

BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS: ADAPTAÇÃO DO ÍNDICE BIÓTICO BMWP' À BACIA DO RIO MEIA PONTE-GO

Thiago Rezende Monteiro¹, Leandro Gonçalves Oliveira^{1,2,3,4} & Bruno Spacek Godoy^{1,2}

¹ Laboratório de Análise e Gerenciamento Ambiental de Recursos Hídricos (LAMARH-UFG), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás. Campus Samambaia (Campus II) CEP 74001-970, Caixa Postal 131, Goiânia, Goiás

² Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás

³ Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, UFG

⁴ Bolsa Produtividade em Pesquisa, CNPq, Proc. 301352/2006-2

E-mails: thiagoremo@yahoo.com.br; lego@icb.ufg.br; bspacek@gmail.com

RESUMO

Foi realizado o biomonitoramento da qualidade de água utilizando os macroinvertebrados bentônicos, através do uso de uma adaptação regional da metodologia do BMWP “*Biological Monitoring Working Party Score System*”, tendo como referência a Bacia Hidrográfica do rio Meia Ponte-GO, que relacionou as características físico-químicas da água e a frequência de ocorrência dos organismos bentônicos em nível de família. Considerando os novos “*scores*” estabelecidos para as famílias de macroinvertebrados bentônicos da referida bacia, foi determinado um Sistema de Classificação da Qualidade da Água, visando identificar o grau de alteração das características ecológicas frente às condições ambientais dessa bacia.

Palavras-chave: Biomonitoramento, BMWP, Qualidade de Água, Macroinvertebrados Bentônicos, rio Meia Ponte.

ABSTRACT

BIOMONITORING THE WATER QUALITY USING BENTHIC MACRO-INVERTEBRATES: AN ADAPTATION OF BMWP BIOTIC INDEX TO A BRAZILIAN WATERSHED. The water quality of a watershed of Goiás state, Brazil was evaluated using benthic macroinvertebrates through an adaptation of the BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System) method. This approach was based on correlating water physical and chemical characteristics with the frequency of occurrence of different families of benthic organisms. A water quality rating system was designed by assigning different scores to each found family of benthic macroinvertebrates, being used to identify the degree of ecological alterations caused by anthropogenic influence on the basin.

Keywords: Biomonitoring, BMWP, Water Quality, Benthic Macroinvertebrates, Meia Ponte river.

INTRODUÇÃO

As fortes alterações nos ecossistemas aquáticos, decorrentes da expansão das fronteiras agrícolas e do aumento desordenado das demais atividades humanas, têm gerado grande preocupação em relação à disponibilidade e à qualidade dos recursos hídricos (Callisto *et al.* 2001). Desta maneira, a integridade ecológica dos rios tornou-se um assunto decrescente e fundamental importância no manejo destes recursos em todo o mundo, direcionando esforços no sentido de testar diferentes metodologias para avaliação da qualidade da água e que forneçam um espectro completo de informações para um biomonitoramento efetivo (Metcalf 1989).

A preocupação com o monitoramento da qualidade da água tem um marco no início do século XX, na Alemanha, através do aparecimento dos primeiros indicadores biológicos de poluição. Kolkwitz & Marsson (1909), desenvolveram a idéia de saprobidade (o nível de poluição) em rios, como uma medida da extensão da contaminação por esgoto, resultante do decréscimo do oxigênio dissolvido na água, e o seu efeito na biota encontrada nesses habitats. O Sistema Saprobiótico foi baseado na presença de microorganismos indicadores (principalmente bactérias, algas, protozoários e rotíferos) que recebem valores crescentes de acordo com sua tolerância à poluição (Zonas de Eutrofização).

A possibilidade do cálculo de índices, a pedra angular do sistema saprobiótico, permitiu o desenvolvimento de muitas variações metodológicas para avaliação da qualidade das águas (Junqueira *et al.* 2000). Para o biomonitoramento, essa avaliação é feita através da compreensão de como a comunidade de organismos bentônicos se comporta quando submetidos a alterações ambientais, sobretudo relacionados a mudanças na sua estrutura e composição. Entretanto, como o tempo necessário para se conhecer as respostas dos vários grupos de organismos presentes pode ser consideravelmente longo, grupos específicos têm sido selecionados (protozoários, ciliados, algas, macroinvertebrados bentônicos e peixes) e utilizados em diferentes métodos de avaliação ambiental (Callisto 1997).

Dentre os componentes da biodiversidade aquática, os macroinvertebrados bentônicos são bons indicadores da qualidade da água (Rosenberg & Resh 1993, Callisto 2002). Dentre os vários fatores que justificam isso, podemos citar o ciclo de vida relativamente longo, amostras qualitativas de fácil obtenção, metodologia desenvolvida e equipamentos simples são características que a grande maioria de macroinvertebrados bentônicos apresenta, colocando-os entre os melhores indicadores da qualidade de água em ambientes lóticos.

Conseqüentemente, nos últimos anos observa-se um crescente interesse no estudo desses organismos devido a sua possível aplicabilidade em monitoramentos ambientais. Tais estudos normalmente indicam a relação dessas espécies a uma grande sensibilidade aos diversos tipos de impactos (poluentes domésticos e industriais, represamento dos rios, uso do solo, dentre outros) que ocorrem no meio ambiente (Rosenberg & Resh 1993, Navas-Pereira & Henrique 1996).

Segundo Thorne & Williams (1997), o monitoramento dos ecossistemas através do uso da biota aquática pode ser uma boa estimativa das influências deletérias nestes ambientes, sendo que uma das principais justificativas é o baixo custo que esta técnica possui na detecção da poluição dos sistemas hídricos.

Em 1976, foi criado na Grã-Bretanha um grupo de trabalho para discutir e sintetizar o conhecimento sobre os índices utilizados até então para o monitoramento da biota aquática, originando o sistema conhecido por BMWP (*Biological Monitoring Working Party score system*). Nos anos subseqüentes, esse índice foi testado e revisto, e atualmente consideram os macroinvertebrados bentônicos identificados ao nível taxonômico de família.

