

Índices bióticos mono e multimétricos de avaliação da qualidade da água em riachos de Mata Atlântica

Mono and multimetric biotic indices for the evaluation of water quality in Atlantic Forest streams

Claudia Eiko Yoshida¹
Virgínia Sanches Uieda²

RESUMO

Os protocolos de avaliação de habitats e os índices bióticos utilizados no biomonitoramento de rios no Brasil fornecem boas informações sobre a qualidade da água e indicações sobre as modificações do ecossistema aquático. No entanto, a interpretação de seus resultados têm limitações. Estudos anteriores apontaram limitações destes índices para aferir a qualidade de riachos de baixa ordem, já que os índices medem somente impactos orgânicos. A degradação ambiental desses riachos está relacionada principalmente a impactos causados pela alteração da paisagem, tais como erosão, assoreamento, retificação do canal, perda de mata ciliar, e redução do fluxo da água. Os riachos da Serra do Japi estão sujeitos a alguns desses impactos provocados por atividades rurais. Portanto, neste estudo foi avaliado se a redução das características naturais de alguns desses ambientes diminuiria a qualidade da água. A pontuação obtida pela aplicação do Protocolo de Diversidade de Habitat salientou a ação de impactos difusos da atividade agrorural sobre a qualidade do habitat. Porém, os índices bióticos aplicados - *Biological Monitoring Working Party Score System*, *Average Score Per Taxon* e Índice da Comunidade Bentônica para Rios -, não foram afetados pelos usos do entorno dos riachos, já que apontaram alta qualidade da água de todos os ambientes analisados. Uma adequação dos atributos e da classificação a partir das pontuações é sugerida para uma melhor definição de políticas de conservação da área.

Palavras-chave: Cabreúva. Diversidade de habitat. Jundiá. Macroinvertebrados. Nascentes.

¹ Associação Mata Ciliar. Av. Emilio Antonon, 1000, Chácara Aeroporto, 13212-010, Jundiá, SP, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: C.E. YOSHIDA. E-mail: <claudia.yoshida@mataciliar.org.br>

² Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia. Botucatu, SP, Brasil.

ABSTRACT

Protocols for rapid habitat evaluation and the biotic indices used in biomonitoring of streams in Brazil provide useful information about water quality and modifications in the ecosystem. However, the interpretation of their results is limited. Previous studies pointed out the low sensitivity of those indices to measure the quality of low-order streams, since they only measure organic impacts. Environmental degradation of these streams is mainly related to impacts caused by landscape change, such as erosion, siltation, channel change, loss of riparian vegetation, and reduction in water flow. The streams of the Serra do Japi are under some of these impacts, caused by agricultural activities. In this study, we evaluated whether the reduction of natural characteristics in these environments would decrease water quality. The Protocol of Habitat Diversity was affected by the impacts of agricultural activities. However, the other three biotic indices: Biological Monitoring Working Party Score System, Average Score Per Taxon, and Index of Benthic Community were not as sensitive to those impacts, since they all indicated a high water quality. An adaptation of the attributes and the scoring system is suggested for defining better policies for the conservation of this area.

Key words: *Cabreúva. Hábitat diversity. Jundiá. Macroinvertebrates, headwaters.*

INTRODUÇÃO

A avaliação das condições ecológicas em riachos de cabeceira e o monitoramento das bacias hidrográficas são práticas importantes para programas de controle ambiental. Para essa análise da qualidade ambiental, é necessário utilizar sistemas de referência, ou seja, ambientes com suas condições naturais preservadas para serem comparados a outros sujeitos a diferentes níveis de impacto antrópico. Devido, entretanto, à grande variabilidade de condições encontradas em diferentes redes hidrográficas, muitas vezes é necessária uma adequação dos atributos analisados.

A avaliação da diversidade de habitats constitui uma ferramenta importante e de rápida aplicação para a análise das condições do habitat e do nível de conservação do sistema em estudo (Callisto *et al.*, 2001; Callisto *et al.*, 2002). O protocolo simplificado de avaliação de habitats, proposto por Callisto *et al.* (2002), permite diagnosticar a saúde do ambiente aquático e de toda a bacia hidrográfica, podendo servir de base para a implementação de medidas de conservação e de recuperação de áreas naturais.

Os índices bióticos monométricos consistem em atribuir ao táxon coletado uma pontuação baseada na sua tolerância diante da degradação ambiental; o somatório da pontuação dos táxons determina a qualidade da água do local. O *Biological Monitoring Working Party Score System* (BMWP), índice monométrico empregado em estudos de biomonitoramento em Minas Gerais (Junqueira & Campos, 1998; Junqueira *et al.*, 2000), tem como princípio pontuar organismos em função da sua sensibilidade diante da poluição orgânica: recebem pontos mais altos os táxons sensíveis, e pontos mais baixos, os táxons tolerantes. Um dos problemas na aplicação desse índice está no fato de rios maiores apresentarem maior diversidade taxonômica; é utilizado para correção desse problema o sistema denominado *Average Score Per Taxon* (ASPT) (Baptista, 2008).

