DOI: 10.1590/1808-1657v71p2272004

DIVERSIDADE DE HABITATS E PADRÕES DE DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DO BENTOS AO LONGO DE UM AFLUENTE DO RESERVATÓRIO DE TRÊS MARIAS, MG

P.H.C. Corgosinho[1]*, L.S.F. Calixto[2], P.L. Fernandes[2], L.M. Gagliardi[2], V.L.P. Balsamão[3]

[1]Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Av. André Araújo, 2936, CEP 69083-000, Manaus, AM, Brasil. E-mail: meiofauna@ig.com.br

RESUMO

Este estudo foi realizado ao longo de um pequeno afluente do reservatório de Três Marias e teve como objetivo avaliar a correlação entre diversos parâmetros comumente usados para a determinação da qualidade de ambientes aquáticos como a abundância do bentos, a sua diversidade, bem como o índice BMWP, com os protocolos de análise ecológica rápida propostos por Hannaford (1997) e EPA (1987). Foi observada uma tendência para a diminuição da diversidade de habitats, da diversidade do bentos, sua abundância e o índice de BMWP ao longo do transecto estudado. No entanto, o teste de Spearman mostrou não haver correlação significativa ao nível de $p < 0,05$ entre os dados da avaliação ecológica rápida e os demais parâmetros propostos. Portanto, concluiu-se que o uso dos protocolos aqui utilizados pode conduzir a interpretações errôneas sobre a saúde do ambiente, podendo levar a diferentes decisões quanto a melhor estratégia de manejo e de conservação.

PALAVRAS-CHAVE: Diversidade, bentos, avaliação ecológica rápida, BMWP.

ABSTRACT3

HABITAT DIVERSITY AND BENTHOS ABUNDANCE AND DIVERSITY PATTERNS ALONG A TRIBUTARY OF TRÊS MARIAS RESERVOIR, MG, BRAZIL. This study was performed along a tributary of Três Marias reservoir. The objective was to evaluate the correlation among several parameters usually used for the determination of aquatic environmental health such as benthos abundance, diversity, as well as BMWP, with the protocols of rapid ecological assessment proposed by Hannaford (1997) and EPA (1987). We observed a tendency for a decrease of habitat diversities, as well as benthos diversity, abundance and BMWP along the studied area. However, Spearman's test showed no significative correlation at the level of $p < 0.05$ among the data acquired by the application of rapid ecological assessment protocols and the other parameters here studied. Therefore, we concluded that the use of these protocols can guide us to an erroneous interpretation about the environmental health and consequently allowing different decisions on how to conserve and manage the environment.

KEY WORDS: Diversity, benthos, rapid ecological assessment, BMWP.

INTRODUÇÃO

As sociedades são grandemente dependentes dos seus rios. No entanto, ao longo do século passado a atividade humana alterou dramaticamente estes ecossistemas, ameaçando a sua saúde (KARR, 1999). Como resultado disto, as sociedades também vem sendo ameaçadas, visto que serviços críticos para o seu desenvolvimento e manutenção também tem sido afetados (KARR, 1999), produzindo uma série de impactos econômicos, tais como o aumento muito rápido dos custos de tratamento, a perda do valor estético de lagos, represas e rios e o impedimento à navegação e à recreação, o que diminui o valor turístico e os investimentos nas bacias hidrográficas (TUNDISI, 2003).

Uma das conseqüências quase que inevitáveis do uso descontrolado dos ambientes aquáticos é a aceleração de processos eutrofizantes e degradativos destes sistemas e da qualidade da água. Em vista

*Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática / Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior

[2]Universidade Estadual de Montes Claros, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Montes Claros, MG, Brasil.

[3]Universidade Estadual de Montes Claros, Três Marias, MG, Brasil.

disto, múltiplos impactos humanos têm sido responsáveis pela deterioração da qualidade ambiental de bacias hidrogáficas extremamente importantes no território brasileiro (CALLISTO *et al.*, 2002).

