



## Os efeitos da ação antrópica sobre a distribuição de macroinvertebrados no Rio Guareí, São Paulo

*Anthropic action influence on macroinvertebrates distribution in Guareí River, São Paulo State - Brazil*

João Ânderson Fulan<sup>[a]</sup>, Raoul Henry<sup>[b]</sup>, Rosemary Davanso<sup>[c]</sup>

### Resumo

Estudou-se, neste trabalho, no período de março a dezembro de 2006, os efeitos da ação antrópica sobre os macroinvertebrados que habitam macrófitas no Rio Guareí, em São Paulo. Questionou-se se a elevada condutividade observada no Rio Guareí poderia afetar negativamente a distribuição dos macroinvertebrados, bem como, quais seriam as variáveis que mais atuam sobre os macroinvertebrados em um rio com forte influxo de nutrientes. O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos das variáveis ambientais sobre a densidade e a composição dos macroinvertebrados. Três bancos de plantas foram amostrados com um puçá de 0,07 m<sup>2</sup> de área, acoplado a uma rede de 0,25 mm. Foram medidos as temperaturas do ar e da água, a profundidade, o pH, a condutividade elétrica, o material em suspensão, o oxigênio dissolvido e a biomassa da planta. Uma análise de correspondência canônica (ACC) foi realizada, utilizando-se a densidade dos macroinvertebrados e as variáveis ambientais. Chironomidae, Culicidae, *Acanthagrion*, *Coryphaeschna*, *Erythrodiplax*, *Miathyria marcella*, *Micrathyria*, Gastropoda, Ostracoda e Hemiptera foram os únicos táxons que mostraram correlações significativas com os eixos. Com base nos resultados observados, concluiu-se que a elevada condutividade registrada no Rio Guareí, em função da grande quantidade de matéria orgânica lançada durante o seu curso, não afetou significativamente a distribuição dos macroinvertebrados durante o período estudado. No entanto, a ACC detectou que o oxigênio foi o fator ambiental mais significativo para a variância da densidade dos macroinvertebrados, especialmente larvas de Odonata.

**Palavras-chave:** Condutividade. Invertebrados. Macrófita.

### Abstract

*In this study, it was examined, during the period from March to December 2006, the effects of human disturbance on the macroinvertebrates that live near macrophytes in Guareí River, São Paulo State - Brazil. It was questioned if the high conductivity recorded in Guareí River affected the distribution of the macroinvertebrates and what were the most important variables that affect macroinvertebrates in a river with a strong nutrient concentration. The objective of this study was to investigate the effects of environmental variables on densities and composition of the macroinvertebrates. Three stands of aquatic plants were sampled with with 0.25 mm mesh net on a 0.07 m<sup>2</sup> square metal frame. Air and water temperature, depth, pH, electrical conductivity, suspended solids, dissolved oxygen and macrophyte biomass were measured. A canonical correspondence analysis (CCA) was performed using the density of the macroinvertebrates and environmental variables. Chironomidae, Culicidae, *Acanthagrion*, *Coryphaeschna*, *Erythrodiplax*, *Miathyria marcella*, *Micrathyria*, *Gastropoda*, *Ostracoda* and *Hemiptera* were the only taxa that showed significant correlation with the axes. From the results, we can conclude that the high conductivity recorded in Guareí River due to the high amount of organic matter released during its course did not significantly affected the distribution of the macroinvertebrates during the studied period. However, the ACC recorded that oxygen was the most significant environmental factor for the density variance of the macroinvertebrates, especially larval Odonata.*

**Keywords:** Conductivity. Invertebrates. Macrophytes.



<sup>[a]</sup> Biólogo, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), doutor, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM - Brasil, e-mail: joaofulan@ig.com.br

<sup>[b]</sup> Biólogo, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), doutor, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), São Paulo, SP - Brasil, e-mail: rhenry@ibb.unesp.br

<sup>[c]</sup> Bióloga, Universidade do Sagrado Coração, doutora, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), São Paulo, SP - Brasil, e-mail: rose@davanso.com

