



## CONTRIBUIÇÃO AO BIOMONITORAMENTO DO RIO JACARÉ GUAÇU-SP POR MEIO DE INDICADORES MACROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS

Fernando Frigo<sup>1</sup>, Nemésio Neves Batista Salvador<sup>2</sup>, Guilherme Rossi Gorni<sup>3</sup>

(1 – Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Docente, Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente pela Universidade de Araraquara - UNIARA, [fernandofrigo@hotmail.com](mailto:fernandofrigo@hotmail.com), 2 – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente - UNIARA, Professor, [nemesio.salvador@gmail.com](mailto:nemesio.salvador@gmail.com), 3 – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente - UNIARA, Professor, [rggorni@uniara.com.br](mailto:rggorni@uniara.com.br))

**Resumo:** Os objetivos do presente trabalho foram verificar as respostas das comunidades de macroinvertebrados aquáticos em relação à qualidade físico-química da água no Rio Jacaré Guaçu-SP e promover informações que contribuam para utilização de macroinvertebrados como bioindicadores. Os parâmetros físico-químicos da água foram determinados utilizando-se de sonda analítica multiparâmetros e as amostras de macroinvertebrados foram obtidas a partir do uso do método de arraste no sedimento. Foram realizadas várias determinações de índices e métricas bióticas e de diversidade. Os resultados relativos aos macroinvertebrados foram compatíveis com os das determinações físico-químicas, corroborando o importante papel dessas comunidades como bioindicadores da qualidade dos corpos d'água. Os vários índices bióticos e de diversidade utilizados demonstraram ser ferramentas importantes para a compreensão da estrutura das comunidades de macroinvertebrados e sua relação com a qualidade da água.

**Palavras-chave:** qualidade das águas, macroinvertebrados, Rio Jacaré Guaçu.

## CONTRIBUTION TO THE BIOMONITORING OF THE JACARÉ GUAÇU-SP RIVER BY AQUATIC MACROINVERTEBRATE INDICATORS

**Abstract:** The objectives of the present work were to verify the responses of aquatic macroinvertebrate communities related to the physicochemical water quality in the Jacaré Guaçu-SP River and to promote information that contributes to the using of macroinvertebrates as bioindicators. The physicochemical parameters of the water were



determined using a multiparameter sensor and the samples of aquatic macroinvertebrates were obtained by using the drag method in the sediment. Various determinations of indexes and biotic metrics and diversity were performed. The results related to macroinvertebrates were compatible with those of the physicochemical determinations, corroborating the important role of aquatic macroinvertebrates as bioindicators of water body quality. The various biological and diversity indexes used have been shown to be important tools for understanding the structure of the macroinvertebrate communities related to water quality.

**Keywords:** water quality, macroinvertebrates, Jacaré Guaçu River.

### **CONTRIBUCIÓN AL BIOMONITORAMIENTO DEL RÍO JACARÉ GUAÇU-SP POR MEDIO DE INDICADORES MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

**Resumen:** Los objetivos del presente trabajo fueron el de verificar las respuestas de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en relación a la calidad físico-química del agua en el Río Jacaré Guaçu-SP y promover informaciones que contribuyan para la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores. Los parámetros físico-químicos del agua se determinaron con el uso de una sonda analítica multiparámetros y las muestras de macroinvertebrados se obtuvieron a partir del uso del método de arrastre en el sedimento. Se realizaron varias determinaciones de índices y métricas bióticas y de diversidad. Los resultados relacionados a los macroinvertebrados fueron compatibles con los resultados de las determinaciones fisicoquímicas, corroborando el importante papel de los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de los cuerpos de agua. Los diversos índices bióticos y de diversidad utilizados han demostrado ser herramientas importantes para la comprensión de la estructura de las comunidades de macroinvertebrados y su relación con la calidad del agua.

**Palabras clave:** calidad de las aguas, macroinvertebrados, Río Jacaré Guaçu.

#### **Introdução**

Os corpos d'água são influenciados pelo aporte de materiais provenientes de diferentes fontes, como a área urbana, indústrias, área rural, pesca e lazer, que acabam gerando resíduos que contribuem para a vulnerabilidade das bacias hidrográficas, reduzindo a qualidade da água (TUNDISI et al, 2008). Neste contexto, o monitoramento das variáveis físicas, químicas e biológicas de forma sistemática se torna um importante instrumento na avaliação da degradação

ambiental dos corpos d'água. Além do aporte de materiais via ações antrópicas, deve-se considerar que a composição física e química do corpo de água está relacionada com o clima, geomorfologia e precipitação pluviométrica (RODRIGUES, 2001).