De acordo com GALDEAN *et al.* (2000), o estudo da diversidade de habitats oferece oportunidade para avaliar os níveis de impactos antrópicos em trechos de bacias hidrográficas, constituindo-se em importante ferramenta em programas de monitoramento ambiental (CALLISTO *et al.*, 2001a). Portanto, o estudo da qualidade do hábitat físico (tipos de margem, tipo de sedimento dos rios, quantidade de microhábitats devido à presença de seixos e troncos etc.) é essencial em qualquer pesquisa biológica, porque a fauna aquática freqüentemente tem exigências específicas de habitats que são independentes da qualidade da água (HANNAFORD *et al.*, 1997). Em outras palavras, alterações da comunidades aquáticas, causadas pela perda ou alteração de hábitats, não necessariamente estão associadas com a qualidade da água dos ambientes em estudo.

Mediante este esforço no sentido de promover um melhor conhecimento do estado de conservação de ambientes lóticos, estudos de avaliação rápida da qualidade de habitats têm sido desenvolvidos visando uma descrição geral e qualitativa dos vários atributos dos habitats. Em alguns estudos, os ambientes são pontuados ao longo de um gradiente de ótimo a pobre, utilizando-se para isto observações visuais que se apóiem em um número mínimo de medidas (CALLISTO *et al.*, 2001b). Estas técnicas visam avaliar a estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos contribuindo para o manejo e conservação destes ambientes baseados em protocolos simplificados com parâmetros de fácil entendimento e utilização (CALLISTO *et al.*, 2002).

Outras iniciativas enfocam a comunidade bêntica como indicadores da qualidade ambiental de rios, em virtude da sua grande importância para o entendimento da estrutura e funcionamento destes ecossistemas, visto que participam da maioria dos processos bênticos, incluindo fluxo de energia e ciclagem de nutrientes (ROSENBERG & RESH, 1993), são elos intermediários entre microorganismos (algas, bactérias e protozoários) e seus predadores vertebrados e invertebrados (CUMMINS, 1996), respondendo de forma positiva ou negativa ao aporte de poluentes ou outros tipos de mudança do habitat (RESH & JACKSON, 1993). No Brasil, o índice mais amplamente utilizado para este propósito é o BMWP (Biological Monitoring Working Party) (HELLAWELL, 1989 apud JUNQUEIRA & CAMPOS, 1998), recentemente readaptado para a bacia do rio das Velhas (JUNQUEIRA & CAMPOS, 1998). De acordo com estes autores, o uso do índice BMWP, por exigir uma identificação ao nível somente de família, é ideal para o levantamento do estado de conservação de ambientes aquáticos brasileiros, em virtude da falta de chaves taxonômicas e de taxonomistas de grupos específicos de macroinvertebrados bênticos.

O objetivo deste estudo foi o de avaliar o grau de correlação entre os resultados obtidos para diversos parâmetros comumente usados para a determinação da qualidade de ambientes aquáticos como a abundância da fauna, a sua diversidade, bem como o índice BMWP, com os formulários de avaliação ecológica rápida de HANNAFORD *et al.* (1997) e da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987), modificados por CALLISTO *et al.* (2002).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi conduzido durante o período de seca, em abril de 2003, ao longo de um gradiente longitudinal do ribeirão Jacó (P1⇒ elevação = 570 m; S = 18°17'19.8"; W = 45°14'09.6" e P5⇒ elevação = 776 m; S = 18°16'00.1"; W = 45°12'32.4"), afluente do reser-vatório de Três Marias (bacia do rio São Francisco), partindo-se do seu ponto de encontro com o reservatório, até próximo a sua nascente a aproximadamente 3,8 km de distância (em linha reta) do lago. Somente os pontos 1 e 2 localizam-se na porção mais baixa do ribeirão Jacó estando, portanto, sujeitos aos pulsos de inundação do reservatório de Três Marias. O ponto 3 está localizado a 200 m do ponto 2, porém, fora da zona de inundação do reservatório. O ponto 4 localiza-se a 400 m do ponto 3, apresentando uma maior retenção de água que os demais pontos a jusante. Já o ponto 5 localiza-se em uma região de vereda, havendo um pequeno barramento da água no ponto de coleta. A bacia de drenagem na qual encontra-se o ribeirão Jacó, como muitos outros corpos d 'água do Município de Três Marias, percorre um terreno sujeito a atividades agropastoris de pequeno porte, apresentando algumas pequenas barragens ao longo de seu curso, cuja finalidade é regular a disponibilidade de água para consumo humano e dessedentação dos animais. No local estudado, embora exista um moderado despejo de esgoto proveniente dos pequenos criadouros, como pode ser observado a jusante do ponto 5, não foi verificada nenhuma entrada de efluente no ribeirão nas proximidades dos pontos amostrais.