Recebido: 21/10/2011  
Received: 10/21/2012

Aprovado: 20/12/2011  
Approved: 12/20/2012

## Introdução

O surgimento das grandes cidades quase sempre se deu nas proximidades de rios, os quais, no início do processo de urbanização, eram utilizados principalmente para o abastecimento da população. Todavia, os usos múltiplos da água possibilitaram, também, seu emprego em outras finalidades, como liberação de dejetos (1). A ação humana sobre os ecossistemas aquáticos provoca grandes alterações nos processos fisiológicos naturais e, conseqüentemente, um grande desequilíbrio ecológico. Entre esses processos de perturbação, a eutrofização é um dos mais evidentes. O processo inicia-se quando os rios recebem um grande aporte de nutrientes como nitrogênio e fósforo, provenientes dos esgotos domésticos e industriais e também de fertilizantes (2). Os efeitos da eutrofização, segundo Tundisi (2), são o rápido crescimento de macrófitas, a liberação de toxinas provenientes de algas e a redução do oxigênio dissolvido na água.

O oxigênio é fundamental para toda a biota local, uma vez que participa diretamente do seu metabolismo respiratório. As densidades dos macroinvertebrados são negativamente afetadas pela depleção na concentração de oxigênio, e poucas espécies podem sobreviver em condições de anoxia (3, 4). Além do oxigênio, outras variáveis, como a condutividade, podem se apresentar elevadas com o excesso de nutrientes (1). O efeito negativo da condutividade sobre a densidade de macroinvertebrados foi assinalado na Itália (5). Além disso, também há registro de que a condutividade afetou a composição de espécies de libélulas na França (6).

O presente trabalho busca respostas para os seguintes questionamentos: será que a elevada condutividade observada no Rio Guareí pode afetar negativamente a distribuição dos macroinvertebrados? Quais são as variáveis que mais atuam sobre os macroinvertebrados em um rio com forte influxo de nutrientes? Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi investigar, de março a dezembro de 2006, os efeitos das variáveis ambientais sobre a densidade e a composição de macroinvertebrados associados ao sistema radicular de *Salvinia auriculata*, num curso de água com forte descarga de esgotos sem tratamento ao longo de seu trajeto.

