ecológicos dos padrões espaço-temporais da composição e estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos podem, em associação com enfoques geográficos e políticos, contribuir para o melhor entendimento da estrutura e funcionamento da bacia. Dessa forma, a integração de diferentes segmentos da sociedade (pesquisadores, organizações não-governamentais, poder público, iniciativa privada) possibilitará a proposição e implementação de prioridades e metas de recuperação de trechos de bacia impactados e a conservação de sub-bacias ainda em condições naturais (**Figura 9**). Estudando e monitorando a qualidade das águas na bacia do Rio das Velhas estaremos portanto cuidando do meio ambiente para as próximas gerações.

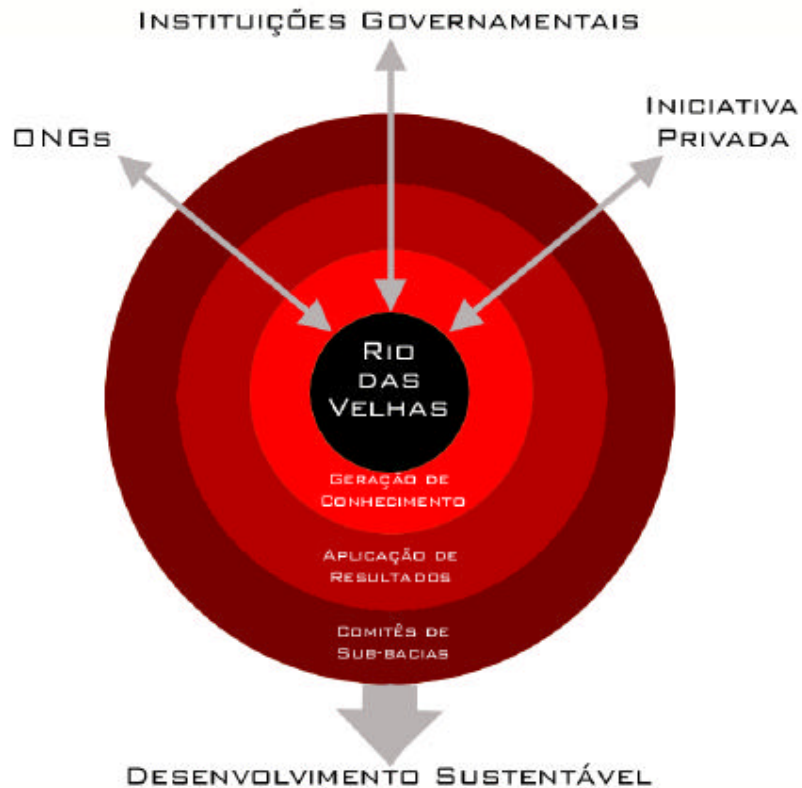


Figura 9. Parcerias entre diferentes segmentos da sociedade na busca do desenvolvimento sustentável, conservação e revitalização da bacia do Rio das Velhas (MG).

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e financiamento oferecidos pela coordenação do Projeto Manuelzão/UFMG e incentivo dos coordenadores (Prof. Apolo Heringer Lisboa, Carlos Bernardo Mascarenhas, Prof. Thomaz Mata Machado, Prof. Marcos Polignano, Prof. Tarcisio Pinheiro e Prof. Antônio Leite Alves Radicchi) para o desenvolvimento do Programa de Biomonitoramento da bacia do Rio das Velhas. Este estudo contou com a parceria do Projeto Manuelzão/UFMG e da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e financiamentos da FAPEMIG, CNPq, CAPES e U.S. Fish and Wildlife Service. Agradecemos especialmente aos colegas do Laboratório de Ecologia de Bentos do ICB/UFMG, Juliana S. França, Wander R. Ferreira, Augusto Oliveira, Marlon

Vasconcelos e Artur Guimarães, que participaram das coletas de campo e processamento de amostras em laboratório. Este manuscrito está inserido na tese de doutoramento de P. Moreno no Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre do ICB-UFMG.

Referências bibliográficas

- BARBOSA, F. A. R.; SCARANO, F. R.; SABARÁ, M. G.; ESTEVES, F. A. Brazilian LTER: Ecosystem and biodiversity information in support of decision-making. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 90, p. 121-133, 2004.
- BARBOSA, F. A. R.; SOUZA, E. M. M.; VIEIRA, F.; RENAULT, G. P. C. P.; ROCHA, L. A.; MAIA-BARBOSA, P. M.; OBERDÁ, S.; MINGOT, S. A. Impactos antrópicos e biodiversidade aquática. In: **Biodiversidade, população e economia**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar: ECMXC: PADTC/CIAMB, 1997. p. 345-454.
- CAIRNS JR., J.; PRATT, J. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater bimonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 10-27.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 8, p. 115-126, 1996.
- CALLISTO, M.; BARBOSA, F. A. R.; VIANNA, J. de A. Qual a importância de uma coleção científica de organismos aquáticos em um projeto de biodiversidade? In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 4., 1998. **Anais...** v. 2, p. 432-439.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002a.
- CALLISTO, M.; MORENO, P.; GONÇALVES, Jr., J. F.; LEAL, J. J. F.; ESTEVES, F. A. Diversity and biomass of Chironomidae (Diptera) larvae in an impacted coastal lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 1, p. 77-84, 2002b.
- CALLISTO, M.; GONÇALVES, Jr., J. F.; MORENO, P. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In: **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**. Belo Horizonte : UFMG, 2004. v. 1, p. 1-12.