O índice BMWP foi usado amplamente no Reino

Unido (Metcalf 1989) e foi empregado também em outras partes da Europa, incluindo Espanha e Holanda (Tolkamp 1985). Na Espanha, uma nova versão foi adaptada (BMWP'), originalmente para o uso na Península Ibérica (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega 1988). No território brasileiro, temos a adaptação do índice à Bacia do rio das Velhas-MG (Junqueira *et al.* 2000). O presente trabalho tem como objetivo propor uma adaptação do índice BMWP a Bacia do rio Meia Ponte, utilizando as comunidades de macroinvertebrados bentônicos em seus diversos trechos, com distintas características ambientais.

ÁREA DE ESTUDO

O rio Meia Ponte nasce na Serra dos Brandões, município de Itauçu, no Estado de Goiás, a uma altitude de 983m, e estende-se por cerca de 550km até sua confluência com o rio Paranaíba. Sua bacia hidrográfica está situada no centro-sul do Estado de Goiás, compreendida entre as coordenadas 48°46' e 49°44'W, e 16°06' e 18°32' S, abrangendo uma área de 11.550km², o que representa aproximadamente 10% da área do território do Estado de Goiás (Siqueira 1996).

A região possui clima tropical quente e semi-úmido, fortemente caracterizada por uma estação chuvosa no verão (novembro a março) e uma estação seca com duração média de quatro meses, centralizada no inverno (maio a setembro). A bacia hidrográfica do rio Meia Ponte drena 38 municípios do Estado de Goiás, os quais contêm cerca de 45% da sua população (Geogoiás 2002). Seus afluentes são em sua maioria de pequeno porte (córregos e ribeirões), com 0,60m de profundidade média, 4,0m de largura e mata ciliar concentrada em áreas pontuais ao longo de toda sua área de drenagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em 30 pontos de amostragem em toda extensão da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte (Figura 1), sendo um ponto no rio Meia Ponte e vinte e nove em seus tributários. Os trechos amostrados apresentaram diferentes tipos de substrato (Tabela I). Quando o curso d'água apresentava trechos de fundo pedregoso e corredeiras, as coletas dos organismos foram realizadas com o amostrador de Surber com malha de 0, 250mm e área de 0,1m². Em cada ponto foram coletadas dez sub-amostras aleatórias, totalizando 1m² para os pontos amostrados com Surber.

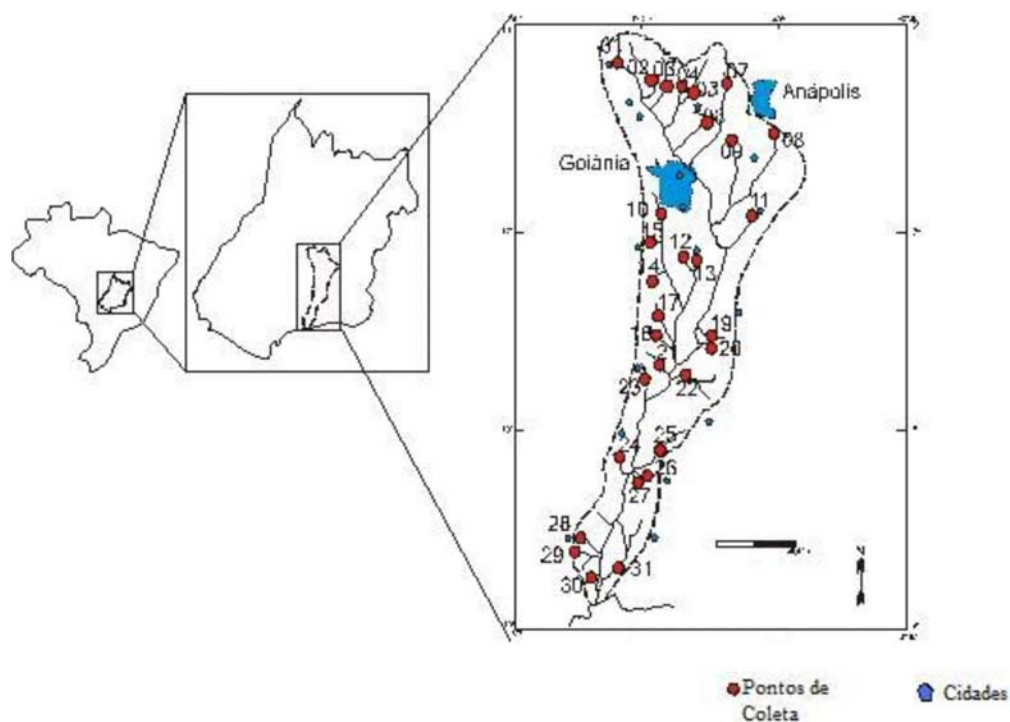


Figura 1. Pontos de coleta de macroinvertebrados bentônicos na Bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, Estado de Goiás.

Figure 1. Sampling sites of benthic macroinvertebrates in Meia Ponte watershed, Goiás state, Brazil.

Tabela I. Tipos de substratos em cada ponto de coleta na bacia do rio Meia Ponte-GO.

Table I. Types of substrate found at each sampling site in Meia Ponte watershed, Goiás state, Brazil.