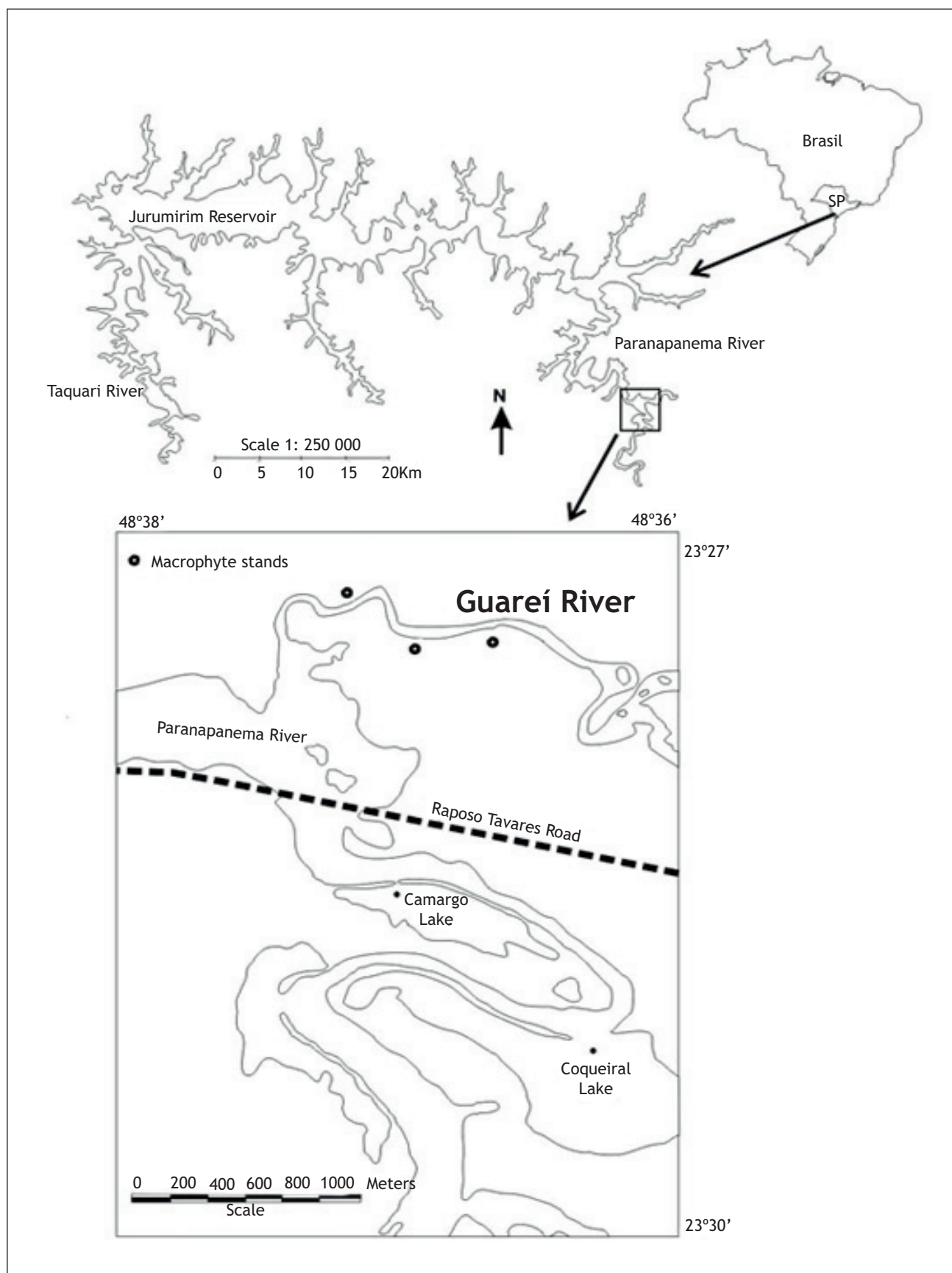
## Material e métodos

### Área de estudo

O curso de água selecionado para o estudo (Rio Guareí) tem uma extensão de 89 quilômetros. Sua nascente localiza-se no município de Guareí e ele percorre o município de Angatuba, antes de desembocar no Rio Paranapanema (Figura 1). Durante seu percurso, recebe um grande aporte de nutrientes provenientes de esgotos (principalmente da cidade de Guareí) e de atividades agropecuárias de sua bacia de drenagem, os quais não apresentam qualquer tipo de tratamento.

Três bancos de *S. auriculata* (dois na margem esquerda do rio e um na direita) foram amostrados no período de março a dezembro de 2006, com um puçá circular de 0,07 m<sup>2</sup> de área, acoplado a uma rede de malha de 0,25 mm. No local, foram medidas as temperaturas do ar (Termômetro de álcool) e da água (Termístor Toho Dentan – ET 3), assim como a profundidade (cabo graduado do termístor). No laboratório, foram determinados, em água de superfície coletada junto à macrófita, o pH (em pHmetro Micronal B380), a condutividade elétrica (em condutivímetro HACH-2511, valores corrigidos para a temperatura de 25 °C), o material em suspensão (método gravimétrico, descrito em Teixeira & Kutner (7)) e o oxigênio dissolvido (método de Winkler, descrito em Golterman (8)). A biomassa da macrófita (peso seco, em estufa a 60 °C) foi determinada e expressa em gramas por metro quadrado. Para a remoção dos macroinvertebrados associados à *S. auriculata*, as plantas foram imersas, consecutivamente, em baldes contendo formaldeído em concentrações de 8% e 4% e em água.

Os dados brutos foram transformados ( $\log x + 1$ ) e sua normalidade foi testada (Shapiro-Wilk) no programa Statistic, versão 6.0. Após a confirmação da normalidade, foi realizada uma análise de correspondência canônica (ACC), no programa Canoco for Windows 4.5 (9), para obter uma correlação da densidade de todos os macroinvertebrados com as variáveis ambientais. Foi construído um gráfico tipo "biplot", cujos comprimentos das setas das variáveis ambientais indicaram a intensidade dos padrões de variação na composição das espécies. Uma análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey, foi realizada para verificar se existiu diferença significativa entre as médias. Este



**Figura 1** - Área estudada mostrando o Rio Guareí, no período de março a dezembro de 2006.

Fonte: Dados da pesquisa.

trabalho está dispensado de licença ambiental, pois as amostragens não foram realizadas em áreas de proteção ambiental permanente e não foram amostradas espécies ameaçadas de extinção.

