

Efetividade de áreas protegidas (APs) na conservação da qualidade das águas e biodiversidade aquática em sub-bacias de referência no rio das Velhas (MG)

Effectiveness of protected areas for the conservation of water quality and freshwater biodiversity in reference sub-basins in das Velhas River

Aline Paz¹

aline_zap@yahoo.com.br

Pablo Moreno¹

pablo@icb.ufmg.br

Lucas Rocha¹

lgrbio@yahoo.com.br

Marcos Callisto¹

callistom@ufmg.br

Resumo

A criação de áreas protegidas (APs) é um dos métodos mais importantes para a conservação da biodiversidade. No entanto, a criação de APs não garante necessariamente a conservação adequada da biodiversidade aquática. É necessário avaliar a localização, a capacidade de proteção e a conservação do estado ecológico desses ambientes e da efetividade das medidas de manejo implementadas. A conservação e gestão adequada de rios e a manutenção de sua integridade ecológica são fundamentais para preservar a biodiversidade e a saúde de ecossistemas aquáticos no Brasil. Neste estudo, buscamos avaliar a efetividade de seis áreas protegidas na manutenção da qualidade de habitats aquáticos e na conservação das assembléias de macroinvertebrados bentônicos na bacia hidrográfica do rio das Velhas. Tanto a avaliação de parâmetros físico-químicos quanto de assembléias biológicas evidenciam que as áreas protegidas são eficientes em proteger os trechos amostrados na bacia do rio das Velhas, devido ao controle do uso e à ocupação do solo em suas áreas de entorno. Embora as áreas protegidas não tenham como finalidade primordial a conservação da biodiversidade de organismos aquáticos e não tenham objetivos específicos para preservação de ecossistemas lóticos, os resultados obtidos sugerem que sua gerência eficiente garantiu a proteção das assembléias bentônicas nesses rios.

Palavras-chave: unidades de conservação, macroinvertebrados bentônicos, bacia hidrográfica, planejamento e gestão ambiental.

Abstract

The creation of protected areas is one of the most important methods for the preservation of the biodiversity. It does not necessarily mean that the creation of these areas will guarantee the proper conservation of all biodiversity. It is necessary to evaluate the site, the

¹ ICB, Depto. Biologia Geral, Lab. Ecologia de Bentos, UFMG, Caixa Postal 486, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brazil. www.icb.ufmg.br/big/benthos.

protection capacity and the ecological status of this environment and if the management is effective. The proper conservation and management of rivers and the maintenance of their ecological integrity are essential to preserve the biodiversity and the health of freshwater ecosystems in Brazil. In this study, we assessed the effectiveness of six protected areas in maintaining the quality of freshwater habitats and in preserving the benthic assemblages in Das Velhas river watershed. Both abiotic and biotic analysis showed that the protected areas are effective in preserving the sampling stretches of Das Velhas watershed, due to the use control and the land occupation in the surrounding areas. The results suggest that, although the protected areas do not have the conservation of freshwater biodiversity as their priority, its effective management guaranteed the preservation of benthic communities in those rivers.

Key words: protected areas, benthic invertebrates, watershed, environmental management.

Introdução

O desenvolvimento econômico, as demandas industriais e agrícolas e a expansão e crescimento da população humana e das áreas urbanas, a partir do século XVIII, resultaram na exploração dos recursos hídricos que foram se ampliando em intensidade e extensão, à medida que a sociedade desenvolvia novas tecnologias (Tundisi, 2003). O homem consome os recursos naturais mais rápido do que estes podem renovar-se, e gera mais resíduos do que os que podem ser integrados ao ciclo natural de nutrientes (Moraes e Jordão, 2002).

Torna-se cada vez mais urgente o desenvolvimento de estratégias de conservação de ecossistemas que ainda se encontram em condições ecológicas naturais (Primack e Rodrigues, 2001). Nesse sentido, o estabelecimento de áreas protegidas com a criação de unidades de conservação é um dos métodos mais universalmente aceitos e uma das mais importantes ações do governo brasileiro para a proteção da biodiversidade, somando, hoje, cerca de 100 milhões de hectares (Rylands e Brandon, 2005).

A criação de unidades de conservação não garante necessariamente a conservação adequada da biodiversidade, fazendo-se necessária uma avaliação da localização, da capacidade de proteção e conservação do estado ecológico desses ambientes e da efetividade das medidas de manejo implementadas. No Brasil, a maioria dos estudos

da eficiência dessas áreas restringe-se à avaliação de sua capacidade de preservar a flora e a fauna terrestre (Cohenca, 2007; Miranda e Alencar, 2007; Pavese *et al.*, 2007; Ribeiro e Verissimo, 2007). A maioria dessas áreas protegidas foi criada sem considerar os ambientes aquáticos (Abell *et al.*, 2007; Agostinho *et al.*, 2005). Apesar disso, são capazes de proteger um número considerável de corpos d'água e, portanto, de grande importância para as espécies aquáticas (Agostinho *et al.*, 2005). Estudando rios dentro e fora de áreas protegidas, Nel *et al.* (2007) verificaram que, apesar de apenas 50% dos rios avaliados dentro das áreas protegidas manterem suas características ecológicas naturais bem preservadas, essa porcentagem é alta, quando comparada à de 28% dos rios localizados fora de áreas protegidas. Sistemas de água doce preservados são cada vez mais raros (Abell *et al.*, 2007). Por essa razão, a conservação e gestão adequada de rios e a manutenção de sua integridade ecológica são fundamentais para preservar a biodiversidade de ecossistemas aquáticos continentais brasileiros e sua saúde (Agostinho *et al.*, 2005).