Procedimentos Amostrais

A aplicação dos formulários de avaliação ecológica rápida de HANNAFORD *et al.* (1997) e EPA (1987) foi realizada em 5 pontos do ribeirão Jacó. Foram amostrados aleatoriamente em cada ponto 10 "corers" de 1.078 cm^2 (7,0 cm x 7,0 cm) de área, que foram integrados para fins de maximização do processo de triagem, em virtude da baixa abundância local do bentos.

Procedimentos Laboratoriais

Em laboratório as amostras foram fixadas em formalina 4% e coradas. Posteriormente, a fauna foi "extraída" do sedimento, através de ressuspensão deste em meio líquido e filtragem do sobrenadante através de uma peneira 40 µm de diâmetro.

A triagem do material biológico foi feita sob lupa, sendo o macrobentos identificado ao nível de grandes grupos taxonômicos. Após a contagem dos organismos, a macrofauna foi identificada ao nível de família, para a aplicação do índice de BMWP.

Análise dos Dados

O resultado final dos formulários de avaliação ecológica rápida (AER), segundo CALLISTO *et al.* (2002), é obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada parâmetro presente em cada formulário. As pontuações finais refletem o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos de bacias estudados. Com isto, valores entre 0 e 40 pontos representam trechos "impactados"; entre 41 e 60 pontos representam trechos "alterados"; e acima de 61 pontos, trechos "naturais" (CALLISTO *et al.*, 2002).

As correlações entre os parâmetros abundância, diversidade (Shannon log2) e BMWP com os formulários de avaliação ecológica rápida foram testadas através do teste de correlação de Spearman (SPEARMAN, 1904), bem como através da observação das tendências demonstradas nos gráficos.

RESULTADOS

A aplicação dos protocolos propostos indicou haver uma diminuição da qualidade ambiental ao longo do transecto estudado (Fig. 1A), podendo-se verificar os maiores valores nos pontos próximos à barragem e os menores surgindo a partir do momento em que estes se distanciam do reservatório. Com isto, pode-se ver que os pontos 1, 2 e 4 apresentaram o melhor estado de conservação, alcançando a qualidade de ambiente "natural", enquanto o ponto 3 apresentou a condição de ambiente "alterado" e o ponto 5, a condição de ambiente "impactado".

A mesma tendência foi observada para os demais parâmetros estudados. No entanto, segundo o teste de Spearman, não houve nenhuma correlação significativa ao nível de $p < 0,05$ entre os dados da AER (avaliação ecológica rápida) e os demais parâmetros estudados (Fig. 1 e Tabela 1). No entanto, ocorreram correlações significativas ou marginalmente significativas entre as variáveis abundância vs. diversidade vs. BMWP (Tabela 1).

Quanto a composição taxonômica (Fig. 2), o resultado da análise de agrupamento mostrou que houve modificação do bentos ao longo do rio. Os valores de abundância para os grupos taxonômicos encontrados durante o estudo estão representados na Tabela 2.