## Resultados

No Rio Guareí (Figura 2), os dois primeiros eixos da ACC explicaram, juntos, 62,5% da variância dos táxons. Chironomidae ( $r = 0,582$ ), Culicidae ( $r = 0,707$ ), *Acanthagrion* ( $r = 0,956$ ), *Coryphaeschna* ( $r = 0,489$ ), *Erythrodiplax* ( $r = 0,589$ ), *Miathyria marcella* ( $r = 0,669$ ) e *Micrathyria* ( $r = 0,891$ ) mostraram correlações positivas, e Gastropoda ( $r = -0,560$ ) e Ostracoda ( $r = -0,756$ ) mostraram correlações negativas com o eixo 1. Culicidae ( $r = 0,656$ ), Gastropoda ( $r = 0,879$ ) e Ostracoda ( $r = 0,579$ ) também exibiram correlação positiva com o eixo 2. Hemiptera ( $r = -0,675$ ) mostrou uma única correlação negativa com o mesmo eixo.

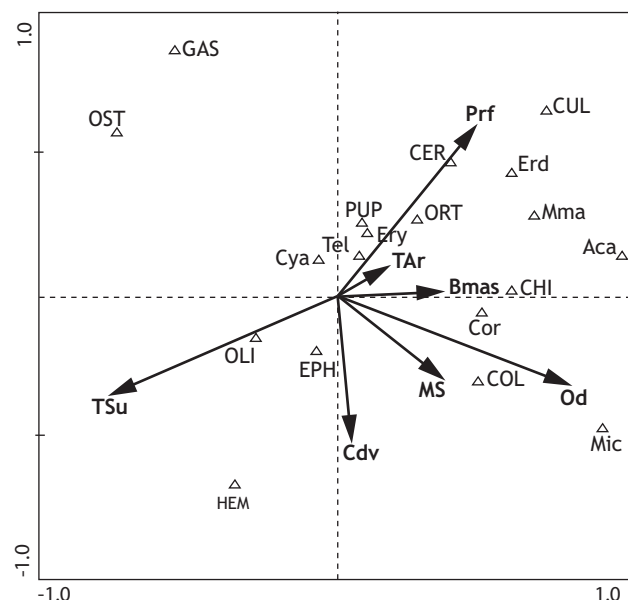
Os fatores ambientais que mais atuaram sobre a densidade dos macroinvertebrados foram oxigênio dissolvido, tendo em vista sua correlação com o eixo 1 ( $r = 0,775$ ;  $p < 0,01$ ), e profundidade, correlacionada com o eixo 1 ( $r = 0,465$ ;  $p < 0,05$ ) e o eixo 2 ( $r = 0,606$ ;  $p < 0,05$ ).

Na Tabela 1, são apresentados os dados de densidade média dos macroinvertebrados amostrados no Rio Guareí. Em setembro e em outubro de 2006, os macroinvertebrados foram muito abundantes, ao passo que, em maio e em junho, foram registradas as menores abundâncias de todo o período estudado. Em julho de 2006, Chironomidae foi o táxon com a maior densidade, e, nos demais meses, houve o predomínio de Oligochaeta.

Na Tabela 2, estão os registros comparativos de equidade, diversidade, teor de oxigênio dissolvido e condutividade durante todo o período estudado. A equidade alterou-se pouco ao longo do período. No mês de julho de 2006, registrou-se a maior diversidade e concentração de oxigênio de todos os meses de estudo e, também, um dos menores valores de condutividade.

## Discussão

A condutividade destacou-se entre os fatores ambientais no Rio Guareí, pois se apresentou elevada durante todos os meses do estudo. Alguns trabalhos mostraram que a condutividade exerceu um papel



**Figura 2** - Análise de correspondência canônica (ACC) envolvendo os macroinvertebrados amostrados junto à *S. auriculata* no Rio Guareí e os fatores ambientais, no período de março a dezembro de 2006. Legenda: Ceratopogonidae (CER), Chironomidae (CHI), Coleoptera (COL), Culicidae (CUL), Ephemeroptera (EPH), Gastropoda (GAS), Hemiptera (HEM), Oligochaeta (OLI), Orthoptera (ORT), Ostracoda (OST), Pupa de Diptera (PUP), *Acanthagrion* (Aca), *Coryphaeschna* (Cor), *Cyanallagma* (Cya), *Erythemis* (Ery), *Erythrodiplax* (Erd), *M. marcella* (Mma), *Micrathyria* (Mic), *Telebasis* (Tel), oxigênio dissolvido (Od), condutividade (Cdv), temperatura de superfície da água (TSu), temperatura do ar (TAr), profundidade (PRF), material em suspensão (MS) e biomassa (Bmas).