Dentre os organismos aquáticos que vêm sofrendo com a intensa degradação de habitats, as assembléias de macroinvertebrados bentônicos têm sido cada vez mais estudadas, devido à sua importância no fluxo de energia e na ciclagem de nutrientes nos ecossistemas límnicos (Rosenberg e Resh, 1993; Moretti *et al.*, 2007). Esses

organismos participam do processo de decomposição da matéria orgânica (Gonçalves *et al.*, 2006), reduzindo o tamanho das partículas. Além disso, fazem parte das cadeias alimentares de vários outros organismos aquáticos, notadamente peixes (Tupinambás *et al.*, 2007).

Conhecida em outros países como "Área Natural Protegida", no Brasil, é chamada de Unidade de Conservação. Estas podem ser Unidades de Proteção Integral ou Unidades de Uso Sustentável (Rodrigues, 2005). O objetivo deste estudo foi avaliar a efetividade de seis unidades de conservação, utilizadas como áreas de referência no Programa de Biomonitoramento da bacia do rio das Velhas (Moreno e Callisto, 2004), na manutenção dos habitats aquáticos e na preservação das assembléias de macroinvertebrados bentônicos dessa bacia. Assim, será possível inferir detalhes importantes sobre a utilização dessas áreas como referência de qualidade de água para toda a bacia.

Áreas de estudo

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. Sua nascente fica no município de Ouro Preto, desaguando a jusante do reservatório de Três Marias.

Possui 761 km de extensão, 38,4 m de largura média, drenando uma área de 29.173 km² (Polignano *et al.*, 2001). Integram a bacia do rio das Velhas 51 municípios; a população total abrangida por essa região é de 4,5 milhões de habitantes. Esses municípios têm importância econômica (42% do PIB mineiro) e social significativa devido à sua localização, que inclui a maior parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Polignano *et al.*, 2001). Além disso, boa parte do rio das Velhas, com algumas de suas cabeceiras, está encaixada no Quadrilátero Ferrífero, uma das áreas mais críticas do Estado devido aos inúmeros empreendimentos de mineração.

A bacia do rio das Velhas possui atualmente 21 unidades de conservação, distribuídas em dois parques federais, três parques estaduais, um parque municipal, duas áreas de proteção ambientais federais, três APAs estaduais, três APAs municipais, duas áreas de proteção especial estaduais, uma estação ecológica estadual, uma floresta estadual e três RPPNs, que somam, aproximadamente, 5.800 km² de unidades de conservação, o equivalente a 19% da área total da bacia do rio das Velhas (Secretaria Estadual de Meio Ambiente, 2007).

Neste trabalho, foram estudados seis trechos de sub-bacias protegidas por unidades de conservação na bacia do rio das Velhas (Figura 1).

Alto rio das Velhas

Rio Peixe (20° 10' 58,0" S, 43° 54' 35,7" W): trecho de cabeceira, protegido pela APA Sul Região Metropolitana de Belo Horizonte, situado a oeste no trecho alto da bacia do rio das Velhas; localiza-se no Quadrilátero Ferrífero; a vegetação é caracterizada por mata e campo rupestre.

Médio rio das Velhas

Ribeirão da Mata (19° 35' 02,8" S, 44° 11' 56,6" W): trecho de cabeceira, protegido pela APA Carste de Lagoa Santa, situado ao oeste, no trecho

médio da bacia do rio das Velhas; localiza-se na Depressão Sanfranciscana, com predomínio da vegetação de campo de pastagem.

Rio Jaboticatubas (19° 29' 55,3" S, 43° 44' 45,2" W): trecho de cabeceira, protegido pela APA Morro da Pedreira, situado a leste no trecho médio da bacia do rio das Velhas; nasce na Serra do Espinhaço e estende-se pela Depressão Sanfranciscana; a vegetação é classificada em três tipos fisiômicos: campo rupestre, cerrado e campo de pastagem.

Córrego das Pedras (19° 22' 17" S, 43° 36' 02,2" W): córrego de cabeceira do rio Cipó, protegido pelo PARN Serra

do Cipó, situado a leste no trecho médio da bacia do rio das Velhas; localiza-se na Serra do Espinhaço; apresenta vegetação característica de campos rupestres.

Baixo rio das Velhas

Rio Pardo Pequeno (18° 15' 23,2" S, 44° 11' 48,1" W): trecho de cabeceira, protegido pelas APAs Serra Talhada e Quebra Pé, na região leste no trecho baixo da bacia do rio das Velhas; estende-se quase totalmente pela região da Serra do Espinhaço; a vegetação predominante é a de campos rupestres.

