

Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo

Maurea Nicoletti Flynn

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, mestrado e doutorado em Oceanografia Biológica pela Universidade de São Paulo e pós-doutorado em ecologia aplicada e experimental pelo programa recém doutor do CNPq, Universidade de São Paulo. Foi coordenador do Curso de Engenharia Ambiental das Faculdades Oswaldo Cruz e Coordenadora de Pesquisas na Escola Superior de Química das Faculdades Oswaldo Cruz. Professor adjunto do curso de graduação em Ciências Biológicas e de pós-graduação em Biodiversidade da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Tem experiência nas áreas de Ecologia Bêntica, Ecologia Experimental, Dinâmica Populacional e Biodiversidade da Ambientes Aquáticos. Especialista em auditoria ambiental (Certificado EARA - Environmental Auditors Registration Association). E-mail: maureaflynn@gmail.com

Mônica Ponz Louro

Possui graduação em Licenciatura Plena Em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo e em Bacharelado Em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo (1989), mestrado e doutorado em Ciências pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor adjunto da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Tem experiência nas áreas de Zoologia de Vertebrados, com ênfase em Ictiologia. E-mail: mo.ambiente@gmail.com

Leila Cristina Magalhães Silva

Possui graduação em Bacharelado em Química e Licenciatura Plena em Química, na Universidade Presbiteriana Mackenzie, Especialização em Atribuições Tecnológicas, nas Faculdades Oswaldo Cruz, Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, área de Materiais, no Instituto

Tecnológico de Aeronáutica – ITA. Atualmente é professor dos cursos de graduação em Engenharia Química, Engenharia de Produção Química, Engenharia Ambiental e Química Industrial das Faculdades Oswaldo Cruz. E-mail: leilamagalhaes.silva@uol.com.br

Maura Vincenza Rossi

Possui graduação em Química pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, mestrado e doutorado em Química Analítica pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo e pós-doutorado pela State University of New York - College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, USA. Foi professora assistente doutor da Universidade de São Paulo, chefe de departamento da Universidade Presbiteriana Mackenzie e professor adjunto da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Análise de Traços e Química Ambiental. Trabalhou 8 anos (1999 a 2007) na Itália em laboratório de análises químicas e microbiológicas como responsável pela parte analítica ambiental, não apenas no que se refere à aplicação dos métodos analíticos, mas também com relação ao determinado pela legislação na área ambiental. Tratou da codificação de resíduos perigosos e não perigosos, do controle de emissão de poluentes industriais, avaliação do nível de ruído para a segurança do trabalhador, entre outros. Utiliza as técnicas absorção atômica e molecular, cromatografia gasosa com diferentes detectores, cromatografia líquida (HPLC) com diferentes detectores, além das técnicas eletroanalíticas. E-mail: mvrossi@gmail.com

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar as características físico-químicas da água, a degradação do entorno, a estrutura da biota do Rio Jaguari-Mirim de modo a definir indicadores ideais que reflitam o efeito no ambiente da reativação das pequenas centrais elétricas (PCHs) de São Joaquim e de São José, município de São João da Boa Vista, São Paulo. Uma campanha de amostragem foi realizada em setembro de 2008 em oito pontos amostrais ao longo do trecho do rio entre as duas PCHs, contemplando a análise de parâmetros físicos e químicos da água, da comunidade bêntica, da ictiofauna e da integridade do entorno. Foi verificado o aumento excessivo da concentração do nutriente fosfato no meio, e a colonização de poucas espécies sendo vários destas constituídas por baixo número de indivíduos e resistentes à degradação ambiental. A comunidade bentônica

apresenta baixa diversidade, baixa abundância relativa, e dominância de taxa oportunistas como os Oligochaeta, Chironomidea e Bivalvia. As amostras da ictiofauna apresentam tanto uma pequena captura como uma baixa riqueza de “morfotipos”. Os resultados sugerem que o trecho analisado do rio caracteriza-se como sendo uma área profundamente alterada.

Palavras chave: Biodiversidade. Pequenas Centrais Hidroelétricas. Indicadores de qualidade da água.