Fonte: Dados da pesquisa.

muito importante na distribuição dos macroinvertebrados (5, 10). Por outro lado, algumas espécies de libélulas, como *Macromia splendens*, mostraram-se extremamente tolerantes à condutividade (11). No Rio Guareí, segundo a análise de correspondência canônica (ACC), a condutividade não aparentou ter papel significativo em relação à densidade dos macroinvertebrados, indicando uma tolerância a essa variável, assim como observado por Rivera, em estudo realizado em um rio da Espanha com alta condutividade (11). A elevada condutividade registrada no Rio Guareí já era esperada, em virtude da ausência de tratamento de esgoto na cidade de Guareí. No

Tabela 1 - Densidade média (ind.m-2) dos macroinvertebrados amostrados junto à *S. auriculata* no Rio Guareí, no período de março a dezembro de 2006

Táxon	mar./06	abr./06	maio/06	jun./06	jul./06	ago./06	set./06	out./06	nov./06	dez./06
Oligochaeta	11005	4367	4610	3538	819	3614	13443	13538	11933	7107
Ostracoda	4871	2414	214	143	0	129	576	1214	2467	1357
Coleoptera	143	48	62	95	1181	1062	1781	905	490	821
Ceratopogonidae	343	171	171	238	690	114	148	143	143	464
Chironomidae	2471	1462	1600	1705	9524	3352	9900	4138	2443	1921
Culicidae	376	657	662	895	1905	343	257	110	348	164
Pupa de Diptera	67	81	24	19	76	57	67	71	29	36
Ephemeroptera	386	229	957	324	290	114	719	1076	719	157
Hemiptera	14	10	0	5	0	19	29	162	14	21
<i>Coryphaeschna</i>	0	0	0	5	5	0	0	10	0	0
<i>Erythemis</i>	38	33	38	38	114	14	24	33	257	24
<i>Erythrodiplax</i>	0	19	10	24	43	5	24	0	0	38
<i>M. marcella</i>	19	19	24	76	124	43	48	33	52	10
<i>Micrathyrta</i>	0	0	0	0	5	29	0	0	0	0
<i>Acanthagrion</i>	0	0	10	29	105	76	29	5	33	24
<i>Cyanallagma</i>	24	5	0	14	67	0	14	14	143	167
<i>Telebasis</i>	62	86	57	57	86	152	81	5	62	257
Orthoptera	5	10	57	33	14	10	0	0	5	7
Gastropoda	52	0	0	0	10	0	0	10	0	0
<b>Total</b>	<b>19876</b>	<b>9611</b>	<b>8496</b>	<b>7238</b>	<b>15058</b>	<b>9133</b>	<b>27140</b>	<b>21467</b>	<b>19138</b>	<b>12575</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Média das variáveis medidas no Rio Guareí, SP

Meses/Variáveis	Oxigênio (mg. L-1) p = 0.32*	Condutividade (µS.cm-1) p = 0.72*	Diversidade (bits.ind-1) p = 0.17*	Equidade p = 0.50*
mar./06	3,01	107,73	1,85	0,93
abr./06	3,90	178,59	1,83	0,79
maio/06	5,28	215,73	2,02	0,87
jun./06	4,42	220,00	2,48	0,88
jul./06	6,05	108,65	2,61	0,87
ago./06	4,27	196,00	2,00	0,77
set./06	5,11	197,13	2,35	0,91
out./06	4,53	168,13	2,22	0,86
nov./06	4,21	172,27	1,94	0,84
dez./06	3,88	99,48	1,82	0,71

\*ANOVA

Fonte: Dados da pesquisa.



entanto, quando foi analisada, neste trabalho, a variação dos valores de oxigênio dissolvido e de diversidade, registrou-se uma similaridade das linhas, propondo que deve haver algum tipo de correlação entre essas variáveis. Além disso, no mês de julho de 2006, quando foram registrados os maiores valores de oxigênio e de diversidade, a condutividade foi a menor registrada, mostrando que esta última variável pode ter afetado a distribuição dos macroinvertebrados pelo menos naquele mês, assim como registrado para o oxigênio.