Rio Curimataí (17° 51' 45,6" S, 43° 58' 43,8" W): trecho de cabeceira,

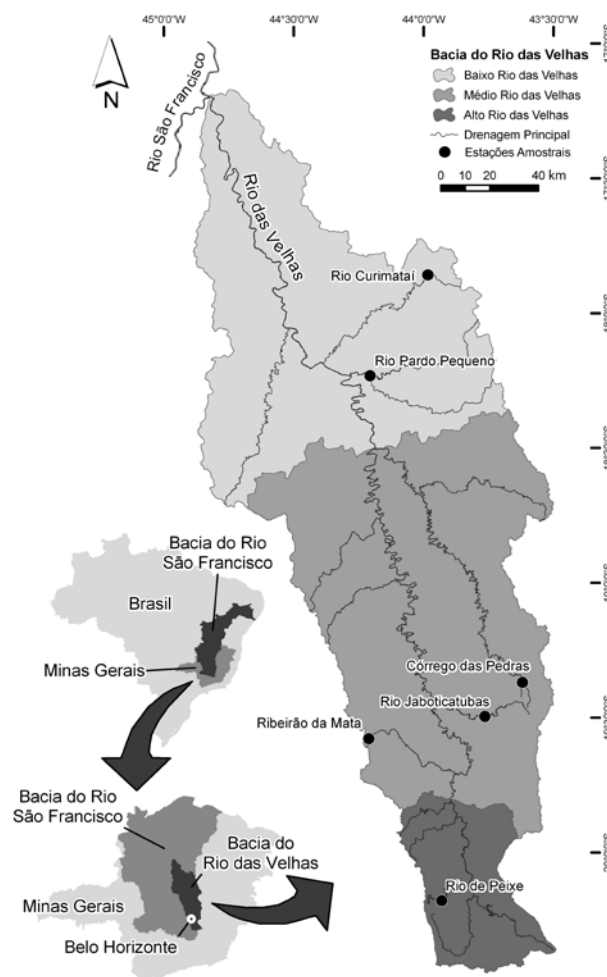


Figura 1. Mapa da bacia do rio das Velhas com a localização das UCs e trechos de rio estudados. Fonte: Núcleo Transdisciplinar e Transinstitucional da Bacia do Rio das Velhas - NUVELHAS/PROJETO MANUELZÃO.

Figure 1. Map of das Velhas River with the localization of the Protected Areas and studied river sections. Source: Núcleo Transdisciplinar e Transinstitucional da Bacia do Rio das Velhas - NUVELHAS/PROJETO MANUELZÃO.

protegido pelo PARNA Sempre-Vivas, situado a leste no trecho baixo da bacia do rio das Velhas; nasce na Serra do Espinhaço, mas sua maior porção encontra-se no Planalto do São Francisco; a vegetação predominante é o campo de pastagem, mas também possui fragmentos de capoeira.

Materiais e métodos

Este estudo buscou avaliar as assembléias de macroinvertebrados bentônicos em seis trechos de sub-bacias tributárias à bacia do rio das Velhas, localizadas em unidades de conservação, onde foram realizadas amostragens intensivas em oito campanhas trimestrais nos períodos de chuvas e secas de 2004 a 2006.

Para avaliar as condições ambientais dos trechos de bacia estudados, foi utilizado um protocolo de avaliação rápida de condições ecológicas e diversidade de habitats em trechos de bacias hidrográficas, que objetiva avaliar o ambiente aquático e a zona ripária quanto ao seu nível de preservação (Callisto *et al.*, 2002).

Cinco amostras quantitativas de sedimento foram coletadas nas estações de amostragem, considerando habitats diversificados, trechos de rios de cabeceira com características equivalentes, com a finalidade de comparar as assembléias de macroinvertebrados encontradas em cada estação. Para a coleta dos sedimentos, foi utilizado um amostrador do tipo Surber (25x25 cm), malha 250 µm de poro e área amostral de 0,0625 m².

Para a classificação da composição granulométrica dos sedimentos, as amostras foram processadas segundo método proposto por Suguio (1973), modificado por Callisto e Esteves (1996). Para a determinação dos teores de matéria orgânica nos sedimentos, as amostras foram processadas com a utilização do método de gravimetria com forno mufla a 550°C, durante três horas.

A determinação das variáveis abióticas temperatura, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, turbidez e

potencial de oxidação/redução foram realizadas *in situ*, utilizando aparelhos portáteis marca YSI (60 e 85 Yellow Spring – Ohio). Foram avaliadas a velocidade da água e a profundidade dos rios, utilizando-se de um fluxômetro portátil marca Global Water, para o cálculo de vazão dos rios. Foram mensurados os teores de fósforo total e nitrogênio total na água, respectivamente, pelos métodos de Mackereth *et al.*, (1978) e Strickland e Parsons (1960).

As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Ecologia de Bentos do ICB/UFMG, para serem lavadas, triadas e identificadas taxonomicamente, segundo Péres (1988) e Merritt e Cummins (1996). Os invertebrados foram posteriormente depositados na Coleção de Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do ICB/UFMG, segundo metodologia de França e Callisto (2007).

Para avaliar a estrutura das assembléias de macroinvertebrados bentônicos, foi estimada a densidade de organismos (indivíduos/m²) e, por meio desta, foi calculada a abundância relativa dos taxa (* < 100 ind/m²; ** ≥ 101 < 1.000 ind/m²; *** ≥ 1.001 < 10.000 ind/m² e **** ≥ 10.001 ind/m²). Além disso, foram calculados a riqueza taxonômica (número total de táxons encontrado por amostra), os índices de equitabilidade de Pielou e de diversidade de Shannon-Wiener (Magurran, 1991).

Foi calculado o índice BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), desenvolvido para a bacia do rio das Velhas (Junqueira *et al.*, 2000) e o índice complementar ASPT (*Average Score Per Taxon*) (Clarke *et al.*, 2002; Silveira, 2004).