Abstract

The present paper aims to assess the physical and chemical characteristics of the river Jaguari Mirim waters, its margins degradation, the structure of the benthic communities and ictiofauna in order to define indicators able to reflect the effect of the small power plants of São Joaquim and São Jose reactivation upon the natural biota. Collections had been carried out in September, 2008 in eight stations along the river stretch between the two power plants. The increase on the concentration of phosphate nutrients in the water, and the settling of a low number of species were verified. Dominant species were forms resistant to environmental stress. Benthic community presented low diversity and low relative abundance indicating the dominance of opportunistic taxa such as Oligochaeta, Chironomidea and Bivalvia. Ictiofauna samples showed small sized captures and low variety of “morfotypes”. Such results suggest that the analyzed river stretch constitutes an area profoundly impacted.

Keywords: Biodiversity. Hidro power plant. Quality water indicators.

Introdução

Ao ocupar bacias hidrográficas o homem tem retirado vegetação ripária, utilizado um tipo de agricultura que depende de pesticidas e fertilizantes,

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.

aumentado área urbana sem planejamento, eutrofizado o corpo hídrico pelo lançamento de esgotos urbanos in natura e o contaminado pelo lançamento de efluentes industriais. Todas estas atividades têm causado um preocupante estado de degradação dos ecossistemas aquáticos. Por conseguinte, a comunidade presente nestes ambientes é fortemente afetada pela alteração na qualidade do habitat (Galdean *et al.*, 2000). O que provoca mudanças na composição, abundância e riqueza da fauna, trazendo prejuízo para todo o ecossistema aquático.

O monitoramento biológico é um modo de determinar a qualidade da água pelas alterações estruturais e funcionais das comunidades nos sistemas ecológicos, através de suas diversidade e abundância (Silveira *et al.*, 2006). Os monitoramentos realizados com bioindicadores em bacias hidrográficas apontam alterações das condições limnológicas por vezes não detectadas apenas por determinações físicas e químicas (Junqueira *et al.*, 2000). As informações disponíveis sobre macroinvertebrados bentônicos e ictiofauna como indicadores de poluição (presença / ausência, tolerância aos fatores químicos e físicos) servem como uma ferramenta importante para avaliação das condições de qualidade da água (Myslinski & Ginsburg, 1977). A interação entre os métodos proporciona um diagnóstico mais preciso sobre a qualidade ambiental do sistema, pois as informações são convergentes e se completam (Brigante *et al.*, 2003).

O presente trabalho tem como objetivo analisar as características físico-químicas da água, a degradação do entorno, a estrutura das comunidades bênticas e da ictiofauna do Rio Jaguari-Mirim com o objetivo de definir indicadores que reflitam o efeito da reativação das pequenas centrais elétricas de São Joaquim e de São José sobre o ambiente.

Metodologia

As coletas foram realizadas em setembro de 2008 em oito pontos amostrais ao longo do trecho do Rio Jaguari-Mirim entre duas Pequenas Centrais Hidrelétricas, as PCHs de São José e São Joaquim (Figura 1).

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.



Figura 1. Mapa com a localização das PCHs de São José e São Joaquim, município de São João da Boa Vista, São Paulo

Os pontos amostrais 1, 2 e 3 são referentes à montante, à área e à jusante da PCH São José, respectivamente. Os pontos amostrais 5, 6 e 7 são pontos referentes à montante, à área da PCH e a jusante da PCH São Joaquim. O ponto 4 é o ponto entre as duas Centrais Hidrelétricas. Em cada ponto de coleta foram tomadas coordenadas geográficas usando um GPS para o posicionamento correto dos pontos amostrais. As coordenadas foram projetadas no Datum de referência SAD-69 South America Datum (1969) e estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Coordenadas dos pontos de coleta (SAD 69).

PCH	Ponto	COORDENADAS	
PCH SÃO JOSÉ	01	21°56'17.75''S	46°48'56.1''W
	02	21°56'16.71''S	46°48'58.0''W
	03	21°56'15.36''S	46°48'77''W
	04	21°53'18.57''S	46°51'42.8''W
PCH SÃO JOAQUIM	05	21°52'38.48''S	46°52'58.64''W
	06	21°52'30.95''S	46°53'5.93''W
	07	21°52'28.30''S	46°53'37.97''W

No momento da coleta foi anotada data, hora, as coordenadas geográficas dos pontos de amostragem, a profundidade do corpo d'água, a transparência com disco de Secchi, a temperatura do ar, a temperatura da água, as condições climáticas, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento, a presença de detritos, de espumas e de óleos. Foram também obtidas medidas de luminosidade, da umidade relativa do ar, da velocidade do vento e realizado um registro fotográfico do ponto.