O Índice da Comunidade Bentônica para Rios (ICB_{Rio}), um índice multimétrico empregado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), é aplicado na rede de biomonitoramento do estado de São Paulo para grandes rios e consiste na ponderação de várias métricas, como riqueza taxonômica, índice de diversidade, dominância de grupos tolerantes à poluição e número de táxons

sensíveis à poluição, e o resultado final é o valor médio das ponderações encontradas e consequente classificação da qualidade da água (CETESB, 2011). As métricas utilizadas no cálculo do ICB_{Rio} tem como base as respostas esperadas diante de um impacto, como tendência à redução da riqueza, da diversidade e dos táxons sensíveis e ao aumento da dominância dos grupos tolerantes (Suriano *et al.*, 2010).

Embora os índices estudados forneçam boas informações sobre a qualidade da água e indicações sobre as modificações do ecossistema aquático, eles apresentam limitações quanto à interpretação de seus resultados, que podem refletir tanto a degradação ou melhora do ambiente, quanto mostrar aspectos naturais de distribuição da comunidade bentônica no espaço (Vannote *et al.*, 1980; Vinson & Hawkins, 1998) e no tempo (Kappes *et al.*, 2010). O BMWP também recebe críticas com relação a sua aplicação regional e à suposta capacidade de medir somente impactos orgânicos (Baptista, 2008). O ICB_{Rio} é mais utilizado na classificação das águas de rios de grande porte e sujeitos a impactos urbanos, geralmente associados à poluição orgânica. Por isso, este último índice deixa dúvidas quanto à sensibilidade em aferir a qualidade de riachos de baixa ordem, que apresentam degradação ambiental relacionada a impactos difusos de alteração da paisagem, como erosão, assoreamento, retificação do canal, perda de mata ciliar, redução do fluxo da água, entre outros.

A serra do Japi é uma importante área de proteção ambiental do interior do estado de São Paulo. Embora esteja amparada por diversos mecanismos legais para sua conservação, a legislação não se torna suficiente para garantir a proteção da área, visto que 90% de suas terras são propriedades particulares, a fiscalização é precária e a de falta conhecimento sobre sua biodiversidade dificulta seu manejo e monitoramento (Jesus & Cavalheiro, 2004).

Considerando que os riachos da serra do Japi são de pequeno porte e estão sujeitos a impactos difusos provocados por atividades agrorurais, questiona-se se a redução das características naturais

de alguns desses ambientes causaria perda de qualidade da água. Assim, dentro desse contexto, o presente trabalho teve por objetivos avaliar a qualidade da água de trechos de riachos da Serra do Japi e analisar a influência do espaço e do tempo nos índices bióticos adotados em programas brasileiros de biomonitoramento da água.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi realizado durante 2005, 2006 e 2007, na serra do Japi, localizada no interior do estado de São Paulo, entre as coordenadas $46^{\circ}52'36''W$ e $23^{\circ}11'36''S$. A região faz parte das Áreas de Proteção Ambiental (APA) de Jundiáí (47,67%), Cabreúva (41,16%) e Cajamar (0,68%) (Figura 1), e integra a Unidade de Gerenciamento Hídrico Piracicaba-Capivari-Jundiáí na região do Médio Tietê. Com extensão total de 350km^2 , a região é considerada um dos últimos e o maior remanescente de área contínua de floresta estacional semidecidual de Mata Atlântica do interior do estado de São Paulo (Morellato, 1992).

O zoneamento ambiental adotado na região, definido por Decreto Estadual (nº 43.284/98 de São Paulo) e Lei Municipal (nº 417/04 de Jundiáí), inclui uma Zona de Conservação (ZC) e uma área de Reserva Biológica (RB) (Figura 1). Um total de oito riachos foi estudado, três pertencentes a uma microbacia insérvida na Reserva Biológica e cinco pertencentes a duas microbacias inseridas na Zona de Conservação (Figura 1 e Tabela 1).