O monitoramento biológico funciona como vigilância usando respostas dos organismos vivos para determinar se um ambiente é favorável a eles (CAIRNS e PRATT, 1993). Programas de monitoramento biológico das águas são importantes para preservar e manter a sua qualidade para o abastecimento público, como também para o próprio ecossistema aquático. O objetivo do monitoramento biológico é detectar mudanças significativas nos ecossistemas e não apenas flutuações que são rapidamente amortecidas. Em contrapartida, análises de qualidade da água através de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos não são suficientes para verificar a qualidade do ponto de vista ecológico, por representarem um conhecimento momentâneo do corpo d'água (SILVEIRA, 2004; QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

O sedimento pode ser considerado como o resultado do aporte de materiais alóctones das áreas marginais; da ação antrópica, como o lançamento de efluentes; e de processos autóctones, como a sedimentação e a decomposição da matéria orgânica (RODRIGUES, 2001). No sedimento ocorrem processos biológicos e físico-químico que influenciam no metabolismo dos organismos aquáticos. Na camada recente de sedimentos há uma maior concentração de matéria orgânica, sendo a parte mais ativa por causa dos micro-organismos e organismos bentônicos, que encontram condições favoráveis ao seu desenvolvimento (ESTEVES, 1998; MARGALEF, 1983).

A vantagem de se usar o biomonitoramento, segundo Barbour et al. (1999), é que as comunidades biológicas refletem a integridade ecológica global (química, física e biológica), integrando os efeitos de diferentes perturbações e fornecendo a medida do seu impacto agregado, além de integrar as perturbações no tempo, fornecendo uma medida das variações das condições ambientais. A rotina de monitoramento das comunidades biológicas pode ser relativamente barata em comparação com o custo de outros tipos de avaliação e, onde não existem meios para se avaliar impactos ambientais, essas comunidades podem ser a única forma de avaliação. Como exemplo, de acordo com Fernandes (2007), tem-se o monitoramento das referidas comunidades como alternativa mais econômica aos testes toxicológicos.

Os macroinvertebrados são considerados bons indicadores da poluição em sistemas lóticos, sendo amplamente usados na formulação de índices bióticos devido à resposta da biocenose aos efeitos de estresses hidráulicos, orgânicos e tóxicos, com a redução de espécies

sensíveis e a proliferação de espécies tolerantes, por serem sedentárias ou de motilidade reduzida e estarem associadas ao sedimento (SILVEIRA, 2004; KUHLMANN et al., 2012).

Um grupo de organismos classificados como sensíveis ou intolerantes a alterações ambientais inclui principalmente representantes das ordens de insetos aquáticos Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, os quais possuem necessidade de altas concentrações de oxigênio dissolvido (OD) na água e geralmente são encontrados em ambientes com alta diversidade de habitats (GOULART; CALLISTO, 2003; RIBEIRO; FRENEDOZO, 2011). Já os Chironomidae (Insecta: Diptera) e os Tubificidae e Naididae (Annelida: Oligochaeta) estão praticamente em todos os tipos de ecossistemas aquáticos, principalmente em ambientes impactados e enriquecidos por matéria orgânica (ESTEVES, 1998).

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo sobre a relação entre as variáveis físico-químicas de qualidade da água e a estrutura e composição de comunidade de macroinvertebrados aquáticos amostrados no Rio Jacaré Guaçu-SP, bem como verificar a possibilidade de utilização dessas comunidades no monitoramento do ecossistema deste rio, em complementação ao monitoramento efetuado atualmente pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