- CAO, Y.; WILLIAMS, D. D.; LARSEN, D. P. Comparison of ecological communities: the problem of sample representativeness. **Ecological Monographs**, v. 72, n. 1, p. 41-56, 2002.
- COMPIN, A.; CÉRÉGHINO, R. Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garonne stream system (France). **Ecological Indicators**, v. 3, p. 135-142, 2003.
- GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal lotic ecosystems of Serra do Cipó (MG-Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 61, n. 2, p. 239-248, 2001.
- GOODYEAR, K. L.; McNEILL, S. Bioaccumulation of heavy metals by aquatic macro-invertebrates of different feeding guilds: a review. **The Science of the Total Environment**, v. 229, p.1-19, 1999.
- HARE, L. Aquatic insects and trace metals: bioavailability, bioaccumulation and toxicology. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 22, p. 327-369, 1992.
- HARE, L.; CAMPBELL, P.G.C. Temporal variations of trace metals in aquatic insects. **Freshwater Biology**, v. 27, p. 13-27, 1992.
- HOOVER, H. L.; SIBLY, R. M.; HUTCHINSON, T. M.; MAUND, S. J. The influence of larval density, food availability and habitat longevity on the life history and population growth rate of the midge *Chironomus riparius*. **Oikos**, v. 102, p. 515-524, 2003.
- ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, J.; KANTZARIS, V.; KATHARIOS, P.; KASPIRIS, P.; GEORGIADIS, T.H.; MONTESANTOU, B. An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). **Ecological Indicators**, v. 2, p. 345-360, 2003.
- KELLY, M. G.; WHITTON, B. A. Biological monitoring of eutrophication in rivers. **Hydrobiologia**, v. 384, p. 55-67, 1998.
- LYNCH, T. R.; POPP, C. J.; JACOBI, G. Z. Aquatic insects as environmental monitors of trace metal contamination: Red River, New Mexico. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 42, p.19-31, 1988.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurements**. London: Chapman and Hall, 1991. 179 p.
- McALLISTER, D.E.; HAMILTON, A.L.; HARVEY, B. Global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems. **Sea Wind**, v. 11, n. 3, p.1-142, 1997.
- MORENO, P.; CALLISTO, M.; FRANÇA, J.; FERREIRA, W. 2004. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta na avaliação das condições ecológicas na bacia do rio das Velhas (MG) In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 6., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 2004. No prelo.

MYSLINSKI, E.; GINSBURG, W. Macro-invertebrates as indicators of pollution. **Journal of the American Water Works Association**, v. 69, p. 538-544, 1977.

POLIGNANO, M.V.; POLIGNANO, A.H.; LISBOA, A.L.; ALVES, A.T.G.M.; MACHADO, T.M.M.; PINHEIRO, A.L.D.; AMORIM, A. **Uma viagem ao projeto Manuelzão e à bacia do Rio das Velhas – Manuelzão vai à Escola** Belo Horizonte: Coleção Revitalizar, 2001.

POMPEU, P. P.; ALVES, M. C. B.; CALLISTO, M. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas basin, Brazil. **American Fisheries Society**, 2004. (In press).

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

ROSENBERG, D. M.; WIENS, A. P. Community and species responses of Chironomidae (Diptera) to contamination of freshwaters by crude oil and petroleum products, with special reference to the trail river, Northwest Territories. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, v. 33, p. 1955-1963, 1976.

SANDIN, L.; JOHNSON, R. K. The statistical power of selected indicator metrics using macroinvertebrates for assessing acidification and eutrophication of running waters. **Hydrobiologia**, v. 422/423, p. 233-243, 2000.

SHEPP, D. L.; CUMMINS, J. D. Restoration in an urban watershed: Anacostia River of Maryland and the district of Columbia. In: WILLIAMS, J. E.; WOOD, C.A.; DOMBECK, M. P. (Ed.). **Watershed restoration: principles and practices**. Bethesda: American Fisheries Society, 1997. p. 297-317.

WARD, J.V. **Aquatic insect ecology**. New York: John Wiley, 1992. v.1. Biology and habitat, 438 p.