Pontos de Coleta	Substrato
P1 Rio Meia Ponte (Nascente)	Lama/areia
P2 Ribeirão Inhumas	Cascalho
P3 Córrego Capoeirão	Pedregoso
P4 Ribeirão Gonçalves	Cascalho
P5 Ribeirão Cachoeirão	Pedregoso
P6 Córrego Capivara	Alterado
P7 Ribeirão João Leite	Cascalho
P8 Ribeirão Caldas	Cascalho
P9 Ribeirão Sozinha	Cascalho
P10 Córrego Dourados	Pedregoso
P11 Ribeirão Aborrecido	Pedregoso
P12 Córrego Bunito do Meio	Pedregoso
P13 Ribeirão do Meio	Lama/Areia
P14 Córrego Bom Sucesso	Cascalho
P15 Córrego Cachoeira	Pedregoso
P17 Córrego Santa Bárbara	Lama/Areia
P18 Ribeirão Paraíso	Pedregoso
P19 Ribeirão São Pedro	Rochoso
P20 Ribeirão Bocaina	Pedregoso
P21 Córrego Água Limpa	Cascalho
P22 Ribeirão Formiga	Pedregoso
P23 Ribeirão Boa Vista do Rancho	Pedregoso
P24 Córrego São Domingos	Lama/Areia
P25 Ribeirão São Domingos Olhos D'água	Pedregoso
P26 Córrego Lageado	Cascalho
P27 Córrego Divisão	Pedregoso
P28 Córrego Boa Vista	Pedregoso
P29 Córrego Sapê	Rochoso
P30 Córrego Santa Rosa	Pedregoso
P31 Córrego Boa Vereda	Pedregoso

O material coletado foi então colocado em frascos plásticos e fixado em formaldeído a 5%. Em laboratório, foram realizados os processos de triagem, identificação e quantificação dos organismos, utilizando-se um estereomicroscópio Olympus C-011. A identificação taxonômica foi efetuada até gênero, utilizando-se as chaves de Da Silva *et al.* (2002) e Salles *et al.* (2004) para Ephemeroptera, Froehlich (1984) para Plecoptera e Wiggins (1977) e Oliveira (2006) para Trichoptera. Para as outras ordens de insetos, a identificação foi efetuada até o nível de família, utilizando as chaves de identificação taxonômica de Merritt & Cummins (1996). A ordem Collem-

bola foi identificada segundo Lopretto & Tell (1995). Para os demais macroinvertebrados bentônicos a identificação foi efetuada em táxons mais abrangentes (classe e ordem, entre outros) utilizando também a chave de identificação de Lopretto & Tell (1995).

Para a caracterização físico-química das águas da bacia do rio Meia Ponte, foi mensurada as seguintes variáveis: pH, saturação de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fosfato, nitrito, totais de sólidos dissolvidos, turbidez, temperatura da água, velocidade da correnteza e profundidade e largura do corpo aquático (Tabela II).

Tabela II. Variáveis ambientais amostradas na bacia do rio Meia Ponte-GO.
Table II. Environmental variables measured at Meia Ponte watershed, Goiás, Brazil.

Pontos	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Fosf. (mg/L)	Nitrito (mg/L)	OSat (%)	Def Sat.	Super Sat.	pH	TDS (mg/L)	Turb. (UNT)	Temp. (° C)	Larg. (m)	Prof. (m)	Veloc. (m/s)
P1	4,6	16,5	0	0,1	94	6	0	6	27,3	50	22,3	8	0,4	0,6
P2	2	14,7	0	0,3	93,3	6,7	0	6	50,6	112	23,3	9,5	0,3	0,3
P3	2,6	18,4	0,07	0,1	95,9	4,1	0	6	53,6	180	23,4	8	0,3	0,4
P4	1	11	0	0,2	81,8	18,2	0	7	53,8	68	23,3	4,5	0,5	0,9
P5	2,1	16,5	0	0,2	93,8	6,2	0	5,6	64	72	24	4,5	0,7	1,3
P6	0,9	36,8	0,08	0,1	85,3	14,7	0	6	51,5	21	22,3	3,5	0,5	0,7
P7	2	43,2	0,01	0,2	84,8	15,2	0	6	47	47	21,7	2,3	0,4	0,5
P8	2	27,6	0,01	0,2	99,7	0,3	0	6	18,2	149	22,7	3,5	0,5	1,1
P9	1,3	13,8	0	0,1	95,5	4,5	0	6	15,8	21	24,1	6,1	0,5	1
P10	1	6,1	0,07	0,1	108,4	0	8,4	6	12,5	29	22,9	6,5	0,8	1,1
P11	1,8	18,4	0	0,1	90,9	9,1	0	5,7	19	19	23,4	6	0,25	0,6
P12	0,8	6,4	0	0	88,6	11,4	0	6	10,4	12	22,9	6,5	0,25	0,4
P13	0,5	16,5	0	0	90,2	9,8	0	6	13,4	21	24,2	2,6	0,4	0,7
P14	1	6,1	0	0,1	89,1	10,9	0	6,3	9,7	52	22,6	7,8	0,6	0,8
P15	1	8,8	0,01	0,1	107,7	0	7,7	6,5	16	30	22,7	6	0,4	0,7
P17	1	2,6	0,01	0,1	89,6	10,4	0	6	14,2	23	24,9	7,5	0,8	0,7
P18	1	3,5	0,01	0,2	97,2	2,8	0	6	23,2	17	25	4	0,35	0,5
P19	0	5,5	0	0	94,7	5,3	0	6	16,5	11	25,8	4	0,3	0,5
P20	0	18,4	0,01	0,1	92,2	7,8	0	6	33,4	23	26,1	4	0,5	0,7
P21	0,4	5,5	0,06	0,2	89,6	10,4	0	6	29,5	35	24,7	4,5	0,4	0,6
P22	2,6	15,6	0	0,1	104,2	0	4,2	5,6	35,4	29	24	5,8	0,3	1,3
P23	4,5	9,2	0,01	0	93,8	6,2	0	6	56,3	20	27,7	5,6	0,32	0,4
P24	0,6	4,6	0	0,1	82,7	17,3	0	6,5	32,7	29	24,7	7,5	0,8	0,4
P25	0,9	8,3	0	0	94,3	5,7	0	6	18,3	11	22	5,8	0,5	0,5
P26	0,4	9,2	0,05	0,1	89,3	10,7	0	6,3	45	27	25,1	6,5	0,5	0,7
P27	0,4	4,6	0,01	0	89,5	10,5	0	5,8	26,5	14	22,8	6	0,4	0,5
P28	0	11,9	0,02	0,1	88,6	11,4	0	6,4	16,6	13	25,7	5,5	0,35	1,1
P29	0	13,8	0,01	0,2	87,7	12,3	0	5,8	21	29	24,3	3	0,4	1,4
P30	0	4,6	0,08	0,1	87,1	12,9	0	6,2	20,6	26	24,2	4,5	0,5	0,3
P31	0	18,4	0,01	0,1	92,7	7,3	0	6	23,6	15	24,4	13,7	0,5	0,9
Média	1,34	14,92	0,02	0,1	90,27	9,73	0	6,02	30,14	42,91	24,05	14,95	0,63	0,76
DP	1,27	11,49	0,03	0,1	9,54	90,46	0	0,29	15,74	39,91	1,39	33,90	0,60	0,33
Mínimo	0,00	2,60	0,00	0,0	62,7	37,3	0	5,60	9,70	11,00	21,70	2,30	0,25	0,30
Máximo	4,60	45,00	0,11	0,8	108,4	0	8,4	7,00	64,00	180,00	27,70	180,00	3,00	1,40