## **Metodologia**

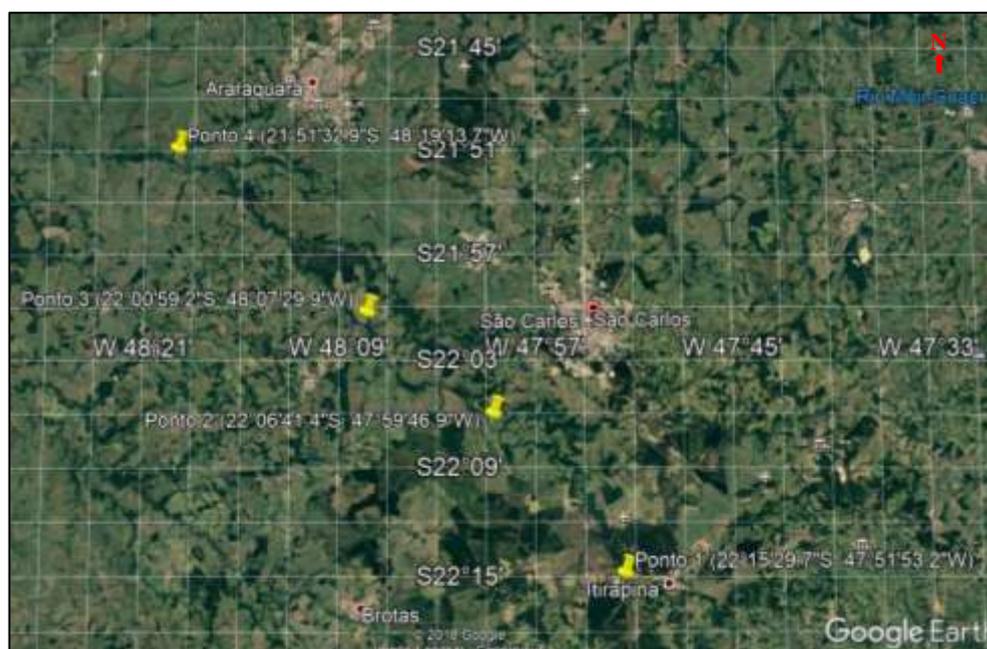
### *Locais de Estudo*

Foram estudados quatro pontos amostrais no Rio Jacaré Guaçu-SP, com 155 km de extensão, cuja sub-bacia se localiza na região central do Estado de São Paulo, fazendo parte da Unidade 13 de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 13 (CETESB, 2016). Os pontos amostrais estão localizados nos municípios de Itirapina, São Carlos, Ribeirão Bonito e Araraquara (vide Figura 1), sendo que nos dois primeiros pontos (1 e 2) o rio está enquadrado na Classe 2 e nos dois últimos (pontos 3 e 4), na Classe 3, de acordo com São Paulo (1977). O Ponto 3 se localiza a jusante da contribuição dos esgotos de São Carlos e o Ponto 4 a jusante das contribuições de São Carlos e Araraquara.

Na região da UGRHI 13 as principais atividades econômicas estão ligadas à agroindústria (cana, açúcar e álcool, cítricos), sendo classificada como em processo de industrialização (CBH-TJ, 2016). O clima desta Unidade, pela classificação de Köppen, é do tipo Cwa – quente e úmido, de inverno seco com temperaturas médias inferiores a 18°C e verão

úmido com temperaturas médias acima de 22°C (EMBRAPA, 2019).

Figura 1. Localização dos pontos amostrais: Itirapina (1), São Carlos (2), Ribeirão Bonito (3) e Araraquara (4).



Fonte: Elaborado pelos Autores (2019), com base no Google Earth (2018).

### *Amostragem*

As coletas dos sedimentos e macroinvertebrados foram realizadas nos meses de outubro/2017, período seco; novembro/2017, início do período chuvoso; março/2018 e abril/2018, término do período chuvoso. Foram realizadas três réplicas em cada ponto de amostragem, coletando-se amostras de sedimento próximas da região marginal, nos quatro pontos amostrais, pelo método de varredura, conforme Pinto et al (2010).

### *Análises físico-químicas*

As variáveis de físico-químicas de qualidade das águas nos pontos amostrais foram determinadas por ocasião das coletas, utilizando-se uma sonda analítica multiparâmetros (YSI 556 MPS), para medir os seguintes parâmetros: temperatura (°C), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), OD (mg/L), sólidos dissolvidos totais (mg/L) e potencial hidrogeniônico (pH).

### *Identificação dos macroinvertebrados*



Os macroinvertebrados coletados foram acondicionados em potes com água do rio e identificados os pontos de coletas e as réplicas. O material foi levado para o laboratório para a lavagem e triagem dos macroinvertebrados colocando-os em bandeja de plástico branca e com o transiluminador debaixo da mesma para facilitar a triagem com a luz. Fez-se a separação dos macroinvertebrados com o auxílio pinça, estilete com ponta fina e pipeta conta gotas. Posteriormente utilizou-se de estereomicroscópio e de chaves de identificação taxonômica dos macroinvertebrados aquáticos até família, de acordo com Mugnai; Nessimian e Fernandes (2010), Segura; Valente-Neto e Fonseca-Gessner (2011).

#### *Determinação das Métricas Biológicas*

Com a intenção de relacionar a qualidade de água e seus reflexos na comunidade de macroinvertebrados aquáticos, algumas métricas e índices bióticos foram determinados. As características da fauna de macroinvertebrados foram estabelecidas por meio da determinação da riqueza de famílias, do total de espécimes coletados, da dominância e do Índice de diversidade de Shannon-Wiener. Foram também determinados a razão entre a quantidade de Chironomide pelo total de indivíduos coletados ( $\text{Chironomidae}/\text{total} \times 100$ ), porcentagem de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera) e o Índice Biótico “Biomonitoring Working Party System” (BMWP). Os cálculos foram efetuados com o auxílio do programa PAST v.3 – Palaeontological Statistics (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

#### *Análise Estatística*

Buscando relacionar os pontos amostrados com base nos dados da ocorrência dos organismos macroinvertebrados foi realizada a análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS) (KRUSKAL; WISH, 1978, MANLY, 2008).