A porcentagem das famílias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) assim como a porcentagem de riqueza de EPT foram calculadas, ajudando a avaliar e a comparar o grau de preservação de cada córrego.

Para avaliar a qualidade ambiental das áreas estudadas e sua potencial utilização como áreas de referência na bacia do rio das Velhas, foram realizadas

análises utilizando as variáveis ambientais e as assembléias de macroinvertebrados. Foi usada uma Análise Discriminante (Programa *Statistica for Windows*) com todas as variáveis abióticas; selecionaram-se aquelas que melhor discriminaram as estações de coleta. Utilizando as variáveis indicadas pela análise discriminante, foi realizada uma análise hierárquica de cluster com distância euclidiana (Programa PRIMER). Para avaliar a similaridade entre as assembléias dos seis pontos amostrais, realizou-se uma análise hierárquica de cluster que utilizou o índice de similaridade de Bray-Curtis (Programa PRIMER).

Resultados e discussão

Os trechos de rios estudados receberam pontuações características de ambientes naturais na aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida, demonstrando alto nível de preservação dessas áreas. A maior avaliação foi obtida no córrego das Pedras: 90,5; e a menor, no rio Peixe: 66,25 (Tabela 1). Os trechos de rios estudados apresentaram habitats diversificados; trechos de rápidos e corredeiras frequentes e bem desenvolvidos; ausência de alterações no canal do rio; presença de espécies de plantas nativas na mata ciliar; mínima evidência de erosão nas margens; e presença de vegetação aquática no leito do rio.

No período de chuvas, foram observados os maiores valores médios de teores de oxigênio dissolvido em todos os pontos, em função do aumento do turbilhonamento e da aeração das águas nesse período. Os menores valores médios de oxigênio encontrados nos períodos de chuva e seca foram no ribeirão da Mata, e os maiores valores, no córrego das Pedras (Tabela 1). Os teores de Nitrogênio-total e Fósforo-total foram baixos em todos os trechos (Tabela 1). O maior valor de N-total foi encontrado no rio Jaboticatubas, no período de chuvas, e o maior valor de P-total foi encontrado no rio

Tabela 1. Parâmetros físicos e químicos (média e desvio padrão) mensurados nas estações amostrais em trechos de rios localizados em áreas protegidas na bacia do rio das Velhas, períodos de chuva e seca de 2004 a 2006.**Table 1.** Physical and chemical parameters (average and standard deviation) measured in the sampling stations located in protected areas in das Velhas River Basin, rainy and dry seasons from 2004 to 2006.

Parâmetros	Rio Pardo Pequeno		Ribeirão da Mata		Rio Jabuticatubas		Rio Peixe		Rio Curimataí		Córrego das Pedras	
	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca
Condutividade (µS/cm)	49,9±24,9	61,9±25,6	74,1±40,5	84,9±13,3	83,7±51,0	98,9±21,9	41,2±20,7	36,2±8,4	23,5±11,7	119,7±187,0	5,3±0,7	4,6±0,7
Fósforo Total (mg/L)	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,1±0,1	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
Nitrogênio Total (mg/L)	0,7±0,7	0,2±0,2	0,7±1,3	0,3±0,3	2,6±4,8	0,4±0,4	1,4±2,2	0,7±0,7	1,1±1,5	0,3±0,3	0,2±0,3	0,3±0,2
Oxigênio (mg/L)	6,8±0,7	6,5±2,4	6,6±1,0	5,8±2,1	7,4±0,4	6,8±2,2	7,9±0,6	6,3±1,8	7,5±1,1	6,6±2,2	7,9±0,5	7,3±2,1
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	48,5±20,5	62,1±18,5	72,8±23,6	88,0±38,1	76,9±26,5	81,4±15,8	44,7±18,5	35,3±12,0	37,3±15,6	22,9±8,1	15,0±12,8	17,3±17,5
Turbidez (UT)	25,2±35,8	7,6±5,5	62,6±81,9	11,6±8,4	52,1±72,9	4,6±3,0	81,8±52,9	16,9±8,3	20,3±19,3	22,2±24,6	2,8±2,7	1,3±1,0
pH	7,2±0,4	7,6±0,4	7,1±0,3	7,3±0,2	7,3±0,3	7,2±0,8	7,2±0,2	6,9±0,7	6,4±1,5	6,9±0,8	7,2±0,8	6,9±1,1
Temperatura (°C)	26,4±2,6	23,8±1,1	23,0±1,5	19,6±1,9	24,8±2,0	18,3±2,5	20,2±0,8	20,4±3,3	25,4±1,6	22,9±2,4	22,8±0,7	20,1±1,5
Profundidade (m)	0,8±0,5	0,5±0,3	5,2±9,9	0,3±0,2	0,5±0,3	0,3±0,2	0,5±0,1	0,3±0,1	0,9±0,6	0,8±0,6	0,3±0,2	0,2±0,1
Velocidade (m/s)	0,4±0,3	0,2±0,1	0,5±0,4	0,5±0,3	0,8±0,4	0,5±0,4	0,7±0,3	0,4±0,2	0,7±0,49	0,4±0,3	0,6±0,5	0,1±0,07
Matéria Orgânica (% p.s.)	0,9±1,3	1,1±1,3	1,3±0,6	1,3±0,5	0,5±0,3	0,6±0,2	1,5±0,2	3,8±3,2	1,1±1,1	1,1±0,3	0,8±0,6	1,0±0,8
Protocolo	74±13	76±5	71±13	73±9	74±9	79±7	66±6	71±5	74±7	74±6	90±5	91±3
Diversidade granulométrica máxima	1,4	1,6	1,8	1,7	1,6	1,6	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,8

Peixe, também no período de chuvas. A elevação dos teores de nitrogênio e fósforo em períodos de chuvas pode ser favorecida pela ressuspensão do sedimento pelo turbilhonamento das águas e pelo carreamento de nutrientes das margens para o leito do rio (Gibson e Meyer, 2007).