DBO – Demanda biológica de oxigênio, DQO – Demanda química de oxigênio, Fosf. – Fósforo dissolvido, OSat – Oxigênio saturado, Def Sat. – Déficit de saturação de oxigênio, Super Sat. – Super saturação de oxigênio, TDS – Total de sólidos dissolvidos, Turb. – Turbidez, Temp. – Temperatura, Larg. – Largura, Prof. – Profundidade, Veloc. – Velocidade.

Estas últimas foram obtidas com o auxílio de uma fita métrica e a velocidade através do método do flutuador, que consiste em diversas tomadas do tempo de um objeto flutuante na superfície da água, num trecho de distância definida. Dessa maneira, divide-se o espaço (em metros) pelo tempo gasto (em segundos), resultando no valor médio da velocidade da água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da caracterização limnológica da bacia do rio Meia Ponte (Tabela II), foram determinadas as valências sapróbicas (limites de tolerância à poluição orgânica) para cada ponto de coleta, de forma a desenvolver um método de bioindicação para a qualidade

de água e para estabelecer um grau de saprobidade. Os seguintes parâmetros físico-químicos foram selecionados como uma base para o estudo: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), temperatura da água e oxigênio dissolvido, determinadas de acordo com Lawa (1982). Para a determinação das Valências Saprobióticas da água, foram utilizados os parâmetros referentes ao índice desenvolvido por Kolkwitz & Marsson (1909), e adaptado a Bacia do Rio das Velhas-MG. As zonas de eutrofização (Tabela III) foram baseadas no trabalho de Junqueira & Campos (1998).

A Tabela IV mostra os graus de saprobidade mensurados para cada um dos trinta pontos de coleta na Bacia do rio Meia Ponte-GO. A adaptação do

Tabela III. Valores de referência para os graus de Saprobidade utilizando os parâmetros físico-químicos (Junqueira & Campos 1998).
Table III. Reference values to saprobic levels based on physicochemical parameters (Junqueira & Campos 1998).

Classes	Grau de Saprobidade	Índice Sapróbico	Teor de Carga orgânica	OD (%)		DBO (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	DQO (mg/l)
				Def Sat.	Super Sat.			
I	Oligosapróbico (Os)	1,0 a < 1,5	Ausente a escasso	0 a 5	0 a 3	0 a 0,5	< 0,1	1 a < 3
I-II	Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)	1,5 a < 1,8	Escasso	5 a 15	3 a 10	0,5 a 2,0	0,1	3 a < 6
II	β-mesosapróbico (βms)	1,8 a < 2,3	Moderado	15 a 30	10 a 25	2,0 a 4,0	>0,1 a 0,3	6 a < 10
II-III	β-α-mesosapróbico (βms-αms)	2,3 a < 2,7	Crítico	30 a 50	25 a 50	4,0 a 7,0	0,3 a <0,7	10 a < 19
III	α- mesosapróbico (αms)	2,7 a < 3,2	Forte	50 a 75	50 a 100	7,0 a 13,0	0,7 a <0,3	19 a < 75
III-IV	α- meso-polisapróbico (αms-ps)	3,2 a < 3,5	Muito forte	75 a 90	>100	13,0 a 22,0	0,3 a <9	>75
IV	Polisapróbico (ps)	3,5 a 4,0	Excessivo	>90	-	>22,0	>9	>75

Tabela IV. Grau de Saprobidade na bacia do rio Meia Ponte-GO e seus tributários.
Table IV. Saprobic level of Meia Ponte (Goiás, Brazil) watershed and tributary rivers.

Pontos de Coleta	Grau de Saprobidade
P1 Rio Meia Ponte (Nascente)	β-mesosapróbico (βms)
P2 Ribeirão Inhumas	Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)
P3 Córrego Capoeirão	Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)
P4 Ribeirão Gonçalves	β-mesosapróbico (βms)
P5 Ribeirão Cachoeirão	β-mesosapróbico (βms)
P6 Córrego Capivara	β-mesosapróbico (βms)
P7 Ribeirão João Leite	β-mesosapróbico (βms)
P8 Ribeirão Caldas	Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)
P9 Ribeirão Sozinha	Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)
P10 Córrego Dourados	Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)
P11 Ribeirão Aborrecido	Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)
P12 Córrego Bunito do Meio	Oligosapróbico(Os)
P13 Ribeirão do Meio	Oligosapróbico(Os)
P14 Córrego Bom Sucesso	Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)
P15 Córrego Cachoeira	Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)
P17 Córrego Santa Bárbara	Oligosapróbico(Os)
P18 Ribeirão Paraíso	Oligosapróbico(Os)
P19 Ribeirão São Pedro	Oligosapróbico(Os)
P20 Ribeirão Bocaina	Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)
P21 Córrego Água Limpa	Oligosapróbico(Os)

Continuação tabela IV.