Os pontos de coleta foram classificados de acordo com a proposta de Callisto *et al.* (2002) para a avaliação da diversidade de habitats em rios. Neste modelo, as pontuações finas refletem o nível de preservação das condições ecológicas locais e variam entre trechos impactados (0 a 40 pontos), alterados (41 a 60 pontos) e naturais (acima de 61 pontos).

Os parâmetros físicos e químicos utilizados para a caracterização da qualidade das amostras de água do Rio Jaguari-Mirim foram: potencial de hidrogênio iônico (pH), condutividade elétrica, cor, turbidez, teor de sólidos totais, teor de sólidos dissolvidos, teor de fósforo total, teor de nitrogênio total, teor de nitrito, teor de nitrato, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), teor de óleos e graxas e temperatura da água. Os parâmetros temperatura da água, condutividade e oxigênio dissolvido foram obtidos em campo no momento das coletas, utilizando-se um Oxímetro e um Condutímetro da marca HANNA. Os demais foram analisados pela BIOAGRI AMBIENTAL. Os parâmetros analisados em Laboratório seguiram os métodos orientadores da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A metodologia adotada na coleta, identificação e contagem da comunidade bentônica tem como base a Normatização Técnica - CETESB L5.309 - Determinação de Bentos de Água Doce - Macroinvertebrados Bentônicos - Método Qualitativo e Quantitativo. Em cada ponto da rede de amostragem foi feita coleta de organismos do sedimento (zoobentos) com pegador tipo Eckman-Birge. Após a coleta, o sedimento foi acondicionado em sacos plásticos apropriados e preservado

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.

com formalina neutra a 4%. No laboratório da Universidade Presbiteriana Mackenzie, o material foi conservado em álcool 70° GL e corado com rosa de Bengala. Análise de agrupamento foi realizada para verificação da similaridade da comunidade biológica entre os pontos amostrados. Esta análise foi obtida com o uso do método de ligação média, calculado a partir do cálculo de similaridade de Bray-Curtis. A contagem da comunidade bentônica será expressa em organismos por litro de sedimento (org/L) e por totais de organismos observados. As comunidades zoobentônicas foram analisadas em termos de: Composição Taxonômica, Densidade Numérica, Abundância Relativa.

Para a coleta da ictiofauna foram realizados obtendo-se um esforço total padronizado de 10 lances de tarrafa por ponto de coleta. O aparelho de pesca utilizado para os peixes (tarrafa) foi sempre o mesmo em todos os lances, tendo como malhagem 30 mm entre nós e sendo operado em todas as ocasiões pelo mesmo pescador local. Retirados do aparelho de pesca, os animais foram acondicionados em sacos plásticos etiquetados preenchidos com álcool 70% e fechados, nos quais foram transportados para o laboratório do CCBS, da Universidade Presbiteriana Mackenzie em São Paulo, onde foram depositados e analisados. Em laboratório, os animais foram retirados dos sacos plásticos, lavados e colocados em frascos de vidro etiquetados preenchidos novamente com álcool 70%. Durante a triagem biológica, os animais foram inicialmente separados em grupos por família/gênero e para cada um, foram obtidos os comprimentos (total, padrão e furcal, quando possível), com o uso de um ictiômetro (com escala de mm) e sua massa corpórea total (g), com a utilização de uma balança eletrônica semi-analítica com precisão de 0.01g. Após este procedimento, os exemplares foram etiquetados individualmente e depositados novamente nos frascos de vidro com álcool 70%. As amostras foram processadas seguindo-se as rotinas de triagem descritas em Vazzoler (1996). Os estudos sobre a identificação taxonômica de cada exemplar vêm sendo realizados através da utilização de bibliografia especializada sobre chaves de identificação específicas e sobre levantamentos de fauna de regiões adjacentes. A abundância numérica e

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.

em massa (g) dos peixes foram estudadas em relação ao número total de indivíduos coletados e da massa total representados em gráficos.