Coleta de Dados

Em 2005 e 2006, durante dois meses da estação chuvosa (janeiro 2005 e fevereiro 2006) e dois meses da estação seca (julho e agosto 2005), foram amostrados quatro riachos, por uma extensão de 30m cada um. Dois riachos pertencem à microbacia do ribeirão Guaxinduva (GX1 e GX2) e dois à microbacia do ribeirão Ermida (ER1 e ER2)

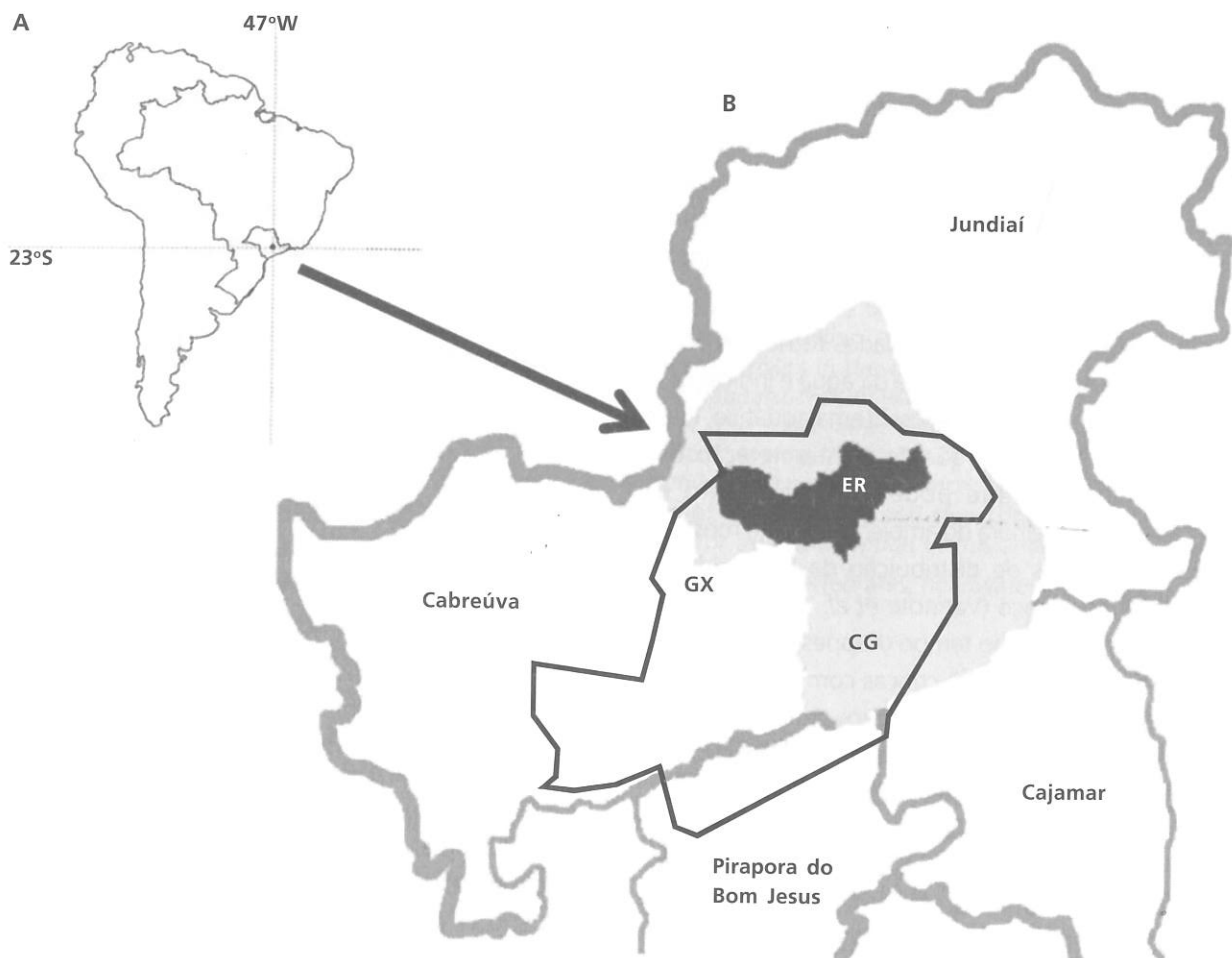


Figura 1. A: Localização da Serra do Japi no Estado de São Paulo, Brasil. B: Limite dos municípios de Jundiá, Cabreúva, Cajamar e Pirapora do Bom Jesus, dentro dos quais se encontra a área de tombamento da Serra do Japi (linha preta). As áreas pintadas indicam o zoneamento ambiental adotado em Jundiá, incluindo uma zona de conservação (cinza claro) e uma reserva biológica (preto).

Nota: Letras maiúsculas indicam a localização das microbacias dos riachos estudados: ER (Ermida), GX (Guaxinduva) e CG (Caguaçu).

Fonte: Plano de Manejo da Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, Prefeitura Municipal de Jundiá, 2010.

Tabela 1. Localização, características ambientais e resultados da aplicação do protocolo de Diversidade de hábitat, segundo Callisto *et al.* (2000) para os riachos de três microbacias localizadas na Serra do Japi (SP).