DISCUSSÃO

O desenvolvimento econômico e a diversificação da sociedade resultaram em usos múltiplos e variados dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. O aumento destes usos múltiplos da água resultou em uma multiplicidade de impactos, de diversas magnitudes, que exigem, evidentemente, diferentes tipos de avaliação quali e quantitativa e monitoramento adequado e de longo prazo (TUNDISI, 2003).

Segundo CALLISTO *et al.* (2002), em vários países da Europa e nos EUA, as agências de proteção ambiental têm utilizado abordagens de avaliação de condições ecológicas em rios de cabeceira e monitoramento de bacias hidrográficas, utilizando sistemas de referência (SOMMERHÄUSER *et al.*, 2000). Esta abordagem visa ter um ou vários ecossistemas com suas condições naturais preservadas e alta biodiversidade para que possam ser comparados com outros em diferentes níveis de impacto antrópico (CALLISTO *et al.*, 2002). Neste sentido, o uso de protocolos e métodos de avaliação ecológica rápida são de fundamental importância e tem sido amplamente difundido por todo o mundo. De acordo com JUNQUEIRA & CAMPOS (1998), mais de 50 métodos diferentes visando a avaliação biológica da qualidade de corpos d'água tem sido utilizado nas zonas temperadas, embora a aplicação deste tipo de metodologia seja limitada em ambientes tropicais.

Com o intuito de promover o entendimento dos padrões de organização dos ecossistemas aquáticos torna-se, portanto, indispensável o desenvolvimento de protocolos de avaliação rápida da biodiversidade e que possam ser utilizados como ferramentas adequadas no manejo e conservação de ecossistemas naturais (CALLISTO *et al.*, 2001a). Entretanto, deve-se tomar bastante cuidado durante a utilização e interpretação de protocolos de avaliação ecológica rápida, visto que outros parâmetros ambientais (ex: contaminação por metais, pH da água etc), ou da fauna local (ex: diversidade, abundância e hábitos alimentares dos organismos bênticos) não são observados, podendo conduzir a uma interpretação errônea do estado atual em que se encontra o ambiente e, conseqüentemente, levando a diferentes decisões quanto à melhor estratégia de manejo e de conservação a ser adotada.

Tabela 1 - Correlação de Spearman entre os dados de avaliação ecológica rápida (AER), abundância, diversidade e BMWP. Correlações significativas ao nível de $p < 0,05$.

	AER	Abundância	Diversidade	BMWP
AER	1.00	0.23	0.13	0.24
	p= —-	p=0.71	p=0.84	p=0.69
Abundância	0.23	1.00	0.85	0.80
	p=0.70	p= —-	p=0.06	p=0.11
Diversidade	0.13	0.87	1.00	0.98
	p=0.84	p=0.06	p= —-	p=0.003
BMWP	0.24	0.80	0.98	1.00
	p=0.69	p=0.11	p=0.003	p= —-

Tabela 2 - Número de indivíduos / m^2, ao longo dos pontos amostrados no rio Jacó, bacia do rio São Francisco, Município de Três Marias, MG.

Taxa	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04	Ponto 05
Nematoda	162	23	93	23	278
Rotifera	139	0	116	0	23
Anellida	162	0	93	46	0
Cladocera	325	0	46	0	278
Copepoda	441	186	70	46	209
Ostracoda	23	162	23	255	0
Ceratopogonidae	0	0	0	0	46
Chironomidae	371	348	534	232	139
Ephemeroptera	23	162	0	0	0
Plechoptera	23	23	0	0	23
Acari	0	23	0	0	0
Total	1.670	928	974	603	998