P22 Ribeirão Formiga	<i>Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)</i>
P23 Ribeirão Boa Vista do Rancho	<i>Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)</i>
P24 Córrego São Domingos	<i>Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)</i>
P25 Ribeirão São Domingos Olhos D'água	<i>Oligosapróbico (Os)</i>
P26 Córrego Lageado	<i>Oligosapróbico (Os)</i>
P27 Córrego Divisão	<i>Oligosapróbico (Os)</i>
P28 Córrego Boa Vista	<i>Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)</i>
P29 Córrego Sapê	<i>Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)</i>
P30 Córrego Santa Rosa	<i>Oligosapróbico (Os)</i>
P31 Córrego Boa Vereda	<i>Oligo-β-mesosapróbico (Os-βms)</i>

Tabela V. Frequência de distribuição e ocorrência dos macroinvertebrados bentônicos relacionados ao Grau de Saprobidade na bacia do rio Meia Ponte-GO.
 Tabela V. Frequency of distribution and occurrence of families of benthic macroinvertebrates according with the saprobic level of Meia Ponte watershed (Goias, Brazil).

Famílias	Os	Os-βms	Bms	βms-αms	αms	αms-os	Ps
Baetidae	29	64	7	0	0	0	0
Leptophlebiidae	36	62	2	0	0	0	0
Oligoneuriidae	0	100	0	0	0	0	0
Leptoxyphidae	19	80	1	0	0	0	0
Perlidae	36	64	0	0	0	0	0
Gryopterygidae	0	100	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	14	71	15	0	0	0	0
Hydroptilidae	10	75	15	0	0	0	0
Philopotamidae	8	91	1	0	0	0	0
Hydrobiosidae	0	100	0	0	0	0	0
Glossosomatidae	44	56	0	0	0	0	0
Helicopsychidae	0	100	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	0	100	0	0	0	0	0
Odontoceridae	22	78	0	0	0	0	0
Ecnomidae	27	73	0	0	0	0	0
Leptoceridae	17	33	50	0	0	0	0
Chironomidae	29	46	25	0	0	0	0
Ceratopogonidae	11	16	73	0	0	0	0
Simuliidae	30	69	1	0	0	0	0
Tipulidae	72	28	0	0	0	0	0
Corydalidae	18	81	1	0	0	0	0
Libellulidae	23	77	0	0	0	0	0
Gomphidae	36	11	53	0	0	0	0
Calopterygidae	100	0	0	0	0	0	0
Perilestidae	67	33	0	0	0	0	0
Coenagrionidae	25	25	50	0	0	0	0
Elmidae	36	60	4	0	0	0	0
Psephenidae	80	20	0	0	0	0	0
Noteridae	0	100	0	0	0	0	0
Belostomatidae	55	45	0	0	0	0	0
Naucoridae	46	50	4	0	0	0	0
Oligochaeta	35	23	42	0	0	0	0
Hirudinea	0	0	100	0	0	0	0
Hidracarina	29	64	7	0	0	0	0
Pyralidae	23	71	6	0	0	0	0
Collembola	44	56	0	0	0	0	0
Gastropoda	0	2	98	0	0	0	0
Bivalvia	1	55	44	0	0	0	0
Crustacea	2	2	96	0	0	0	0

BMWP à bacia do rio Meia Ponte-GO, envolveu o cálculo de novos valores (*scores*) a todas as famílias de macroinvertebrados bentônicos presentes no rio (Tabela V). Para isto, as valências sapróbicas e a ocorrência das famílias de macroinvertebrados na bacia foram determinadas, sendo correlacionadas com a frequência de ocorrência nos diferentes graus de saprobidade, de acordo com os parâmetros físico-químicos de qualidade da água.

Com a frequência de ocorrência dos macroinvertebrados bentônicos foi calculada a nova pontuação para cada família, através da seguinte equação:

$$S_i = \sum_{j=1} n_{ij} \times V_j / n_i$$

Onde:

S_i é a pontuação para a família i , n_{ij} a abundância da família i nos locais com grau j de saprobidade, V_j o valor ponderado para esse grau de saprobidade e n_i abundância total da família i . Os valores de ponderação utilizados foram 10 para Os, 5 para Os-βms, 4 para Bms e assim sucessivamente até 0 para Ps. As pontuações para cada família variam de 1 a 10, conforme sua tolerância à carga orgânica. Dessa forma a nova listagem de pontuação para o BMWP - adaptado à Bacia do rio Meia Ponte-GO é apresentada na Tabela VI.

Os valores atribuídos às famílias no método original do BMWP e àqueles estabelecidos para o método modificado para esta bacia, foram diferentes para as seguintes famílias: *Philopotomidae*, *Tipulidae*, *Libellulidae*, *Elmidae*, *Naucoridae*, *Hydropsychidae*, *Leptophlebiidae*, *Odontoceridae*, *Baetidae*, *Hydroptilidae*, *Perlidae*, *Gomphidae*, *Leptoceridae* *Calopterygidae* e *Oligochaeta*.

Algumas famílias que se encontram na área de estudo, não são encontradas no Reino Unido (origem do BMWP), como por exemplo: *Oligoneuriidae*, *Hydrobiosidae*, *Helicopsychidae*, *Belostomatidae*, *Psephenidae*, *Ecnomidae*, *Pyralidae*, *Leptohiphidae*, *Glossosomatidae*, *Corydalidae*, *Coenagrionidae*, *Gryptopterygidae*, *Polycentropodidae*, *Noteridae* e *Ceratopogonidae*. Esses dados corroboram a necessidade de uma adaptação do índice à fauna local de macroinvertebrados bentônicos.

Tabela VI. Pontuação atribuída às famílias de macro-invertebrados bentônicos da Bacia do Rio Meia Ponte-GO.

Tabela VI. Ranks assigned to each family of benthic macroinvertebrates in Meia Ponte watershed (Goiás, Brazil).