### **Resultados e Discussão**

#### *Caracterização Ambiental*

A caracterização ambiental, realizada nos pontos amostrais e seu entorno é sintetizada no Quadro 1, no qual se evidencia atividade antrópica no entorno do rio.

A existência de áreas de preservação permanente e mata ripária consonantes com a legislação - Código Florestal (BRASIL, 2012), foi verificada apenas no ponto de coleta de Itirapina. Nos demais pontos observou-se estarem essas áreas mais degradadas e com larguras

inferiores ao fixado no referido Código. Foi observada ainda uma tendência de degradação do rio nos pontos estudados, de montante (Itirapina) para jusante (Araraquara), devido a ações antrópicas - intensificação do uso e ocupação do solo e de diversas formas de poluição, como as causadas por lançamento de efluentes e erosão laminar, aumentando o aporte de matéria orgânica (mais Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO) e de sedimentos (maior Turbidez). Os dois pontos mais a jusante (P3 e P4), influenciados pela drenagem das cidades de São Carlos e Araraquara, recebem cargas mais elevadas de poluentes, tendo em vista que, segundo o (IBGE, 2019), essas cidades e respectivos municípios possuem as maiores populações e maior atividade econômica da bacia do Rio Jacaré Guaçu.

Quadro 1. Caracterização ambiental dos pontos amostrais.

Características	Itirapina (1)	São Carlos (2)	Ribeirão Bonito (3)	Araraquara (4)
Uso do solo do entorno	Cana de açúcar e eucalipto	Pastagem e cana de açúcar	Cana de açúcar	Cana de açúcar e ranchos
Poluição	Sem evidência	Sem evidência	Sem evidência	Sem evidência
Erosão local	Não observado	Não observado	Não observado	Não observado
Vegetação Ripária	Árvores e arbustos	Árvores e arbustos	Árvores e arbustos	Árvores e arbustos
Largura média do rio	3 m	15 m	20 m	25m
Cobertura do dossel	Parcial/fechada	Aberta	Aberta	Parcial/Aberta
Componentes do substrato	Detritos grandes, matéria orgânica particulada grossa	Detritos grandes, matéria orgânica particulada grossa	Detritos grandes, matéria orgânica particulada grossa	Detritos grandes, matéria orgânica particulada grossa
Largura da vegetação riparia	30m, nas duas margens	De 15 a 30m, nas duas margens. Pontos na margem esquerda sem vegetação ripária	De 15 a 30m, nas duas margens	Entre 15 e 30m, nas duas margens

Fonte: Autores (2018), baseado no Protocolo Biota FAPESP (SURIANO, 2008; SAULINO; CORBI; CARACCILO, 2011).

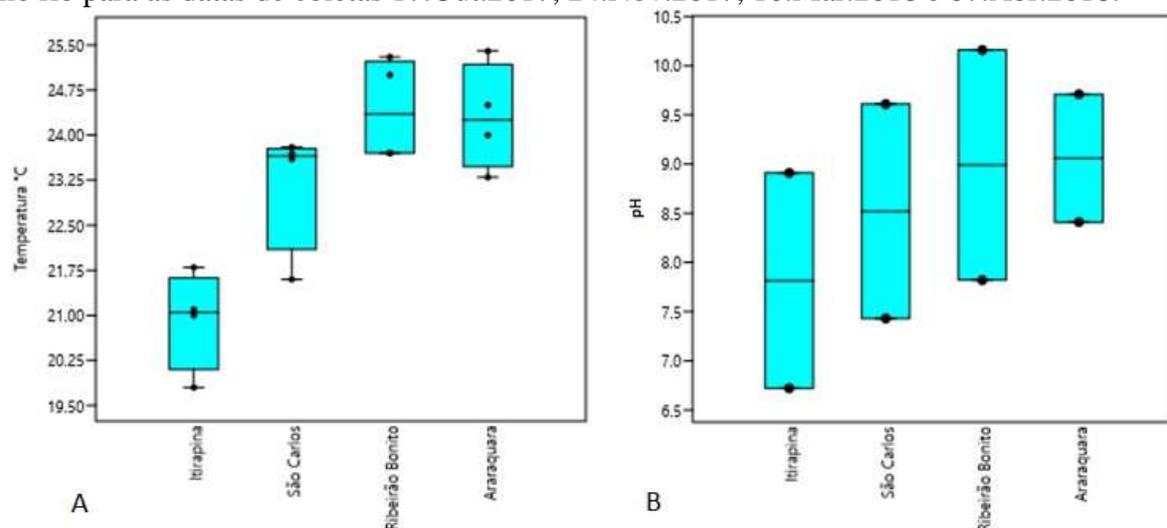
#### *Variáveis Físico-Químicas*

Segundo Silveira (2004) a temperatura da água é um fator importante na regulação das características físicas e bióticas dos cursos d'água, sendo influenciada pelo grau de incidência de luz solar na água. A temperatura tende a aumentar com maior incidência de luz solar e, em contrapartida, ocorre a diminuição da capacidade de solubilização do oxigênio. Os resultados de temperatura da água estão apresentados na Figura 2(A), notando-se valores mais elevados nos pontos de Ribeirão Bonito e Araraquara devido à maior incidência de luz, por ser a cobertura do dossel mais aberta nesses locais e também proporcionalmente menor em relação à área da superfície da água.