Microbacia	Guaxinduva (GX)			Ermida (ER)			Caguaçu (CG)		
Código	GX1	GX2	ER1	ER2	ER3	CG1	CG2	CG3	
APA	Cabreúva	Cabreúva	Jundiá	Jundiá	Jundiá	Jundiá	Jundiá	Jundiá	
Zoneamento	ZC	ZC	RB	RB	RB	ZC	ZC	ZC	
Ordem do canal	5ª	5ª	2ª	4ª	1ª	1ª	2ª	5ª	
Altitude (m)	900	850	1050	904	853	800	750	750	
Latitude	23°17'5"	23°17'4"	23°14'36"	23°13'46"	23°13'39"	23°17'3"	23°18'28"	23°18'27"	
Longitude	47°0'29"	47°1'33"	46°57'7"	46°58'1"	46°58'7"	46°56'23"	46°56'29"	46°56'29"	
Diversidade de hábitat	86	83	95	98	94	83	90	75	

Nota: ZC: Zona de Conservação; RB: Reserva Biológica; APA: Áreas de Proteção Ambiental; GX: Guaxinduva; ER: Ermida; CG: Caguaçu.

(Tabela 1). Em cada riacho, foram coletadas por mês seis amostras da comunidade de macroinvertebrados com amostrador tipo Surber (30x30cm e malha de 500 μ m). As amostras foram armazenadas em gelo até a triagem, quando o material foi despejado em bandeja branca e visualmente triado com auxílio de luz incidente.

Em 2006 e 2007, durante dois meses da estação seca (julho e agosto 2006) e dois da chuvosa (janeiro e fevereiro 2007), foram amostrados seis riachos, por uma extensão de 100m cada um. Três riachos pertencem à microbacia do ribeirão Ermida (ER1, ER2 e ER3) e três à microbacia do ribeirão Caguaçu (CG1, CG2 e CG3), tendo o CG1 sido amostrado somente durante a estação seca de 2006 (Tabela 1). Em cada riacho, foram selecionadas cinco áreas de 5m de comprimento cada uma, onde foram coletadas quatro amostras de macroinvertebrados (duas nas margens e duas no leito) por meio de um amostrador tipo surber (15x15cm e malha 500 μ m), em um total de 20 amostras por riacho e por mês de coleta. As amostras foram fixadas em álcool 70% e triadas em laboratório com auxílio de estereomicroscópio.

Para identificação dos organismos, utilizaram-se estereomicroscópio, microscópio e as publicações de Lopretto & Tell (1995), Merritt & Cummins (1996), McCafferty (1998), Fernández & Dominguez (2001), Melo (2003), Costa *et al.* (2004) e Calor (2007).

Análise dos dados

A qualidade ambiental dos riachos da serra do Japi foi avaliada sob dois aspectos: a) qualidade do habitat físico através do protocolo de Diversidade de Habitat (DH) elaborado por Callisto *et al.* (2002) e, b) qualidade da água aferida de acordo com três índices bióticos: BMWP (Junqueira *et al.*, 2000), ASPT (Chessman, 1995) e ICB_{Rio} (CETESB, 2011). Como o esforço amostral e a metodologia de triagem foram diferentes para os dois períodos de amostragem, os cálculos dos índices bióticos foram realizados separadamente para os dados obtidos em 2005-2006 e 2006-2007.

O protocolo de Diversidade de Habitat, numa escala que varia de 0 a 100 pontos, classifica os riachos em natural, alterado e impactado. As maiores pontuações são atribuídas aos riachos mais íntegros e/ou próximos às condições naturais, com maior área de mata ciliar, pouca ou nenhuma erosão, sinuosidade no traçado, presença de corredeiras, ausência de intervenções humanas, entre outras (Callisto *et al.*, 2002).

O *Biological Monitoring Working Party Score System* considera os macroinvertebrados identificados, em sua maioria, no nível taxonômico de família, com pontuação que varia de 1 a 10. Táxons sensíveis à poluição orgânica recebem pontos mais altos, enquanto os tolerantes recebem pontos mais baixos (Junqueira *et al.*, 2000). Visando minimizar a influência do tamanho do rio na pontuação BMWP, foi aplicado também o ASPT, que leva em conta o valor obtido do somatório BMWP, dividido pelo número de táxons pontuados encontrados (Baptista, 2008).

Para o cálculo do ICB_{Rio} , adotou-se o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') em vez do Índice de Comparação Sequencial (ICS) recomendado pela CETESB, e consideraram-se como táxons sensíveis à poluição as famílias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), e como grupos tolerantes, Oligochaeta e Chironomidae. O *software* PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006) foi utilizado no cálculo da diversidade e equitabilidade, e a razão da dominância de grupos tolerantes (T/DT) foi obtida pela divisão das abundâncias de Oligochaeta e Chironomidae pela somatória das abundâncias de todos os táxons.

RESULTADOS

Os riachos estudados na serra do Japi apresentaram diferentes valores de DH, sendo as maiores pontuações obtidas para os afluentes do ribeirão Ermida (ER1, ER2 e ER3), e as menores, para os afluentes dos ribeirões Guaxinduva (GX1, GX2) e Caguaçu (CG1, CG2 e CG3) (Tabela 1).