A concentração de oxigênio na superfície da água, segundo a ACC, atuou significativamente em 47% dos táxons identificados no Rio Guareí, isto é, nove do total de dezenove táxons amostrados apresentaram correlação significativa com o oxigênio. Quando se analisou apenas as larvas de Odonata, a correlação com o oxigênio foi ainda maior: 62%, isto é, dos oito gêneros de Odonata identificados, cinco (*Acanthagrion*, *Coryphaeschna*, *Erythrodiplax*, *M. marcella* e *Micrathyria*) mostraram que suas densidades foram sensíveis a essa variável. Corbet (12) assinalou que o oxigênio exerce um papel fundamental na distribuição das larvas de Odonata. No entanto, segundo o autor, algumas espécies de Zygoptera, como *Calopteryx splendens*, são capazes de sobreviver em condições de baixíssimas concentrações de oxigênio. Dos três Zygoptera identificados no Rio Guareí, *Cyanallagma* e *Telebasis* mostraram, segundo a ACC, tolerância ao oxigênio, resultados semelhantes ao de Corbet (12). *Acanthagrion* (Zygoptera) e *Coryphaeschna*, *Erythrodiplax*, *M. marcella* e *Micrathyria*, todos Anisópteros, demonstraram, neste estudo, segundo a ACC, uma sensibilidade ao oxigênio dissolvido na superfície da água.

Portanto, o Rio Guareí mostrou, no período de março a dezembro de 2006, elevados valores de condutividade, que, aparentemente, não exerceu influência direta sobre os macroinvertebrados identificados. No entanto, segundo a ACC, o oxigênio foi uma das principais variáveis que afetaram os macroinvertebrados, especialmente as larvas de Odonata.

### Agradecimentos

À Capes (Processo 2096/07-2) e à Fundibio, pelo auxílio financeiro, ao prof. Luiz Onofre Irineu de Souza (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), pela identificação das larvas de Odonata, e a Hamilton Antonio Rodrigues e Lúcio Miguel de Oliveira, pelo auxílio nas coletas em campo.

### Referências

1. Azrina MZ, Yap CK, Rahim IA, Ismail A, Tan SG. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2006;64(3):337-47.
2. Tundisi JG. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima; 2003.
3. Sato M, Riddiford N. A preliminary study of the Odonata of S'Albufera Natural Park, Mallorca: status, conservation priorities and bio-indicator potential. *J Insect Cons.* 2007;12(5):539-548.
4. Tullos DD, Neumann M. A qualitative model for analyzing the effects of anthropogenic activities in the watershed on benthic macroinvertebrate communities. *Ecol Model.* 2006;196:209-20.
5. Rossaro B, Marziali L, Cardoso AC, Solimini A, Free G, Giacchini R. A biotic index using benthic macroinvertebrates for Italian lakes. *Ecol Indicators.* 2007;7:412-29.
6. Scher O, Thiery A. Odonata, Amphibia and environmental characteristics in motorway stormwater retention ponds (Southern France). *Hydrobiologia.* 2005;551(1):237-51. doi: 10.1007/s10750-005-4464-z
7. Teixeira C, Kutner MB. Plankton studies in a mangrove environment. I – First assessment of standing stock and ecological factors. *Bol Instituto Oceanográfico.* 1962;12:101-24.
8. Golterman HL, Clymo RS, Ohnstad MAM. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. Oxford: Blackwell Scientific; 1978.
9. Ter Braak CJF, Smilauer P. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). New York: Microcomputer Power; 2002.
10. Martin P, Haniffa MA, Arunachalam M. Abundance and diversity of macroinvertebrates and fish in the Tamiraparani River, South India. *Hydrobiologia.* 2000;430:59-75.
11. Rivera, AC. Distribution, habitat requirements and conservation of *Macromia splendens pictet* (Odonata: Corduliidae) in Galicia (NW Spain). *Int. J. Odonatol.* 2000;3(1):73-83.
12. Corbet PS. Dragonflies: behavior and ecology. New York: Cornell University Press; 1999.