Resultados

Os dados completos com as informações no momento das coletas estão na tabela 2. O protocolo de avaliação é útil para distinguir áreas submetidas a diferentes níveis de pressão antrópica, revelando que a maioria dos pontos se encontra alterada quanto à qualidade do meio físico, sendo os pontos 1 e 2 considerados impactados, os pontos 3, 4, 5, 6 e 7 considerados alterados. O ponto 3 apresenta a maior diversidade de habitat.

Os dados físico-químicos da água estão listados na tabela 3. A cor do Rio Jaguari-Mirim, em todos os pontos amostrais, ultrapassa o Limite máximo estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA. Os valores da condutividade elétrica, turbidez e de sólidos totais em suspensão encontram-se abaixo do limite. Os valores de Oxigênio Dissolvido encontram-se acima do valor mínimo estabelecido. Os valores de DBO dos pontos 1,2, 3, 4 e 7 ficaram acima do limite máximo estabelecido, de 5 mg/L. Os teores de nitrito, de nitrato e de nitrogênio total ficaram abaixo dos limites máximos (nitrito em 0,1 mg/L, nitrato em 10,0 mg/L e nitrogênio total em 2,18 mg/L), com exceção do ponto 6, que apresentou concentração de nitrogênio total acima do valor estabelecido pelo CONAMA. O teor de fósforo total ficou acima do limite máximo da concentração de fósforo total estabelecido (0,10 mg/L) em todos os pontos amostrados. O ponto 4 foi o ponto que apresentou maior concentração de fósforo. Pode-se observar a presença de óleos e graxas no ponto de coleta 1, no ponto 2 e no ponto 7, sendo que o ponto 2 apresenta a maior concentração dessas substâncias.

Tabela 2 - Dados obtidos no momento da coleta em cada ponto de amostragem.

Mês	Parâmetro	Pontos de Coleta						
		1	2	3	4	5	6	7
setembro	Umidade relativa do ar (%)	42	45	45	37,1	59	48	65
	Altitude (m)	790,65	690,67	709,27	664,16	662,63	661,11	662,63
	Velocidade do vento (m/s)	0	0	0	0,6	0	0	0
	índice de luz	890,9	302,9	234,4	6730	716,3	11890	716
	Profundidade do curso d'água	1m 80 cm	45 cm	1 m 20 cm	45 cm	75 cm	35 cm	15 cm

As triagens do material bêntico foram finalizadas para cada um dos sete pontos contabilizando 412 indivíduos distribuídos em 12 grupos taxionômicos: Oligochaeta, Hirudínea, Ephemeroptera, Odonata, Coleóptera, Díptera, Hidrocarina, Nebaleacea, Ostracoda, Cladocera, Copepoda e Bivalvia (Tabela 4). O grupo Bivalvia foi o mais abundante e o ponto com maior densidade de organismos foi a estação 3.

Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos da água avaliados no Rio Jaguari-Mirim e seus valores.

Parâmetros	Unidades	Pontos de Coleta						
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
pH		8,2	8,1	8,17	9,3	8,3	8	7,9
Cor	Pt/Co	85	93	85	82	80	76	89
Turbidez	NTU	6,6	6,8	6,6	6,1	5,8	5,8	6,2
Sólidos Totais	mg/L	124	132	122	177	148	155	141
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	124	101	118	176	140	143	90
Óleos e Graxas	mg/L	2	4	<1	<1	<1	<1	2
Coliformes Fecais	NMP/100mL	2	2	138	980	82	135	148
Coliformes Totais	NMP/100mL	49	93	4310	5730	2380	44	2230
Nitrogênio Total	mg/L	0,79	1,3	1,1	1,1	0,69	6,2	1,2
Fósforo Total	mg/L	0,25	0,21	0,29	0,49	0,3	0,16	1,2
Nitrito	mg/L	< 0,02	< 0,02	0,02	0,1	0,06	1,3	0,08
Nitrato	mg/L	0,7	0,7	0,8	1,4	1,2	0,1	1,4
DBO	mg/L	6,8	6,8	6,8	6,8	<2	<2	6,8
DQO	mg/L	16	17	18	17	11	16	17

Em relação à ictiofauna, um total de 24 exemplares de peixes foi amostrado, perfazendo uma captura de 2.464,46g de massa. Foram identificados

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.

em campo, quatro diferentes grupos denominados popularmente: cascudos, lambaris, bagre e curimatá.