A partir da abundância dos táxons amostrados (Tabela 2), foram calculados os índices bióticos (Tabela 3) para classificação da qualidade da água. Essa classificação variou conforme o índice biótico utilizado, sendo considerada excelente pelo BMWP,

limpa ou levemente poluída pelo ASPT e boa ou ótima pelo ICB_{Rio} (Tabela 3).

Ao se compararem os resultados encontrados em ER1 e ER2 nos dois períodos de coleta (2005-2006 e 2006-2007), fica evidente que as diferenças

Tabela 2. Abundância absoluta dos grupos de macroinvertebrados coletados nos riachos da serra do Japi (SP), em dois períodos de estudo (2005-2006 e 2006-2007) e durante a estação seca e chuvosa.

Continuação

Táxons amostrados	2005-2006								2006-2007												
	GX1		GX2		ER1		ER2		ER1		ER2		ER3		CG1			CG2		CG3	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	S	C	S	C		
Acarina	-	-	-	1	-	-	-	-	10	10	13	8	64	7	38	91	7	33	3		
Aeshnidae (8)	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-		
Amphipoda	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	3	6	-	-	-	-	-	-	-		
Baetidae (5)	5	6	74	19	-	1	18	5	-	-	89	2	11	-	8	5	17	8	3		
Belostomatidae (5)	-	-	9	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-		
Blephariceridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-		
Caenidae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1	-		
Calamoceratidae	-	-	1	3	1	-	2	2	18	20	38	20	9	25	4	25	3	26	1		
Calopterygidae (8)	-	1	2	1	1	1	1	2	7	-	6	1	39	26	14	5	3	3	4		
Ceratopogonidae (4)	-	-	-	1	2	-	1	1	17	3	31	3	13	3	4	3	-	-	10		
Chaoboridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1		
Chironomidae (2)	14	23	221	134	6	4	137	18	290	123	1154	116	541	69	1500	2459	171	1503	109		
Coenagrionidae (7)	-	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-		
Corduliidae	-	1	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2		
Corydalidae (4)	-	-	2	-	2	3	4	3	1	5	5	5	1	5	-	-	-	1	-		
Curculionidae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-		
Dixidae (6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	3	-	-	-	-	-		
Dryopidae	-	-	27	19	-	-	-	1	-	1	-	2	11	4	1	5	1	1	-		
Dugesidae (5)	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	-	2	5	2	-	-	-	-	-		
Dytiscidae (4)	-	-	-	4	-	-	7	-	6	-	18	4	2	-	-	-	-	2	1		
Ecnomidae	-	-	4	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Elmidae (5)	12	9	-	1	70	58	140	38	265	71	304	107	96	39	90	121	64	112	27		
Empididae (4)	2	2	10	3	-	-	1	-	1	4	-	4	2	2	32	21	14	23	13		
Glossosomatidae (7)	1	-	15	18	-	-	1	6	-	-	6	1	1	-	-	-	1	3	1		
Gomphidae (5)	-	2	18	16	1	4	13	-	5	2	4	8	5	6	18	27	9	21	9		
Gripopterygidae (10)	2	4	5	6	14	35	10	5	220	90	184	69	34	3	15	4	9	4	2		
Gyrinidae (5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-		
Hebridae (8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-		
Hydrobiosidae (7)	-	-	-	-	-	-	4	4	2	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-		
Hydrophillidae (5)	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	1	1	-	-	-	1	-	-			
Hydropsychidae (6)	55	6	7	8	22	49	17	10	173	71	27	15	1	1	1	13	1	33	2		
Hydroptilidae (7)	-	-	-	-	-	-	-	-	19	2	22	3	1	1	-	2	2	1	-		
Leptoceridae (7)	2	12	-	-	4	13	8	4	29	21	50	19	19	7	18	10	1	13	1		
Leptohiphidae (8)	1	4	42	23	-	-	5	1	-	-	8	2	51	5	33	47	36	59	20		
Leptophlebiidae (10)	22	23	42	28	3	9	6	17	28	7	21	4	44	58	-	2	2	4	2		
Libellulidae (8)	-	-	1	3	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-		
Limnichidae	-	-	47	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Tabela 2. Abundância absoluta dos grupos de macroinvertebrados coletados nos riachos da Serra do Japi (SP), em dois períodos de estudo (2005-2006 e 2006-2007) e durante a estação seca e chuvosa. Conclusão