Os teores de matéria orgânica nos sedimentos foram baixos para todos os trechos e mantiveram-se constantes, havendo apenas pequenas variações, entre os períodos de chuvas e seca (Tabela 1). À exceção do rio Curimataí, os períodos de seca apresentaram maiores teores de matéria orgânica no sedimento, com relação aos períodos de chuvas. Uma possível explicação para isso está no fato de que, nos períodos de seca, não ocorrem turbilhona-

mento e ressuspensão de sedimentos, e, conseqüentemente, a matéria orgânica, nesses períodos, sedimenta-se e concentra-se no fundo dos rios. As maiores concentrações de matéria orgânica nos sedimentos resultam em aumento do número de organismos e, eventualmente, em aumento do consumo de oxigênio em um rio. Por isso, as baixas quantidades de matéria orgânica são importantes para manter o equilíbrio ecológico dos rios.

A diversidade granulométrica foi alta em todos os trechos de rios. No entanto, no período de chuvas, foi maior no rio do Peixe; no período de secas, foi maior no rio Curimataí (Tabela 1). Estudos sobre a composição granulométrica de sedimentos em ecossistemas aquáticos relacionados à composição

e à distribuição de macroinvertebrados bentônicos demonstraram que a heterogeneidade do substrato, aliada a outros fatores abióticos, é importante para as assembléias bentônicas (Boyeiro, 2003) e, muitas vezes, a diversidade na composição granulométrica é traduzida em diversidade de habitats (Callisto e Esteves, 1996). Segundo França *et al.* (2006), ambientes com condições ecológicas preservadas possuem elevada diversidade de frações granulométricas. Essa diversidade granulométrica deve-se à estabilidade do leito e pode estar relacionada à preservação das áreas de entorno e ao uso e ocupação do solo.

A análise discriminante para as variáveis abióticas indicou que os melhores parâmetros para diferenciar as esta-

ções de coletas foram: resultados do protocolo, sólidos totais dissolvidos, turbidez, temperatura e percentual da fração de areia grossa ($p < 0,05$). Dessa forma, podemos concluir que, dentre todas as variáveis mensuradas, apenas 28% indicam diferenças significativas entre as estações. Essas variáveis foram utilizadas na análise de cluster, que corroborou a semelhança entre as estações (Figura 2).

Os trechos de sub-bacias inseridos em

áreas de proteção integral (córregos das Pedras e rio Curimataí) não apresentaram melhores condições abióticas do que os trechos inseridos em áreas de proteção ambiental (rio Peixe, rio Jabuticatubas, ribeirão da Mata e rio Pardo Pequeno) e apresentaram distância menor que 15% na análise estatística. Portanto, os resultados abióticos evidenciam que as unidades de conservação são eficientes em proteger os trechos amostrados na bacia

do rio das Velhas, devido ao controle do uso e à ocupação do solo nas áreas de entorno.

Nas oito campanhas de campo realizadas, foram coletados 74.623 organismos, distribuídos em 60 táxons, classificados nos filos Annelida, Arthropoda, Mollusca e Plathelminthes, com o predomínio da Classe Insecta. Todos os pontos apresentaram altos valores de riqueza e diversidade (Tabela 2). O cálculo do índice *Bio-monitoring Working Working Party* (BMWP) indicou que todos os trechos de rios possuem águas de ótima qualidade e que, apesar de algumas diferenças nos valores de BMWP, o índice *Average Score Per Taxa* (ASPT) aproximou todos os pontos de coleta. A porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) variou bastante, principalmente comparando o rio Peixe aos demais trechos. Este apresentou um valor muito baixo, ao contrário da porcentagem de riqueza de EPT, que, apesar de ter sido menor para o rio Peixe, foi alta em todos os pontos (Tabela 2).

A riqueza de espécies de um córrego é sensível ao impacto de atividades humanas nos ecossistemas, particularmente se forem identificados insetos aquáticos das ordens EPT, que são frequentemente bons indicadores de condições ambientais (Buss *et al.*, 2002; Compín e Céréghino, 2003; Buss e Salles, 2007).

Os parâmetros biológicos evidenciaram que os trechos estudados apresentam assembléias de macroinvertebrados estáveis e bem preservadas. O índice de similaridade de Bray-Curtis indicou semelhança maior que 50% entre as assembléias bentônicas em todas as estações amostrais estudadas (Figura 3). A análise de cluster sugeriu que os ambientes estudados possuem características abióticas próximas e, como consequência, foram colonizados por assembléias bentônicas similares. Em função dos valores encontrados para os parâmetros riqueza, diversidade, equitabilidade, BMWP, ASPT, e porcentagem de ri-