Até o momento, os cascudos foram identificados como do gênero *Hypostomus*, Família *Locariidae* e Ordem *Siluriformes*. Entre estes foram encontrados organismos com comprimentos totais variando de 155 a 260 mm. Todos os lambaris apresentavam como característica marcante, a coloração vermelha do pedúnculo caudal e alguns raios da cauda, sendo identificados popularmente como lambaris-de-rabo-vermelho (gênero *Astyanax*, Família *Characidae* e Ordem *Characiformes*). A amplitude de tamanho destes variou entre 115 e 120 mm de comprimento total. Um único curimatá foi coletado (gênero *Prochilodus*, Família *Prochilodontidae*, Ordem *Characiformes*), medindo 347 mm de comprimento total e um bagre, da Ordem *Siluriformes*.

Tabela 4 - Lista de táxon dos pontos amostrados em setembro no período de verão e número de indivíduos por táxon e totais por litro de sedimento.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Frequência
Nematódea			0,3					0,3
Oligochaeta	13,3	19,6		1	21	9	13,6	77,5
Hirudínea		0,3			0,5			0,8
Ephemeroptera			0,3	0,5		0,3		1,1
Odonata	0,6				0,5	0,3	0,3	1,7
Coleóptera		0,3		0,5				0,8
Chironomídea	23,6	11,3	0,3	6,5	10,5	4,6	2	58,8
Hidudínea			58				0,3	58,3
Nebaleacea	0,6							0,6
Ostracoda		1			3			4
Cládocera	12	46	0,3					58,3
Copepoda						0,3	0,3	0,6
Bivalve		70,6	33,3	1	42	2,3		149,2
Totais	50,1	149,1	92,5	9,5	77,5	16,8	16,5	412

As capturas destes grupos, em número e em massa, por ponto de coleta, foram ilustradas na Tabela 5. De modo geral, os cascudos *Hypostomus* foram os mais abundantes, ocorrendo em quatro diferentes pontos, seguidos dos FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.

lambaris-de-rabo- vermelho (*Astyanax*), em três pontos. A presença dos cascudos em maior número deve-se à presença de grande quantidade de pedras ao longo do rio, nas proximidades das suas margens, onde foram realizados os lances de tarrafa.

Tabela 5 - Capturas totais dos grupos identificados em número e em massa (g) por ponto de coleta.

Pontos	P. 1		P. 2		P. 3		P.4		P.5
	N	Mas. (g)	N						
Grupos	Total		Total		Total		Total		Total
Cascudos			2	374,8	10	459,2	3	212,6	3
Lambaris	1	28,16	2	63,9	1	38,46			
Bagre					1	115,8			
Curimbatá									
Total	1	28,16	4	438,7	12	613,5	3	212,6	3

O ponto 3 foi o que mostrou maior número de peixes capturados, embora a maior captura em massa ocorresse no ponto 7, referente a um único exemplar de curimbatá.

Discussão

A influência antrópica em ambientes lóticos pode e tem levado a perda da sustentabilidade da biota, com a completa eliminação dos organismos aquáticos em ambientes severamente perturbados. Ao longo do trecho estudado do Jaguari-Mirim na área de influência das PCHs da São José e São Joaquim foi verificado o aumento da concentração do nutriente fosfato no meio, e a colonização de poucas espécies sendo várias constituídas por baixo número de indivíduos. As espécies dominantes são formas resistentes à poluição. A comunidade bentônica apresenta baixa diversidade, baixa abundância relativa, e dominância de táxons indicadores de baixa qualidade ambiental como os *Oligochaeta* e *Bivalvia*.