Táxons amostrados	2005-2006								2006-2007												
	GX1		GX2		ER1		ER2		ER1		ER2		ER3		CG1		CG2		CG3		
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	
Megapodagrionidae	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	8	8	-	9	-	-	-
Muscidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naucoridae (5)	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3	3	4	-	-
Notonectidae	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Odontoceridae (10)	-	-	-	1	-	-	4	2	1	1	2	7	-	-	-	-	-	-	1	1	-
Oligochaeta (1)	-	1	12	-	3	-	3	-	51	13	77	9	90	34	376	125	46	68	22	-	-
Palaemonidae	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
Perlidae (8)	20	1	11	6	14	11	42	15	40	19	36	18	-	-	-	-	2	4	9	-	-
Philopotamidae (8)	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polycentropodidae (7)	-	-	-	-	-	-	-	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psephenidae (8)	37	4	1	2	9	3	18	3	7	2	7	-	2	-	-	-	6	17	31	10	-
Psychodidae (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-
Pyrallidae (8)	-	-	1	-	-	-	-	-	4	-	-	4	-	-	-	-	-	2	1	2	-
Scirtidae	-	-	4	-	-	-	1	4	8	3	2	3	1	-	-	-	1	-	-	-	-
Sericostomatidae	-	-	-	-	-	-	-	-	19	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Simuliidae (5)	32	1	147	18	12	1	9	1	20	10	11	11	230	79	71	53	10	94	4	-	-
Staphylinidae (7)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-
Stratiomyidae (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	1	3	3	-	1	4	1	4	-	-	-
Tabanidae (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Temnocephala	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipulidae (5)	-	3	1	-	2	3	8	5	35	10	14	3	6	1	8	4	2	-	1	-	-
Veliidae (7)	2	4	38	4	4	20	19	5	2	2	6	5	20	52	-	1	-	-	-	1	-

Nota: Número entre parênteses, segundo Junqueira *et al.* (2000). Trechos amostrados: microbacias do ribeirão Guaxinduva (GX1, GX2), ribeirão Ermida (ER1, ER2, ER3) e ribeirão Caguaçu (CG1, CG2, CG3). Lista apresentada em ordem alfabética para facilitar a localização dos grupos pontuados para o cálculo do BMWP.

S: Seca; C: Chuva; BMWP: *Biological Monitoring Working Party*.

no esforço de captura e nas metodologias de triagem dos animais foram determinantes dos maiores valores de riqueza e abundância encontrados em 2006-2007. Essas diferenças, porém, não comprometeram a classificação da qualidade da água desses dois ambientes na escala temporal (Tabela 3). Essa análise temporal do ribeirão Ermida também salientou a baixa sensibilidade dos índices em aferir alterações importantes na composição da fauna bentônica, mantendo a condição de excelência mesmo com os valores da razão de dominância de grupos tolerantes (T/DT) em 2005-2006 bem inferiores aos de 2006-2007 (Tabela 3).

A classificação pelo índice ASPT em água levemente poluída para os riachos ER3-chuvosa e CG1-seca pode ter sido influenciada pela ordem do

canal (os dois únicos de primeira ordem) ou pela estação do ano (para o ER3, redução nas métricas aferidas durante a estação chuvosa).

A classificação pelo ICB_{Rio} foi boa para a maioria dos casos analisados (Tabela 3). A classificação em qualidade ótima foi encontrada somente para as amostras da estação chuvosa no ER2 (2005-2006) e no ER3 (2006-2007), acompanhada por uma redução, pela metade na razão de dominância de grupos tolerantes (Tabela 3).

DISCUSSÃO

As diferentes pontuações de DH encontradas nos riachos estudados na serra do Japi parecem refletir

Tabela 3. Índices bióticos utilizados para aferir a qualidade da água dos riachos da Serra do Japi (SP), em dois períodos de estudo (2005-2006 e 2006-2007) e durante a estação seca e chuvosa, sendo apresentados os valores calculados por riacho/estação, a partir dos dados apresentados na Tabela 2.