Táxon	Pontuação
Calopterygidae	10
Psephenidae	9
Tipulidae	
Perilestidae	8
Belostomatidae	
Naucoridae	7
Glossosomatidae	
Collembola	
Leptophlebiidae	
Perlidae	
Elmidae	
Simuliidae	6
Hidracarina	
Baetidae	
Ecnomidae	
Oligochaeta	
Gomphidae	
Chironomidae	
Libellulidae	
Pyralidae	
Odontoceridae	
Leptohiphidae	
Corydalidae	
Coenagrionidae	
Hydropsychidae	
Philopotamidae	5
Hydroptilidae	
Leptoceridae	
Oligoneuriidae	
Gryptopterygidae	
Hydrobiosidae	
Helicopsychidae	
Polycentropodidae	
Noteridae	
Ceratopogonidae	
Bivalvia	
Crustacea	4
Gastropoda	
Hirudinea	

O método original do BMWP não faz menção a um sistema de classificação da qualidade da água. Contudo, tomando como base os índices bióticos existentes e os índices obtidos nesse trabalho, foi possível identificar as faixas de pontuação, para determinar classes de qualidade de água, conforme apresentado por Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988) e estabelecer um Sistema de Classificação, para os trinta pontos de coleta. Esse sistema de classificação é dividido em cinco classes (graus de contaminação), que abrangem o espectro do

somatório da pontuação das famílias encontradas no local. Cada classe recebe uma classificação quanto à qualidade de suas águas, que são: excelente, boa, satisfatória, ruim e muito ruim. E conseqüentemente, cada classe recebe uma cor referente ao seu grau de contaminação, que são: azul, verde, amarelo, laranja e vermelho, respectivamente. Essa classificação está descrita na Tabela VII.

Tabela VII. Sistema de classificação da qualidade da água estabelecido para os macro-invertebrados bentônicos na Bacia do Rio Meia Ponte-GO.

Table VII. Water quality ranking system base on benthic macroinvertebrates as designed to Meia Ponte watershed (Goiás, Brazil).

Classe	Somatório da pontuação	Qualidade	Cor
I	≥ 150	Excelente	Azul
II	149 – 100	Boa	Verde
III	99 – 60	Satisfatória	Amarelo
IV	59 – 20	Ruim	Laranja
V	≤ 19	Muito Ruim	Vermelho

Entre os pontos coletados, um ponto foi considerado de excelente qualidade de água (≥ 140), seis foram classificados como de boa qualidade de água (100 - 139). Adicionalmente, quatorze pontos foram classificados como satisfatório em relação à qualidade da água (60 - 99), oito de qualidade ruim (16 - 59) e um de péssima qualidade (≤ 15). Sendo assim, 70% dos pontos amostrados foram classificados como variando de excelente a satisfatória em relação à qualidade de água. E o restante, 30% dos pontos amostrados foi classificado como variando de ruim a muito ruim em relação ao sistema proposto (Tabela VIII).

Os pontos amostrados seguiram o curso do rio principal, iniciando nos córregos da região alta do Meia Ponte, e finalizando na parte baixa do mesmo, porém os locais não apresentaram uma tendência longitudinal de aumento ou redução no impacto que sobre os córregos (Tabela VIII). Assim como forma de melhor compreender e distinguir os diferentes graus de impactos os corpos de água estão submetidos, a bacia é melhor observada quando dividida em sub-bacias agrupando então as principais fontes de impacto locais aos córregos.

A região da nascente do rio próximo ao município de Itauçu, a 65 Km da capital Goiânia apresentou uma queda na qualidade da água dos seus córregos. Fato considerado inesperado, podendo estar associado à intensa atividade de pecuária e agricultura na região, transportando e carreando resíduos para nascente.

Além disso, a região da nascente do rio Meia Ponte apresenta um grau acelerado de processos erosivos (Geogoiás, 2002).

Seguindo à jusante, os pontos de 2 a 5 apresentaram uma melhora da qualidade da água, provavelmente pelo fato de ser uma região menos densamente povoada, exercendo assim uma menor ação de degradação sobre os corpos aquáticos presentes. Esse trecho evidencia, muito provavelmente, um bom processo de autodepuração natural do rio. Segundo Braga (2002), o processo de autodepuração pode ser dividido em duas etapas: decomposição e recuperação do oxigênio dissolvido ou reaeração. A relação entre agricultura e pecuária com a poluição dos rios, está evidenciada a partir do momento em que a ocupação e uso do solo pelas atividades agropecuárias alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais (Merten & Minella, 2002).

Tabela VIII. Valores do BMWP adaptado, relativo aos pontos de coleta no rio Meia Ponte-GO.

Table VIII. Values of the adapted BMWP to the sampled sites of Meia Ponte watershed (Goiás, Brazil).

Classe	Ponto Amostral	Somatório da Pontuação
I	23	150
	7	102
	18	101
II	22	111
	26	107
	27	126
	31	111
III	2	84
	3	61
	8	88
	9	78
	10	63
	11	87
	12	79
	13	94
	15	69
	19	62
	20	87
25	84	
29	94	
30	85	
IV	4	48
	5	50
	4	25
	14	38
	21	45
V	24	24
	28	46
	1	18
	17	13

No ponto 6, situado no município de Nerópolis, observa-se uma diminuição acentuada na qualidade da água, provavelmente pelo fato de que a topografia e seus cursos d'água estão em um contexto de grande ação antrópica (transporte de rejeitos domésticos, industriais e mineração), servindo constantemente para a captação de água e, sobretudo, para uso agropecuário (Geogoiás, 2002). As substâncias presentes nos esgotos, indústrias alimentícias e mineradoras exercem ação deletéria nos corpos d'água: a matéria orgânica ocasiona a exaustão do oxigênio dissolvido provocando mortalidade de peixes, podendo assim diminuir o número de espécies de macroinvertebrados bentônicos na região em questão, escurecendo a água e propiciando o aparecimento de odores desagradáveis (Scalize *et al.* 2004).