Na classe Insecta, as larvas de Plecoptera, Tricoptera e Ephemeroptera consideradas mais sensíveis à poluição foram raras. Estas ordens são

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.

constituídas por espécies reofílicas (associados à ambientes de correnteza e bem oxigenados) tradicionalmente importantes para os índices bióticos (Silveira, 2006). Estas espécies são altamente dependentes de oxigênio, correnteza e do tamanho da partícula do substrato, podendo ser considerados como indicadores de boa qualidade ambiental. A piora da qualidade da água pode levar à eliminação destes e aumento da abundância de espécies mais tolerantes a baixas concentrações de oxigênio e ao aumento da granulometria fina do substrato. No presente estudo a ordem Díptera teve na família Chironomidea a mais ampla distribuição, sendo freqüentemente o inseto mais abundante. Estes organismos são considerados tolerantes à poluição por terem capacidade de retirar oxigênio da água em baixas concentrações.

A estrutura trófica da comunidade também indicou alteração ambiental já que foi dominada por organismos coletores e predadores, considerados mais tolerantes a alterações do habitat. Ambientes com mata preservada produzem maior quantidade de fólio, o qual serve de abrigo e alimento para muitos organismos aumentando a riqueza e a abundância nesses locais. A fauna bentônica analisada parece refletir a ausência da vegetação ripária. A heterogeneidade do substrato também contribui com o aumento da riqueza e abundância. É comprovado (Felizola, 2005) que o aumento da perda da vegetação marginal provoca o assoreamento com forte sedimentação dos sistemas aquáticos aliados à entrada de sedimento com granulometria fina, o que provoca a diminuição da riqueza e abundância da comunidade bentônica.

Segundo Agostinho & Julio (1999) a fauna de pequenos rios desta bacia hidrográfica é predominantemente composta por espécies de pequeno porte, como lambaris, piquiras, sagüirus, viuvinhas e pequenos pimelodídeos. Com grande resistência em condições ambientais alteradas e adversas (Lemes & Garutti, 2002), *Hypostomus ancistroides* foram predominantes na área estudada. Estes cascudos se reproduzem desde o final da estação de seca, até o final da época de cheia (Vazzoler & Menezes, 1992; Suzuki *et al.*, 2000), e após isso, procuram se manter abrigados, em habitats lânticos, enquanto os machos apresentam

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.

comportamentos de cuidado parental, guardando ovos em escavações no substrato (Suzuki et al., 2000). Os lambaris-de-rabo-vermelho, *Astyanax fasciatus*, assim como no presente estudo, é um grupo abundante na bacia do alto Paraná (Araújo & Tejerina-Garro, 2007) e no Rio Grande, (Braga, 2001), utilizando estas áreas permanentemente para crescer, se alimentar e se reproduzir, já que não se trata de animais migradores (Vazzoler & Menezes, 1992). Sua permanência em áreas marginais, assim como no Jaguari-Mirim, é um reflexo de suas estratégias alimentares como base na onivoria, com forte tendência à insetivoria e ingestão de fragmentos vegetais (Ferreira, 2007; Bennemann et al., 2005; Vilella, 2002).

Apesar de se considerar a seletividade do aparelho de pesca, os resultados avaliados mostram pequenas capturas e baixa riqueza de “morfotipos”. Tais fatos podem sugerir que o trecho analisado do rio caracteriza-se como uma área realmente alterada, onde poucas espécies ainda são encontradas estabelecendo alguma utilização deste ambiente para seu ciclo de vida, durante esta época do ano. Recomenda-se o monitoramento local através dos indicadores listados na tabela 6. A baixa abundância de organismos na maioria dos taxa resultando em muitas espécies rara e algumas restritas, não permite o uso de muitas medidas no cálculo de índice de integridade bêntica.

Tabela 6 - Atributos biológicos usados na análise do índice biológico de bentos para avaliação de integridade de ecossistemas lóticos no entorno das PCHs de São José e São Joaquim (adaptado de Fernandes (2007)).