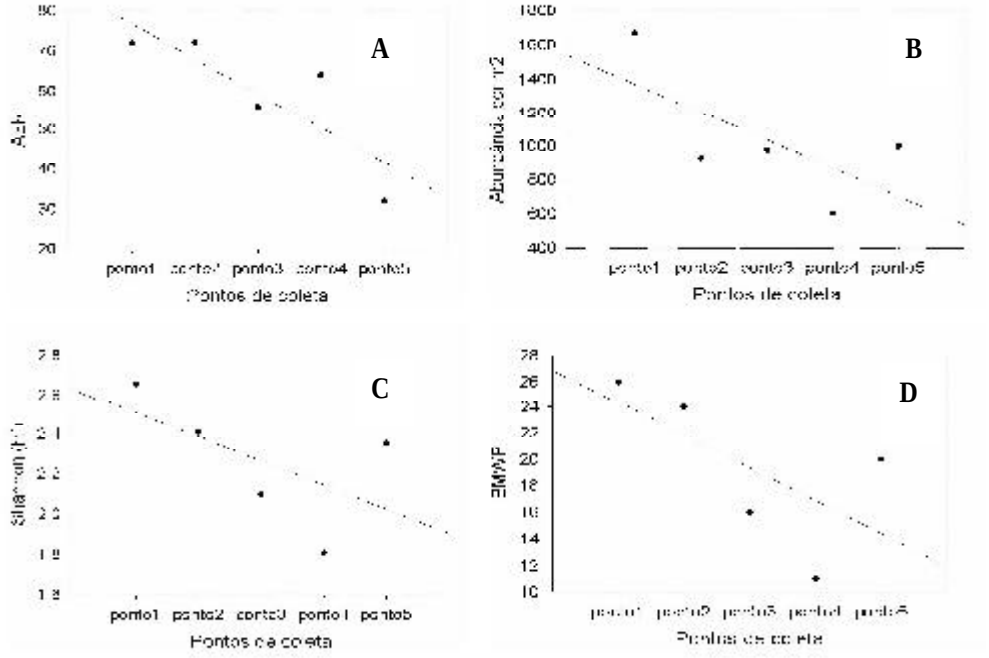

Fig. 1 - Avaliação ecológica rápida (AER) (A), abundância por m^2 (B), Diversidade (C) e BMWP do bentos ao longo dos ambientes estudados no rio Jacó, bacia do rio São Francisco, Três Marias, MG.

Neste sentido, pude-se verificar uma ausência de correlação significativa, ao nível de $p < 0,05$, entre os resultados obtidos pela aplicação dos formulários de avaliação ecológica rápida, com os valores obtidos para os parâmetros abundância, diversidade e o índice BMWP. Segundo GALDEAN *et al.* (2000), a avaliação da diversidade de habitats é uma importante ferramenta na abordagem da saúde de ecossistemas aquáticos, devido a forte relação entre a disponibilidade de habitats e a biodiversidade aquática. Em um estudo conduzido em rios patagônicos, MISERENDINO (2001) encontrou que a diversidade de habitats foi o fator que mais influenciou a estruturação da comunidade de macroinvertebrados bênticos. Isto em parte corrobora nossos dados, sendo possível notarmos uma tendência para aumento da diversidade de táxons com aumento da diversidade de habitats. No entanto, tomando-se como exemplo os resultados obtidos para os pontos 4 e 5, vê-se que não pode ser estabelecida nenhuma relação direta entre a diversidade de habitats (alta para o ponto 4 e baixa para o ponto 5) e a diversidade de espécies e BMWP. Ao contrário, foram observados valores maiores de diversidade do bentos e BMWP em um ambiente com uma aparente baixa diversidade de habitats (ponto 5) e uma menor diversidade e BMWP em um ponto tido como natural (ponto 4).

Embora WASHINGTON (1984) considere que a comparação entre índices bióticos, como o BMWP e alguns índices de diversidade seja espúria, visto que o primeiro trata da resposta fisiológica das espécies indicadoras a um determinado tipo de poluição, enquanto o segundo é um indicador da estrutura da comunidade, considera-se que é válido no sentido em que demonstra de uma forma mais detalhada como uma determinada comunidade se estrutura ao longo de um gradiente de impacto. Portanto, a verificação de uma forte correlação entre a diversidade e BMWP, permite dizer que a medida que a diversidade aumenta, também aumenta o número de táxons sensíveis a impactos, refletindo que outros fatores (disponibilidade de alimento, hidrodinâmica, granulometria etc.), não necessariamente a diversidade de habitats, podem estar sendo responsáveis pela estruturação da comunidade bêntica no ambiente estudado.