As variações do pH da água encontram-se representadas na Figura 2(B). De acordo com Esteves (1998) o pH é uma variável complexa para interpretação, devido aos vários processos químicos e biológicos que o influenciam, como a concentração de íons de  $H^+$ , as reações de íons de carbonato e bicarbonato com moléculas de água, e a quantidade de macrófitas aquáticas, bactérias e animais aquáticos.

Observa-se na Figura 2(B) que, na primeira coleta, todos os pontos estão dentro dos padrões legais estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2005), que estabelece limites de pH entre 6,0 e 9,0 para as quatro classes de água doce. Na segunda coleta, precedida de chuvas, os valores de pH foram bem mais elevados em todos os pontos amostrados, com Itirapina sendo o único local dentro dos limites da Resolução CONAMA 357/2005. Segundo Corbi (2006), valores mais altos de pH podem ser explicados pelo aporte de materiais alóctones que são utilizados para corrigir a acidez do solo (calagem), carregados por lixiviação, tendo todos os pontos de amostragem uma cultura em comum, a cana de açúcar (vide Quadro 1). Suriano (2008) assinala que os impactos causados pela cana de açúcar dependem das práticas agrícolas utilizadas e os fatores que interferem na qualidade das águas relacionam-se com a preparação do solo, aplicação de fertilizantes/agrotóxicos e irrigação.

Figura 2. Valores e médias da temperatura da água (°C) (A) e do pH (B) nos pontos amostrais no rio para as datas de coletas 17.Out.2017, 24.Nov.2017, 10.Mar.2018 e 07.Abr.2018.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2018).

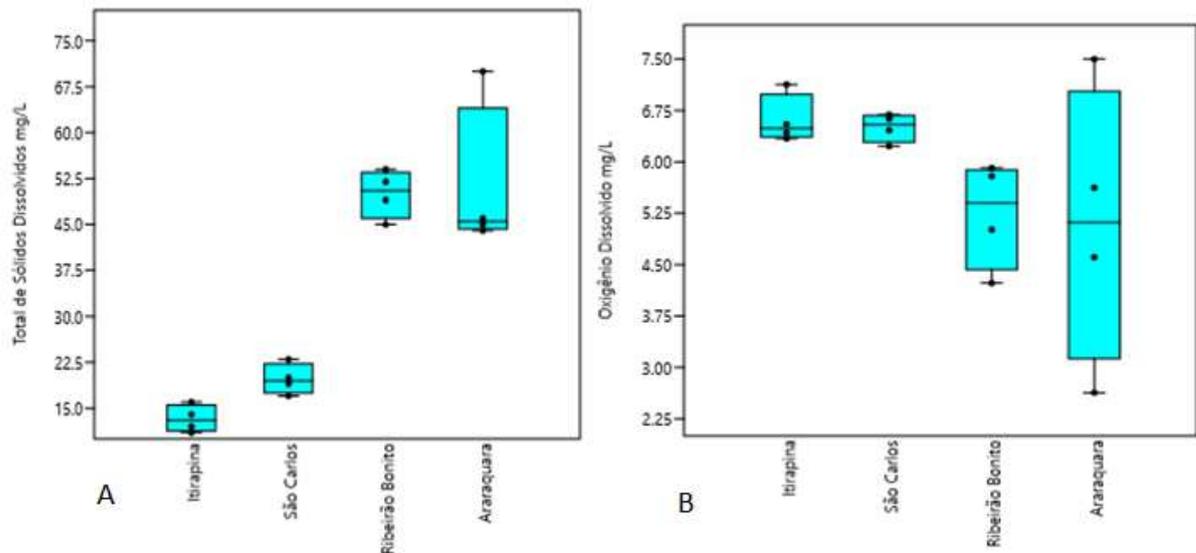
Na Figura 3(A) podem ser observados os valores do teor de sólidos dissolvidos totais, sendo que nos dois primeiros pontos, com menos atividade antrópica, ocorreram os menores valores, entre 11,7 (Itirapina) e 22,7 mg/L (São Carlos). Nos dois pontos subsequentes, Ribeirão Bonito e Araraquara, mais antropizados, há uma nítida elevação deste parâmetro, registrando-se os maiores valores, entre 44,3 e 69,7 mg/L, este último em Araraquara.