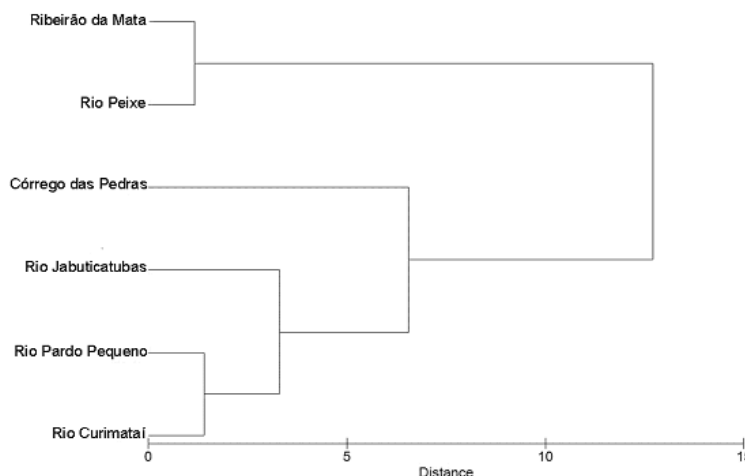


Figura 2. Análise de cluster, avaliando distância euclidiana entre as estações amostrais, considerando-se os parâmetros abióticos, em trechos de rios localizados em áreas protegidas na bacia do rio das Velhas, períodos de chuvas e seca de 2004 a 2006.

Figure 2. Cluster analysis using euclidian distance between sampling stations considering the abiotic parameters in river sections located in protected areas in das Velhas River Basin, rainy and dry periods from 2004 to 2006.

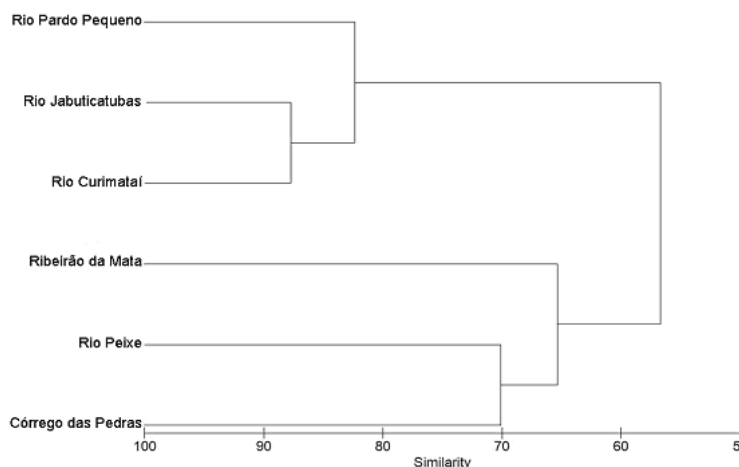


Figura 3. Análise de cluster, avaliando a similaridade (índice de Bray-Curtis) entre as estações amostrais em trechos de rios localizados em áreas protegidas na bacia do rio das Velhas de 2004 a 2006.

Figure 3. Cluster analysis (Bray-Curtis index) of sampling stations in river sections located in protected areas in das Velhas River Basin from 2004 to 2006.

Tabela 2. Composição taxonômica das assembleias de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostrais em trechos de rios localizados em áreas protegidas na bacia do rio das Velhas. Riqueza taxonômica, grupos tróficos funcionais e índices de diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade de Pielou, BMWP, ASPT, % EPT e % Riqueza EPT.

Table 2. Taxonomic composition of benthic macroinvertebrate assemblages at sampling stations located in river sections located in protected areas in das Velhas River Basin. Taxonomic richness, functional feeding groups, Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness, BMWP, ASPT, EPT and % EPT richness.

Taxa	Rio Pardo Pequeno	Ribeirão da Mata	Rio Jabuticatubas	Rio Peixe	Rio Curimataí	Córrego das Pedras
Coleoptera						
Dytiscidae	*	*	*			*
Elmidae	**	****	**	*	*	**
Gyrinidae	*	*	*		*	*
Hydrophilidae	*	*	*		*	
Psephenidae					*	
Staphylinidae		*				
Collembola		*			*	
Decapoda		*			*	
Diptera						
Canacidae						*
Ceratopogonidae	*	*	*	*	*	*
Chironomidae	****	****	****	****	****	****
Culicidae	*				*	
Dixidae		*				
Empididae	*	*	*	*	*	*
Psychodidae		*	*	*		*
Simuliidae	****	****	****	****	****	*
Tabanidae	*				*	*
Tipulidae	*	*	*		*	*
Ephemeroptera						
Baetidae	****	**	****	*	***	*
Caenidae	*	*			*	*
Leptohyphidae	**	***	**		*	*
Leptophlebiidae	***	*	**		**	*
Oligoneuriidae					*	
Gastropoda						
Planorbidae	*					
Thiaridae			*			
Bivalvia	*	*	*	*		
Heteroptera						
Belostomatidae	*					
Corixidae						*
Gerridae				*		*
Hydrometridae		*				
Mesoveliidae		*				
Naucoridae	*	*	*		*	*
Notonectidae						*
Pleidae					*	*
Veliidae	*	*	*	*	*	*
Hidracarina	*	*	*		*	*
Hirudinea	*	*		*		*
Lepidoptera	*	*	*	*	*	*