Índices bióticos	2005-2006								2006-2007											
	GX1		GX2		ER1		ER2		ER1		ER2		ER3		CG1		CG2		CG3	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	S	C	S	C	
Riqueza de táxons	17	18	30	26	17	18	28	25	33	30	31	35	34	25	22	29	26	30	28	
Abundância total	213	107	751	336	170	221	485	158	1301	504	2145	474	1335	435	2243	3051	429	2073	259	
Equitabilidade																				
J'	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,5	0,7	0,6	0,8	0,4	0,3	0,7	0,4	0,7	
Diversidade H'	2,2	2,4	2,4	2,3	2,1	2,2	2,3	2,7	2,4	2,4	1,8	2,5	2,1	2,4	1,2	1,0	2,1	1,3	2,2	
T/DT	0,07	0,22	0,31	0,40	0,05	0,02	0,29	0,11	0,26	0,27	0,57	0,26	0,47	0,24	0,84	0,85	0,51	0,76	0,51	
Táxons sensíveis	9	7	9	9	6	7	12	12	11	11	12	13	9	7	6	10	10	12	9	
Nº de táxons BMWP	16	17	23	20	16	16	23	20	28	24	26	28	29	22	18	22	23	24	23	
BMWP	105 ^E	104 ^E	144 ^E	129 ^E	95 ^E	102 ^E	141 ^E	133 ^E	164 ^E	139 ^E	161 ^E	161 ^E	167 ^E	119 ^E	97 ^E	130 ^E	136 ^E	146 ^E	136 ^E	
ASPT	7 ^L	6 ^L	6 ^L	6 ^L	6 ^L	6 ^L	6 ^L	7 ^L	6 ^L	6 ^L	6 ^L	6 ^L	6 ^L	5 ^{LP}	5 ^{LP}	6 ^L	6 ^L	6 ^L	6 ^L	
ICB _{Rio}	2 ^B	2 ^B	2 ^B	2 ^B	2 ^B	2 ^B	2 ^B	1 ^O	2 ^B	2 ^B	2 ^B	2 ^B	2 ^B	1 ^O	2 ^B	2 ^B	2 ^B	2 ^B	2 ^B	

Nota: BMWP: *Biological Monitoring Working Party*; ASPT: *Average Score Per Taxon*; ICB_{Rio}: Índice da Comunidade Bentônica para Rios.

Riachos amostrados: microbacias do ribeirão Guaxinduva (GX1, GX2), ribeirão Ermida (ER1, ER2, ER3) e ribeirão Caguaçu (CG1, CG2, CG3). Classificação da qualidade da água de acordo com os índices bióticos utilizados: E: Excelente; L: Limpa; O: Ótima; B: Boa; LP: Levemente Poluída. Razão da dominância de grupos tolerantes (T/DT): Abundância Total dividida pela somatória das abundâncias de Oligochaeta e Chironomidae.

o zoneamento ambiental adotado na região. Os afluentes do ribeirão Ermida, localizados na Reserva Biológica (RB), encontram-se mais preservados que os afluentes dos ribeirões Guaxinduva e Caguaçu, localizados na Zona de Conservação (ZC), onde ocorrem atividades agrossilvopastoris e onde há chácaras residenciais.

Segundo a classificação apresentada por Callisto *et al.* (2002), em um trabalho realizado no rio das Velhas (MG), os riachos podem ser divididos em ambiente natural com pontuação $DH \geq 75$ e alterado com pontuação < 75 DH e ≥ 44 . Por essa classificação, os riachos aqui estudados estariam todos dentro da categoria de natural. Contudo, considerando-se todos os índices aplicados aos dados, sugere-se que, para a região da Serra do Japi, o valor de DH igual ou superior a 90 pontos indicaria ambientes naturais/preservados e valores de DH entre 75 e 90 refletiriam ambientes alterados por atividade agrorural.

A análise dos resultados obtidos nos dois períodos estudados (2005/2006 e 2006/2007) reforçou a influência do esforço amostral e da metodologia de triagem adotada sobre os resultados da análise da fauna bentônica. A triagem mais acurada, com auxílio de estereomicroscópio, permitiu a visualização de espécimes de tamanho reduzido que facilmente é perdida na triagem a olho nu, com especial destaque para Chironomidae, Hydroptilidae e Stratiomyidae, famílias importantes nos cálculos dos índices bióticos.

A classificação pelo índice ASPT em "água levemente poluída" para ER3-chuvosa poderia ser explicada não por uma redução na qualidade ambiental nesse trecho/estação, mas, possivelmente, pela redução na riqueza e abundância de invertebrados aquáticos em função de uma variação sazonal no ciclo de vida dos insetos (Merritt & Cummins, 1996; Passos *et al.*, 2003) e pelo arraste dos organismos decorrente do aumento do volume

e da velocidade das águas na estação chuvosa (Ribeiro & Uieda, 2005).

A menor abundância de Chironomidae observada na estação chuvosa corrobora os dados de Aburaya & Callil (2007) e poderia explicar a sazonalidade encontrada na qualidade da água aferida pelo ICB_{RIO} e observada em ER2 (2005-2006) e ER3 (2006-2007). O menor número de Chironomidae influencia o cálculo da razão de dominância de organismos tolerantes, contribuindo assim para a melhoria da avaliação por esse índice multimétrico.

Estudos realizados por Zamora-Muñoz *et al.* (1995) e Callanan *et al.* (2008) mostram que o índice BMWP também varia sazonalmente, sendo, assim, necessário cautela na interpretação dos resultados, que podem ser decorrentes tanto de impacto ambiental quanto das características bioecológicas dos invertebrados bentônicos.