Os sólidos dissolvidos totais, segundo Parron, Muniz e Pereira (2011), são devido a dissolução de substâncias na água e podem conter íons orgânicos e inorgânicos que, em concentrações elevadas, indicam poluição e podem ser prejudiciais à vida aquática. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece para este parâmetro o valor máximo de 500,0 mg/L em corpos d'água de Classes 2 e 3 (BRASIL, 2005), notando-se que em todas as coletas os teores de sólidos dissolvidos totais não ultrapassaram o limite legal.

Os resultados relativos ao OD encontram-se na Figura 3(B) e este parâmetro, de acordo com Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008), é uma das variáveis mais relevantes de qualidade da água, pois, além de ser de grande importância ecológica, ele também participa de diversas reações químicas na água. Baixos valores de OD são indicativos, segundo Von Sperling (2007), de poluição por matéria orgânica biodegradável (DBO). A queda do OD no período de cheia pode ser devido à baixa taxa de fotossíntese do fitoplâncton, devido à redução da transparência da água e também com a elevação de sua temperatura ocorre a redução da solubilização do oxigênio, diminuindo o seu teor (ESTEVES, 1998).

Os limites mínimos de OD da Resolução CONAMA 357/2005 para rios de Classes 2 e 3 são respectivamente 5,0 e 4,0 mg/L, verificando-se pela Figura 3(B), que os menores valores encontrados foram nos pontos de Ribeirão Bonito (4,2 mg/L) e Araraquara (3,3 mg/L), relativos à segunda coleta (novembro/2017), sendo de Araraquara o único resultado em desconformidade legal ocorrido. A pequena largura das áreas de preservação permanente nesses pontos, a maior incidência de raios solares no rio (maiores temperaturas), as diversas formas de poluição provenientes do uso e ocupação do solo (maiores teores de sólidos dissolvidos totais), e chuvas quatro dias antes da segunda coleta, foram fatores causadores da diminuição do OD na água e da prevalência dos menores teores em Ribeirão Bonito e Araraquara, corroborando o exposto por Silveira (2004) e Von Sperling (2007).

Figura 3. Valores e médias de Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L) (A) e do OD (mg/L) (B) nos pontos amostrais para as datas de coletas 17.Out.2017, 24.Nov.2017, 10.Mar.2018 e 07.Abr.2018.

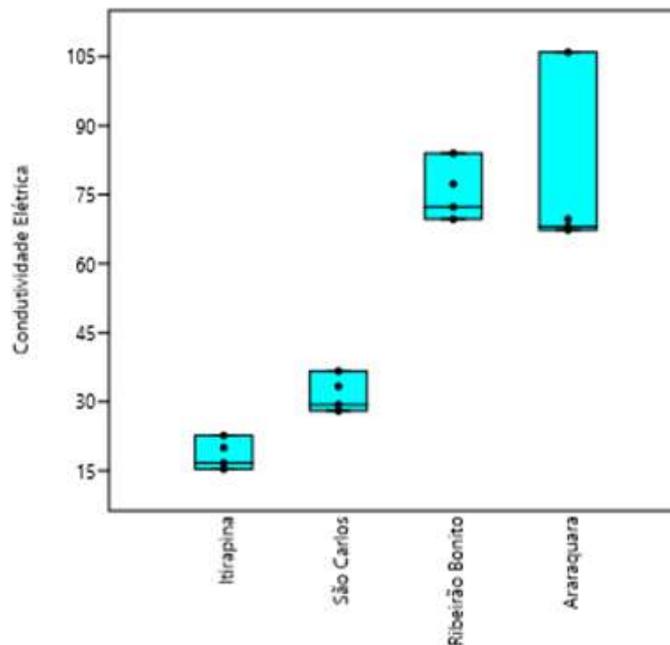


Fonte: Elaborado pelos Autores (2018).

A Figura 4 apresenta os valores de condutividade elétrica da água, sendo que o maior registro foi no ponto de Araraquara, com 106  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Segundo Esteves (1998) a condutividade é uma das variáveis mais importantes, por fornecer informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático como também sobre fenômenos na sua bacia de drenagem. Ela depende das concentrações iônicas e da temperatura da água e representa uma medida indireta do teor de poluentes, sendo que níveis de condutividade superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados (CETESB, 2017); porém, não possui limites legais (BRASIL, 2012).

Os valores de condutividade elétrica mais elevados nos pontos amostrais de Ribeirão Bonito e Araraquara confirmam também a tendência de maior nível de poluição nesses locais em relação aos dois primeiros pontos, Itirapina e São Carlos, consonante com os resultados obtidos por Ribeiro et al. (2016) em seu estudo na bacia do Ribeirão Anicuns, em Goiânia - GO.