Taxa	Rio Pardo Pequeno	Ribeirão da Mata	Rio Jaboticatubas	Rio Peixe	Rio Curimataí	Córrego das Pedras
Megaloptera						
Corydalidae	*	*	*	*	*	*
Nematoda		*				
Odonata						
Aeshnidae	*	*			*	*
Calopterygidae		*	*	*	*	*
Coenagrionidae	*	*	*	*	*	*
Gomphidae	*	*	*	*	*	*
Libellulidae	*	*	*	*	*	*
Megapodagrionidae		*	*		*	*
Oligochaeta	**	***	*	**	*	*
Planariidae		*	*			*
Plecoptera						
Perlidae	*	*	*	*	*	*
Trichoptera						
Calamoceratidae	*	*	*			*
Glossosomatidae	*	*	*	*	*	*
Helicopsychidae		*			*	*
Hydrobiosidae	*		*			*
Hydropsychidae	***	***	**	*	**	*
Hydroptilidae	*	*	*	*	*	*
Leptoceridae	*	*	*		*	*
Odontoceridae		*	*		*	*
Philopotamidae	****	*	***		**	*
Polycentropodidae	*		*		*	*
Xiphocentronidae					*	
Densidade total	210756	134011	179589	64589	162422	77778
Equitabilidade	0,55	0,50	0,54	0,34	0,49	0,48
Diversidade	2,01	1,90	1,95	1,06	1,81	1,83
Riqueza	38	45	37	22	41	44
BMWP	169	177	174	96	184	189
ASPT	5,28	5,71	5,61	5,05	5,75	5,73
% EPT	32,27	22,31	28,58	3,27	23,69	21,76
% riqueza EPT	34,21	28,89	35,14	22,73	36,59	34,09

queza de EPT é possível inferir que todos os locais estudados podem ser utilizados como áreas de referência para a bacia do rio das Velhas, mesmo sendo geograficamente distantes, pois apresentam assembléias bentônicas semelhantes. O rio Peixe foi o trecho que apresentou os menores valores em todos os parâmetros avaliados. Esse rio está inserido na APA Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte; acredita-se que a região metropolitana exerça alguma influência sobre este trecho.

Os resultados obtidos neste estudo corroboraram as observações de Agostinho *et al.* (2004), Takeda *et al.* (2004) e Train e Rodrigues (2004), ao afirmarem que a criação de uma área protegida pode ser uma ferramenta importante e eficiente para a preservação de ecossistemas lóticos e sua biodiversidade. Embora as áreas protegidas não tenham como finalidade primordial a conservação da biodiversidade de organismos aquáticos e não possuam objetivos específicos para essas áreas, a gestão eficiente garante

a proteção de assembléias bentônicas de seus rios.

A inclusão de ecossistemas aquáticos em unidades de conservação não garante proteção integral de sua biodiversidade, pois não supre as necessidades específicas para conservar esses ecossistemas, tais como a integridade hidráulica, a hidrológica, nem para evitar a introdução de espécies exóticas (Saunders *et al.*, 2002). Mas, se há uma melhoria na integridade de rios localizados dentro de unidades de conservação, comparando com os que

estão fora de seus limites, os órgãos gestores devem ampliar os propósitos das áreas protegidas já existentes, incluindo sistemas de rios inteiros (bacias) ou protegendo a calha dos rios ainda a montante de seus limites.

Agradecimentos

Agradecemos às fontes de financiamento (CNPq, CAPES, FAPEMIG), aos colegas do Laboratório Ecologia de Bentos, ao Projeto Manuelzão e ao apoio do IBAMA e IEF.