Medida	Resposta prevista ao impacto
Medidas de Composição	
% de larvas de Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera	Diminui
% de larvas de Cleoptera	Diminui
% Odonata	Aumenta
% de Chironomidade	Aumenta
% Oligochaeta	Aumenta
Medidas de Riqueza	
Total de taxa	Diminui
Diversidade	Diminui
Medidas Tróficas	
% Coletores	Aumenta
% Filtrador	Diminui
% Fragmentador	Diminui
% Raspador	Diminui
% Predador	Aumenta

Agradecimentos

Agradecemos a AES Eletropaulo e a MRS Ambiental todo o auxílio prestado ao longo do trabalho

REFERENCIAS

AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO JÚNIOR, H.F. Peixes da Bacia do Alto Rio Paraná. In: LOWE-MCCONNELL, R. H. Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais. São Paulo, Edusp, 1999. p. 375-413.

ARAUJO, N.B.; TEJERINA-GARRO, F.L. Composição e diversidade da ictiofauna em riachos do Cerrado, bacia do ribeirão Ouvidor, alto rio Paraná, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 4, p. 981-990, 2007.

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.

BENNEMANN, S.T.; GEALH, A.M.; ORSI, M.L.; DE-SOUZA, L.M. Occurrence and trophic ecology of four species of *Astyanax* (Characidae) in different rivers of the Tibagi River Basin, Parana, Brazil. **Iheringia, Serie-Zoologia**, v. 95, n. 3, p. 247-254. 2005.

BRAGA, F.M. Fishes reproduction in the Volta Grande dam tributaries, Grande river, southeastern Brazil. **Iheringia, Serie-Zoologia**, n. 91, p. 67-74. 2001.

BRIGANTE, J.; et al. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos no rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J. & ESPÍNOLA, L.G. **Limnologia Fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: Rima. 2003.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1986. Resolução n. 20. Brasil.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005. Resolução n.357. Brasil.

CALLISTO, M; et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividade de ensino e pesquisa (MGRJ). **Acta Limnologica Brasiliensis**, n. 14, p. 91-98. 2002.

FELIZOLA, E.R. **Avaliação do processo de fragmentação de áreas naturais de cerrado para proposição de um corredor ecológico no Distrito Federal**. 2005. 73 p. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

FERNANDES, A.C.M. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores biológicos de qualidade da água**: proposta para elaboração de um índice de integridade biológica. 2007. 220 p. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

FERREIRA, K.M. Biology and ecomorphology of stream fishes from the rio Mogi-Guaçu basin, Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 5, n. 3, p. 311-326, 2007.

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R. Lotic ecosystem of Serra do Cipó, southeastern Brazil: water quality and a tentative classification base don the benthic macroinvertebrate community. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, n. 3, p. 545-552. 2000.

JUNQUEIRA, M.V.; et al. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. **Acta Limnologica Brasiliensia**, n. 12, p. 73-87, 2000.

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

LEMES, E.M.; GARUTTI, V. Ecologia da ictiofauna de um córrego de cabeceira da bacia do alto rio Paraná, Brasil. **Iheringia, Serie-Zoologi**, v. 92, n. 3, p. 69-78. 2002.

Myslinski, E.; Ginsburg, W.: 1977, J. Amer. Water Works Assoc., October, 538–544. Reice, S.R. & Wohlenberg, M. 1993. Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic process:measures of assessment of ecosystem health, P.287-305. In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (eds) 1993. Fresh water biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New Yirk.

SILVEIRA, M.P. et al. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. **Brazilian Journal of Biology**, n. 66, p. 623-632, 2006.

SUZUKI, H.I.; AGOSTINHO, A.A.; WINEMILLER, K.O. Relationship between oocyte morphology and reproductive strategy in loricariid catfishes of the Parana River. **Brazil Journal Fish Biology**, v. 57, n.5, p. 791-807, 2000.

VAZZOLER, A.E.A.M. **Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: teoria e prática.** /Maringá: EDUEM,1996

Vazzoler, A.E.A.M.; Menezes, N.A. Síntese de conhecimento sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 52, n. 4, p. 627-640. 1992.

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.

VILELLA, F.S.; BECKER, F.G.; HARTZ, S.M. Diet of Astyanax species (Teleostei, Characidae) in na Atlantic Forest River in Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 2, p. 223-232, 2002.

FLYNN, Maurea Nicoletti. et al. Indicadores de qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 19-35, jun. 2011.