Figura 4. Valores e médias da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nos pontos amostrais para as datas de coleta 17.Out.2017, 24.Nov.2017, 10.Mar.2018 e 07.Abr.2018.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2018).

Em suma, os resultados das variáveis físico-químicas, marcadamente distintos para os pontos mais antropizados e poluídos de Ribeirão Bonito e Araraquara – maiores valores de temperatura, sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica, e menores valores de OD, vão ao encontro do exposto no Quadro 1 e também por diversos autores (SILVEIRA, 2004; VON SPERLING, 2007; PARRON; MUNIZ E PEREIRA, 2011; RIBEIRO et al., 2016).

#### *Estrutura das Comunidades de Macroinvertebrados Aquáticos*

Quanto aos resultados relativos aos macroinvertebrados aquáticos, foram coletados 2133 espécimes, distribuídos nos filos Arthropoda e Anellida e identificados em nível de família, utilizando-se as chaves de identificação taxonômica. Durante os períodos de coleta foram encontrados organismos das ordens Ephemeroptera e Trichoptera, mas nenhum Plecoptera. No Quadro 2 é mostrada a ocorrência dos espécimes por coleta e por ponto amostral.

A grande quantidade de organismos ocorridos na primeira coleta se deve à menor precipitação de chuva nessa época do ano (outubro), com uma diminuição de velocidade e vazão. Sendo assim, sem um processo mais acentuado de lixiviação do sedimento, os macroinvertebrados aquáticos têm maior facilidade de permanecer no mesmo. Nas coletas subsequentes (novembro a abril) ocorreu um menor número de indivíduos o que,

provavelmente, se deve a precipitações anteriores aos dias de coleta, com um aumento de velocidade e vazão do rio e consequente aumento da lixiviação do sedimento.

Quadro 2. Quantidade de macroinvertebrados coletados e identificados nas quatro coletas por ponto amostral, Itirapina (ITP), São Carlos (SCL), Ribeirão Bonito (RIB) e Araraquara (ARQ).

Táxons	1ª Coleta				2ª Coleta				3ª Coleta				4ª Coleta			
	ITP	SCL	RIB	ARQ	ITP	SCL	RIB	ARQ	ITP	SCL	RIB	ARQ	ITP	SCL	RIB	ARQ
<b>ARTHROPODA</b>																
<b>Collembola</b>																
<b>Entomobryomorpha</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Isotomidae	0	2	6	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insecta</b>																
<b>Colleoptera</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Dytiscidae	0	0	0	3	9	3	1	1	0	0	0	1	5	1	0	0
Elmidae	3	2	0	0	6	1	0	0	5	1	0	0	1	1	0	0
Hydrophilidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lutrochidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noteridae	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Diptera</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Ceratopogonidae	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Chironomidae	8	0	4	14	2	0	21	7	0	5	4	9	4	9	1	1
Culicidae	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabanidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ephemeroptera</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Baetidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Leptohyphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Oligoneuriidae	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Hemiptera</b>	<b>3</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Belostomatidae	0	32	0	0	0	11	4	0	0	1	1	0	0	1	1	0
Corixidae	0	2	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	1	0
Nepidae	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pleidae	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Lepidoptera</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Geometridae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyralidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Odonata</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>18</b>
Calopterigidae	1	0	2	11	0	1	0	0	0	4	1	2	0	3	8	11
Dicteriidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Gomphidae	0	0	0	1	0	0	0	0	3	5	0	0	0	3	0	0
Libellulidae	0	0	1	3	1	1	1	0	5	22	1	7	4	14	3	7
<b>Trichoptera</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Hydropsychidae	1	3	0	0	0	5	2	0	1	1	1	0	0	5	0	0
Philopotamidae	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
<b>ANELLIDA</b>																	
<b>Hirudinea</b>																	
<b>Rhynchobdellida</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	
Glossiphoniidae	0	0	1	20	0	0	11	0	0	0	0	3	0	3	1	0	
<b>Oligochaeta</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>663</b>	<b>0</b>	<b>29</b>	<b>113</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>173</b>	<b>192</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>245</b>	<b>201</b>	<b>11</b>	
Naididae	0	0	2	620	0	28	112	6	3	128	104	7	1	108	176	10	
Tubificidae	3	0	36	43	0	1	1	2	0	45	88	9	0	137	25	1	
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>41</b>	<b>61</b>	<b>718</b>	<b>26</b>	<b>51</b>	<b>161</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>217</b>	<b>199</b>	<b>38</b>	<b>22</b>	<b>281</b>	<b>216</b>	<b>31</b>

Fonte: Elaborado pelos Autores (2018).