Referências

- ABELL, R.; ALLAN, J.D.; LEHNER, B. 2007. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biological Conservation*, **134**:48-63.
- AGOSTINHO, A.A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. 2004. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River; effects of hydrological regulation by dams. *Ecology and Hydrobiology*, **4**:255-268.
- AGOSTINHO, A.A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology*, **19**(3):646-652.
- BOYERO, L. 2003. The quantification of local substrate heterogeneity in streams and its significance for macroinvertebrate assemblages. *Hydrobiologia*, **499**:161-168.
- BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; SILVEIRA, M.P.; NESSIMIAN, J.L.; DORVILLE, L.F.M. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. *Hydrobiologia*, **481**:125-136.
- BUSS, D.F.; SALLES, F.F. 2007. Using Baetidae species as biological indicators of environmental degradation in a Brazilian river basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, **130**:365-372.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. 1996. Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural. *Acta Limnologica Brasiliensis*, **8**:115-126.
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M.D.C.; PETRUCIO, M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensis*, **14**(1):91-98.
- CLARKE, R.T.; FURSE, M.T.; GUNN, R.J.M.; WINDER, J.M.; WRIGHT, J.F. 2002. Sampling variation in macroinvertebrate data and implications for river quality indices. *Freshwater Biology*, **47**:1735-1751.
- COHENCA, D. 2007. Evolução anual de desmatamento na Floresta Nacional de Tapajós: 1997-2005. *Natureza & Conservação*, **5**(1):35-44.
- COMPIN, A.; CÉRÉGHINO, R. 2003. Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garonne stream system. *Ecological Indicators*, **3**:135-142.
- FRANÇA, J.S.; CALLISTO, M. 2007. Coleção de macroinvertebrados bentônicos: ferramenta para o conhecimento da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais. *Neotropical Biology and Conservation*, **2**(1):3-10.
- FRANÇA, J.S.; MORENO, P.; CALLISTO, M. 2006. Importância da composição granulométrica para a comunidade bentônica e sua relação com o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio das Velhas (MG). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 7, Porto Alegre, *Anais*, [CD].
- GIBSON, C.A.; MEYER, J.L. 2007. Nutrient uptake in a large urban river. *Journal of the American Water Resources Association*, **43**(3):576-587.
- GONÇALVES, J.F.; GRAÇA, M.A.S.; CALLISTO, M. 2006. Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, Mediterranean, and tropical Cerrado climates. *Journal of the North American Society*, **25**(2):344-355.
- JUNQUEIRA, M.V.; AMARANTE, M.C.; DIAS, C.F.S.; FRANÇA, E.S. 2000. Biomonitoramento da qualidade das águas da bacia do alto rio das Velhas (MG-Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnologica Brasiliensis*, **12**:73-87.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. 1978. Water Analysis: Some revised methods for limnologists. *Freshwater Biological Association*, **36**:108-114.
- MAGURRAN, A.E. 1991. *Ecological diversity and its measurements*. London, Chapman and Hall, 179 p.
- MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. (eds.). 1996. *An Introduction to the aquatic insects of North America*. 2ª ed., Dubuque, Kendall/Hunt, 722 p.
- MIRANDA, C.L.; ALENCAR, G. da S. 2007. Aspectos da atividade de caça no Parque Nacional Serra da Capivara, estado do Piauí, Brasil. *Natureza & Conservação*, **5**(1):27-34.
- MORAES, D.S. de L.; JORDÃO, B.Q. 2002. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Revista Saúde Pública*, **36**(3):15-25.
- MORENO, P.; CALLISTO, M. 2004. Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas. In: V.L. FERRACINI; S.C.N. QUEIROZ; M.P. SILVEIRA (eds.), *Bioindicadores de qualidade da água*. Belo Horizonte, Ed. UFMG, p. 95-116.
- MORETTI, M.S.; GONÇALVES, J.F.; LIGEIRO, R.; CALLISTO, M. 2007. Invertebrates colonization on native trees leaves in a Neotropical stream (Brazil). *International Review of Hydrobiology*, **92**(2):199-210.
- NEL, J.L.; ROUX, D.J.; MAREE, G.; KLEYNHANS, C.J.; MOOLMAN, J.; REYERS, B.; ROUGET, M.; COWLING, R.M. 2007. Rivers in peril inside and outside protected areas: A systematic approach to conservation assessment of river ecosystems. *Diversity and Distributions*, **13**:341-352.
- PAVESE, H.B.; LEVERINGTON, F.; HOCKINGS, M. 2007. Estudo global da efetividade de manejo de unidades de conservação: a perspectiva brasileira. *Natureza & Conservação*, **5**(1):65-77.
- PÉRES, G.R. 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá, Fondo Fen Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia, 217 p.
- POLIGNANO, M.V.; POLIGNANO, A.H.; LISBOA, A.L.; ALVES, A.T.G.M.; MACHADO, T.M.M.; PINHEIRO, A.L.D.; AMORIM, A. 2001. *Uma viagem ao projeto Manuelzão e à bacia do Rio das Velhas – Manuelzão vai à escola*. Belo Horizonte, Ed. UFMG, 56 p. (Coleção Revitalizar).
- PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. 2001. *Biologia da Conservação*. Londrina, Editora Vida, 328 p.
- RIBEIRO, M.B.N.; VERÍSSIMO, A. 2007. Padrões e causas do desmatamento nas áreas protegidas de Rondônia. *Natureza & Conservação*, **5**(1):15-26.
- RODRIGUES, J.E.R. 2005. *Sistema Nacional de Unidades de Conservação*. São Paulo, Editora Revista dos Tribunais, 197 p.
- ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: D.M. ROSENBERG; V.H. RESH (eds.), *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York, Chapman and Hall, p. 1-9.
- RYLANDS, A.B.; BRANDON, K. 2005. Unidades de Conservação do Brasil. *Megadiversidade*, **1**(1):27-35.
- SAUNDERS, D.L.; MEEUWIG, J.J.; VICENT, A.C.J. 2002. Freshwater protected areas: Strategies for conservation. *Conservation Biology*, **16**(1):30-41.
- SEMAD (SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL). 2007. Available at: <http://www.semamg.gov.br>; accessed on: 11/09/2007.
- SILVEIRA, M.P. 2004. *Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios*. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 68 p.
- STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. 1960. *A manual of sea water analysis*. Ottawa, Bulletin Fisheries Research Board of Canada, 187 p.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda., 317 p.
- TAKEDA, A.M.; FUJITA, D.S.; FONTES, H.M. 2004. Perspectives on exotic bivalves proliferation in the Upper Paraná River floodplain. In: A.A. AGOSTINHO; L. RODRIGUES; L.C. GOMES;

- S.M. THOMAZ; L.E. MIRANDA (eds.), *Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain*. Maringá, EDUEM, p. 97-100.
- TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C. 2004. Phytoplanktonic assemblages. In: S.M. THOMAZ; A.A. AGOSTINHO; N.S. HAHN (eds.), *The Upper Paraná River and its floodplain: Physiological aspects, ecology and conservation*. Leiden, Backhuys Publishers, p. 103-124.
- TUPINAMBÁS, T.H.; CALLISTO, M.; SANTOS, G.B. 2007. Benthic macroinvertebrate assemblage structure in two headwater streams, south eastern, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **24**(4):24-34.
- TUNDISI, J.G. 2003. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos, RiMa, Instituto Internacional de Ecologia, 248 p.

Submitted on January 25, 2008.

Accepted on May 13, 2008.