CONCLUSÃO

O protocolo de DH mostrou-se adequado para a avaliação da diversidade de habitats, com a boa classificação dos afluentes do ribeirão Ermida salientando a importância da manutenção e ampliação da Reserva Biológica para conservação das nascentes da Serra do Japi. A menor pontuação de DH para as outras duas microbacias, determinada pela presença de ações antrópicas na forma de atividade agrorural no entorno, reforça a necessidade de cautela na aplicação do protocolo. Uma adequação dos atributos e da classificação a partir das pontuações é sugerida para melhor definição de políticas de conservação da área. Os índices BMWP, ASPT e ICB_{RIO} não se mostraram tão sensíveis aos impactos difusos do uso do entorno, já que houve a manutenção da condição de excelência na qualidade da água de todos os ambientes analisados. Além disso, alguns resultados indicaram a possibilidade de influência da estação do ano, da ordem do canal e da metodologia de triagem sobre a aferição da qualidade da água.

REFERÊNCIAS

- Aburaya, F.H. & Callil, C.T.I. (2007). Variação temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) no Alto Rio Paraguai (Cáceres, Mato Grosso, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(3):565-72.
- Baptista, D.F. (2008). Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, 12(3): 425-41.
- Callanan, M.; Baars, J. & Kelly-Quinn, M. (2008). Critical influence of seasonal sampling on the ecological quality assessment of small headwater streams. *Hydrobiologia*, 610:245-55.
- Callisto, M.; Moretti, M. & Goulart, M. (2001). Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 6(1):71-82.
- Callisto, M.; Ferreira, W.R.; Moreno, P.; Goulart, M. & Petrucio, M. (2002). Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnológica Brasiliensis*, 14(1):91-8.
- Calor, A.R. (2007). Trichoptera. In: *Guia on-line de Identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo*. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico>. (acesso: 16 jan. 2009).
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente (2011). *Relatório de qualidade das águas superficiais. Apêndice D: Índices de qualidade das águas*. São Paulo: CETESB.
- Chessman, B.C. (1995). Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates: A procedure based on habitat-specific sampling, family level identification and biotic index. *Australian Journal of Ecology*, 20(1):122-29.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N. (2006). *PRIMER version 6: User manual/tutorial*. Plymouth (UK): PRIMER-E.
- Costa, J.M.; Souza, L. O. & Oldrini, B.B. (2004). *Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de odonatas do Brasil: comentários e registros bibliográficos* (Insecta, Odonata). Rio de Janeiro: Museu Nacional, v.99. p.1-44.
- Fernández, H.R. & Dominguez, E. (2001). *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. San Miguel de Tucumán: Faculdade de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo.
- Jesus, N. & Cavalheiro, F. (2004). Aspectos antrópicos, legais e conservacionistas na Serra do Japi, SP. In: Santos J.E; Cavalheiro F.; Pires J. S.R.; Oliveira C.H. & Pires A.M.Z.C.R. (Org.). *Faces da Polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção*. São Carlos: Rima Editora. v.2. p.805-21.
- 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 Brasiliensia*, 10(2):125-35.
- 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 Brasiliensia*, 12(1): 73-87.
- Kappes, H., Sundermann, A. & Haase, P. (2010). High spatial variability biases the space-for-time approach in environmental monitoring. *Ecological Indicators*, 10(6):1202-5.
- Lopretto, E.C. & Tell, G. 1995. *Ecosistemas de aguas continentales: metodologia para su estudio*. La Plata: Ediciones SUR.
- McCafferty, W.P. (1998). *Aquatic entomology: The fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives*. Burlington (MA): Jones and Bartlett Publishers.
- Melo, G.A. (2003). *Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil*. São Paulo: Edições Loyola.
- Merrit, R.W. & Cummins, K.W. (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Dubuque: Hunt Publishing Company.
- Morellato, L.P.C. (1992). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma floresta no Sudeste do Brasil*. Campinas: Unicamp.
- Passos, M.I.S.; Nessimian, J.L. & Ferreira Jr., N. (2003). Chaves para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleoptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(1):42-53.
- Ribeiro, L.O. & Uieda, V.S. (2005). Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(3):613-18.
- Suriano, M.T.; Gessner, A.A.F.; Roque, F.O. & Froehlich, C.G. (2010). Choice macroinvertebrate metrics to evaluate stream conditions in Atlantic Forest, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 175(1-4):87-101.
- Vannote, R.L.; Minshall, G.W.; Cummins, K.W.; Sedell, J.R. & Cushing, C.E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37:130-7.
- Vinson, M.R. & Hawkins, C.P. (1998). Biodiversity of stream insects: Variation at local, basin and regional scales. *Annual Review of Entomology*, 43:271-93.
- Zamora-Muñoz, C.; Sáinz-Cantero, C.E.; Sánchez-Ortega, A. & Albatercedor, J. (1995). Are biological indices BMWP and ASPT and their significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining their variations. *Water Research*, 29(1):285-90.

Recebido em: 5/2/13

Aprovado em: 26/8/13