Fica claro, portanto, que embora protocolos baseados em qualificações visuais sejam ferramentas de simples aplicação, possibilitando uma caracterização imediata do estado do corpo d'água, devem ter a sua interpretação sempre vinculada a outros estudos que sejam desenvolvidos concomitantemente (ex: levantamento da diversidade da fauna e flora, análise fisico-química e biológica da água etc.), com o objetivo de se obter uma visão mais complexa e integrada do funcionamento e problemas aos quais encontra-se sujeito o ambiente em questão.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Dr. Marcílio Fagundes, coordenador do curso de pós-graduação (*lato sensu*) em Ecologia, manejo e conservação de recursos naturais, e à FADENOR pelo suporte financeiro e logístico durante a execução deste trabalho no Município de Três Marias. Agradece-se, também, aos referis anônimos que em muito contribuíram para a melhoria deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, F.A.R. & CALLISTO, M. Rapid assessment of water quality and diversity of benthic macroinvertebrates in the upper and middle Paraguay river using the Aqua-RAP approach. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, v.27, n.5, p.2688-2692, 2000.

CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F.A.R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Rev. Bras. Biol.*, v.61, n.2, p.259-266, 2001.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como Ferramenta para Avaliar a Saúde de Riachos. *Rev. Bras. Recursos Hídricos*, v.6, p.71-82, 2001.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG – RJ). *Acta Limnol. Bras.*, v.14, n.1, p.91-98, 2002.

CUMMINS, K.W. Invertebrates. In: PETTS, G. & CALOW, P. (Eds.). *River biota*: *diversity and dynamics.* New York: Blackwell Science, 1996. p.75-91.

EPA (Environmental protection Agency). Biological criteria for the protection of aquatic life. Columbus: Division of Water Quality Monitoring and Assessment, 1987. v.1-3, 120p.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal lotic ecosystems of Serra do Cipó (MG, BRASIL). *Rev. Bras. Biol.*, v.61, n.2, p.239-248, 2001.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R; ROCHA, L.A. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. *Aquat. Ecosyst. Health Manage.*, v.3, p.545-552, 2000.

HANNAFORD, M.J.; BARBOUR, M.T.; RESH, V.H. Training reduces observer variability in visual – based assessments of stream habitat. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, v.16, n.4, p.853-860, 1997.

JUNQUEIRA, V.M. & CAMPOS, S.C.M. Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnol. Bras.*, v.10, p.125-135, 1998.

KARR, J.R. Defining and measuring river health. *Freshwater Biol.*, v.41, p.221-234, 1999.

LAMPERT, W. & SOMMER, U. *Limnoecology*: *the ecology of lakes and streams.* New York: Oxford University Press, 1997. 282p.

MISERENDINO, M.L. Macroinvertebrate assemblages in Andean Patagonian rivers and streams: environmental relationships. *Hydrobiol.* v.444 p.147-158, 2001.

ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H. (Eds.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* New York: Chapman & Hall, 1993. p.1-9.

RESH, V.H. & JACKSON, J.K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H. (Eds.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* New York: Chapman & Hall, 1993. p.195-233.

SOMMERHÄUSER, M.; PODRAZA, P.; SCHUHMACHER, H.; TIMM, T. The classification of running waters – targets, application and state of the art. *Verh. Int. verein. Limnol.*, v.27, p.678-681, 2001.

SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. *Am. J. Psychol.* v.15, p.72-101, 1904.

TUNDISI, J.G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez.* São Carlos: Rima, 2003. 247p.

WASHINGTON, H.G. Diversity, biotic and similarity indices. *Water Res.* v.18, n.6, p.653-694, 1984.

Recebido em 20/8/03
Aceito em 9/6/04