Nos pontos de 7 a 15 ocorreu uma pequena variação com relação aos índices bióticos, sendo esta uma região drenada pelo ribeirão João Leite e alguns afluentes, abrangendo municípios como: Anápolis, Goianápolis, Teresópolis, Ouro Verde e Hidrolândia. Nessa região a despeito do crescimento acelerado e desordenado da malha urbana, refletindo avanços nos processos erosivos e a sua relação com a diminuição das águas desse manancial, os somatórios da pontuação foram estáveis, provavelmente em função de uma Unidade de Conservação, o Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco, que propiciou melhores condições para o controle da qualidade da água na região. A relação entre Unidades de Conservação com o aumento do somatório dos scores do BMWP-adaptado à Bacia do referido rio, está relacionado com o fato de essas regiões estarem em constante monitoramento e, sobretudo, preocupadas com a conservação e manejo dos seus ecossistemas nativos e das espécies que neles habitam (Fonseca *et al.* 1997).

O ponto 17 caracteriza-se por apresentar um substrato predominante de lama e areia. Dessa maneira, já era esperada a diminuição na abundância e riqueza de macroinvertebrados bentônicos, diante até da estrutura de nicho apresentada. Vários trabalhos relatam a relação positiva entre a riqueza e diversidade de organismos bentônicos com o tamanho e a heterogeneidade do substrato (Allan 1975, 1995, Rabeni & Minshall 1977, Reice 1980, Erman & Erman 1984).

Segundo Hynes (1974), a distribuição dos insetos aquáticos é bastante influenciada pela alimentação,

condições físicas e químicas da água, bem como outros fatores. Tais análises são usadas para gerar e testar hipóteses sobre os possíveis fatores que influenciam a estrutura da comunidade de rios, e também modelar as respostas da biota às mudanças naturais e antropogênicas no ambiente.

Ainda com relação aos índices bióticos, podemos constatar que o melhor indicativo de qualidade de água ocorre no ponto 23, situado no Município de Pontalina, no ribeirão Boa Vista do Rancho. Provavelmente, por se tratar de uma região com menor densidade populacional e, sobretudo, ser uma região onde há o predomínio de pequenas áreas com culturas de subsistência e agropastoril. Esses dados corroboram os resultados encontrados por Kleine & Trivinho-Strixino (2005), que estudaram a composição taxonômica de vários organismos bentônicos em áreas com diferentes formas de ocupação em decorrência de desmatamentos, agricultura e urbanização. Como conseqüência destas atividades, tem-se observado uma expressiva melhora da qualidade da água e ganho de biodiversidade aquática, em regiões onde ainda não ocorreu a desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas (Goulart & Callisto, 2003).

Quando comparado, os valores de qualidade dos índices bióticos e aqueles classificados levando-se em consideração os índices relacionados ao teor de carga orgânica (índice saprobiótico) podem ser constatados algumas divergências. Isto se deve provavelmente ao fato do índice biótico refletir, além das características físico-químicas da água, as alterações pontuais relacionadas a sedimentos e desestruturação das margens dos rios, ribeirões e córregos estudados, que de certa forma acarretam a destruição de habitat e, conseqüentemente, a redução do número de espécies.

Dessa forma, em locais sujeitos a extrações mecânicas como, retiradas de cascalhos ou areias, lançamentos ou lixiviação de resíduos de mineração, assoreamento dos cursos de água, podem ocorrer resultados bastante diversos em relação aos padrões de qualidade de água obtidos através de análises físico-químicas do sistema saprobiótico, que considera apenas o teor de carga orgânica na água e expressa somente a sua saprobidade.

As modificações ocorridas nos índices bióticos retrataram as necessidades de adaptação aos valores bióticos a condições locais/regionais, uma vez que

os processos de alteração ambiental são reflexos do histórico de ocupação humana nessa bacia hidrográfica. A despeito de ser o primeiro estudo de biomonitoramento com a utilização das comunidades de macroinvertebrados bentônicos em Goiás, reconhecemos a necessária continuidade desses estudos em outras bacias e/ou localidades, de forma a permitir a corroboração do método e seus resultados aqui apresentados. Dessa forma, o trabalho realizado se constitui em uma importante ferramenta para o Estado de Goiás, como subsídio a possíveis programas de biomonitoramento, juntamente com projetos de recuperação e gestão integrada de suas bacias hidrográficas.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos o apoio dos colegas do Laboratório de Limnologia e, atualmente o LAMARH-UFG (Laboratório de Análise e Gerenciamento Ambiental de Recursos Hídricos), e especialmente aos meus companheiros de trabalho pela ajuda nas análises, pelos dados de coleta e, sobretudo, pela ajuda na revisão deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA AMBIENTAL DE GOIÁS. 2002. *Departamento de Monitoramento Ambiental/ DMA*. Relatórios de Monitoramento da Qualidade do Ar e da Água. Goiânia.
- ALLAN, J.D. 1995. *Stream Ecology. Structure and function of running waters*. London: Chapman & Hall, 388p.
- ALLAN, J.D. 1975. Distributional ecology and diversity of benthic insects in Cement Creek. *Colorado Ecology*, 56, 1040-1053.
- ARMITAGE, P.D. 1989. The application of a classification and prediction technique based on macroinvertebrates to assess the effects of river regulation. Pp. 267-293. In: J.A. Gore & G.E. Petts (Eds.). *Alternatives in regulated river management*. Boca Raton.
- BRAGA, B. 2002. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Prentice Hall. 305p.
- CALLISTO, M. 1997. Larvas bentônicas de Chironomidae em quatro ecossistemas lóticos amazônicos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita. In: Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. pp. 89 – 98.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M. & GOULART, M.D.C. 2001. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 6(1): 71-82.
- CALLISTO, M. & GONÇALVES, J. 2002. A vida nas águas das montanhas. *Ciência Hoje*, 31: 68-71.
- CAIRNS, J. & PRATT, J.R. 1993. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. pp. 10-27. In: *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, New York.
- COTA, L.; GOULART, M.; MORENO, P. & CALLISTO, M. 2002. Rapid assesment of river water quality using an adaptaded BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health. *Verh. International. Verein. Limnology*, 28: 1713-1717.
- ERMAN, D.C. & ERMAN, N.A. 1984. The Response of Stream Macroinvertebrates to Substrate Size and Heterogeneity. *Hydrobiologia*, 108: 75-82.
- FONSECA, G.A.B., PINTO, L.P.S. & RYLANDS, A.B. 1997. *Biodiversidade e unidades de conservação*. Anais do Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Universidade Livre do Meio Ambiente, Rede Pró-Unidades de Conservação. Vol. I, 189-209. Curitiba-PR.
- FROELICH, C.G. (1984). Brazilian Plecoptera 4. Nymphs of perlid genera from southeastern Brazil. *Annales de Limnologie*, 20: 43-48.
- GOULART, M. & CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, ano 2, no 1.
- HELLAWEL, J.M. 1989. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental. Management-Elsevier Science Publishers LTD*, London. 545p.
- HYNES, H.B.N. 1974. *The biology of polluted waters*. Toronto: University of Toronto Press. 202p.
- JUNQUEIRA, V.M. & CAMPOS, S.C.M. 1998. Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensis*, 10(2): 125-135.
- JUNQUEIRA, V.M.; AMARANTE, M.C. & DIAS, C.F.S. 2000. Biomonitoramento da qualidade das águas da bacia do Alto Rio das Velhas através de macroinvertebrados. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 12: 73-87.
- KAY, W.R.; HALSE, S.A.; SCANLON, M.D. & SMITH, M.J. 2001. Distribution and environmental tolerances of aquatic macroinvertebrate families in the agricultural zone of southwestern Australia. *Journal of the North American Benthological Society*, 20: 182-199.
- KOLKOWITS, R. & MARSSON, M. 1909. Oekologie der tierischen Saprobien. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 2: 126-152.
- LADSON, A.R.; WHITE, L.J.; DOOLAN, J.A. & TILLEARD, J.L. 1999. Development and testing of an Index of Stream Condition for waterway management in Australia. *Freshwater Biology*, 41(2): 453-468.

- LAWA, D. 1982. Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen. Fließgewässer in Nordrhein Westfalen; Richtlinie für die Ermittlung des Gewässergüteklasse, German. 6p.
- LOPRETTO, E.C. & TELL, G. 1995. *Ecossistemas de águas continentales* - metodologias para su estudio. Ediciones Sur, La Plata.
- KLEINE, P. & TRIVINHO-STRIXINO, S. 2005. Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream: community response after habitat fragmentation. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 17(1): 91-99.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa. 862p.
- MERTEN, G.H & MINELLA, J.P. 2002. Qualidade da água em Bacias Hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, 3(4): 33-38.
- METCALFE, J.L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60: 101-139
- MUSTOW, S.E. 2002. Biological monitoring of rivers in Thailand: use and adaptation of the BMWP score. *Hydrobiologia*, 479: 191-229.
- NAVAS-PEREIRA, D. & HENRIQUES, R.M. 1995. Aplicação de índices biológicos numéricos na avaliação da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Biologia*, 56: 441-450
- OLIVEIRA, L.G. 2006. Trichoptera. pp. 161-174. In: C. COSTA, S. IDE & C.E. SIMONKA (Orgs.). Insetos Imaturos – Metamorfoses e Identificação. Ribeirão Preto, Ed. Holos,
- PAUW, N. & VANHOOREN, G. 1983. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100: 153-68.
- PRATT, J.M.; & COLER, R.A. 1976. A procedure for the routine biological evaluation of urban runoff in small rivers. *Water Research*, 10: 1019-25.
- RABENI, C.F. & MINSHALL, G.W. 1977. Factors Affecting Microdistribution of Stream Benthic Insects. *Oikos*, 29: 33-43.
- REICE, S.R. 1980. The Role of Substratum in Benthic Macroinvertebrates Micro-Distribution and Litter Decomposition in a Woodland Stream. *Ecology*, 61: 580-590.
- ROSEMBERG, D.M. & RESH, V.H. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, London. 504p.
- SALLES, F.F., SILVA, E.R., SERRÃO, J.E. & FRANCISCHETTI, C.N. 2004. Baetidae (Ephemeroptera) na região sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal. *Neotropical Entomology*, 33: 725-735.
- SCHAFER, A. 1985. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 532p.
- SILVA, E.R.; SALLES, F.F. & BATISTA, M. 2002. As brânquias dos gêneros de Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. *Biota Neotropica*, 2: 1-4.
- SIQUEIRA, E.Q. 1996. *Aplicação do modelo de qualidade de água (QUAL2E) na modelação de oxigênio dissolvido no Rio Meia Ponte (GO)*. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos.
- TERCEDOR, J.A. & ORTEGA, A.S. 1988. Un metodo rapido y simple para evaluar la calidad biologica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetia*, 4: 51-56.
- THORNE, R.J. & WILLIAMS, P. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology*, 37: 671-686.
- TOLKAMP, H.H. 1985. Biological Assessment of Water Quality in Running Water Using Macroinvertebrates: A Case Study for Limburg, The Netherlands. *Water Science and Technology*, 17(17): 867-878.
- WALLEY, W.J. & HAWKES, H.A. 1996. A computer-based reappraisal of Biological Monitoring Working Party scores using data from the 1990 River Quality Survey of England and Wales. *Water Research*, 30(9): 2086-2094.
- WIGGINS, G.B. 1977. Larvas of the North American Caddisfly Genera Trichoptera. University of Toronto Press, Toronto. 401p.

Submetido em 12/02/2008.

Aceito em 15/06/2008.