Os Oligochaetas (famílias Naididae e Tubificidae), foram a classe com maior número de espécimes coletados, com 1696 indivíduos, sendo identificados como família Naididae 1305 organismos, representando 61,2% dos exemplares e família Tubificidae 391 organismos, representando 18,3%. Depois vieram outros grupos, como a família Chironomidae (Diptera) com 89 organismos, 4,2%, a família Libellulidae (Odonata) com 70 exemplares, 3,3%, e a Belostomatidae (Hemiptera) com 51 exemplares, 2,4%, dentre as 31 famílias identificadas.

A partir dos dados relativos aos organismos, apresentados no Quadro 2, foram determinadas medidas de diversidade das comunidades, sendo que os resultados das suas métricas, nos quatro pontos estudados, podem ser visualizados no Quadro 3.

Quadro 3. Características das comunidades e valores de suas métricas nos pontos amostrais.

Métricas	Itirapina	São Carlos	Ribeirão Bonito	Araraquara
Riqueza de famílias	20	19	17	13
Total de Espécimes coletados	102	590	637	804
Dominância	0,12	0,30	0,44	0,64
Índice de Shannon-Wiener	2,36	1,57	1,23	0,85

Fonte: Autores (2018).

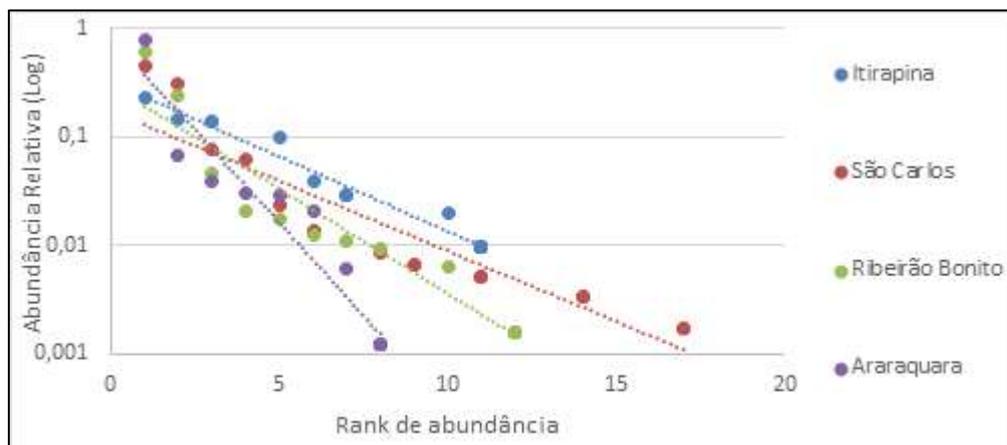
O maior valor do Índice de diversidade de Shannon-Wiener foi em Itirapina e está relacionado com a qualidade do ecossistema, com maior número de famílias coletadas e baixo valor para dominância, demonstrando uma maior diversidade e qualidade ambiental neste ponto, em comparação aos outros três pontos. Segundo Suriano (2008), nas comunidades onde há táxons dominantes, os resultados dos índices de diversidade tendem a ser mais baixos, ocorrendo em regiões sem mata ripária ou expostas a fatores de estresse.

Nos pontos amostrais de Ribeirão Bonito e Araraquara o número de famílias coletadas

foi menor, mas ocorreu uma dominância de Naididade e Tubificidae, resultando baixos valores para o índice Shannon-Wiener.

A Figura 5 ilustra a qualidade ambiental em cada ponto amostral através da abundância, verificando-se novamente dominância de organismos nos pontos de Ribeirão Bonito e Araraquara, enquanto a riqueza de espécies diminui, contrapondo-se aos pontos de Itirapina e São Carlos.

Figura 5. Diagrama de abundância nos pontos amostrais, nas quatro coletas.



Fonte: FRIGO (2018).

Nota-se que Itirapina e São Carlos estão com os valores de ranque de abundância maiores, indicando, portanto, uma melhor qualidade ambiental por terem maior número de famílias coletadas, com o índice de dominância baixa.

#### *Métricas de Avaliação da Qualidade da Água*

No Quadro 4 encontram-se apresentados os resultados dos valores das métricas aplicadas na avaliação da qualidade da água nos quatro pontos estudados.

Quadro 4. Valores das métricas de avaliação da qualidade da água nos pontos amostrais.

Métricas	Itirapina	São Carlos	Ribeirão Bonito	Araraquara
(Chironomidae/total) x100	0,65	0,65	1,40	1,45
%EPT	25	11	0	7
BMWP	86	76	57	54

Fonte: Elaborado pelos Autores (2018).

Pelo Quadro 4, verifica-se que Itirapina teve a maior %EPT dos quatro pontos amostrais, indicando baixo impacto ambiental em relação aos demais; o BWMP classificou a

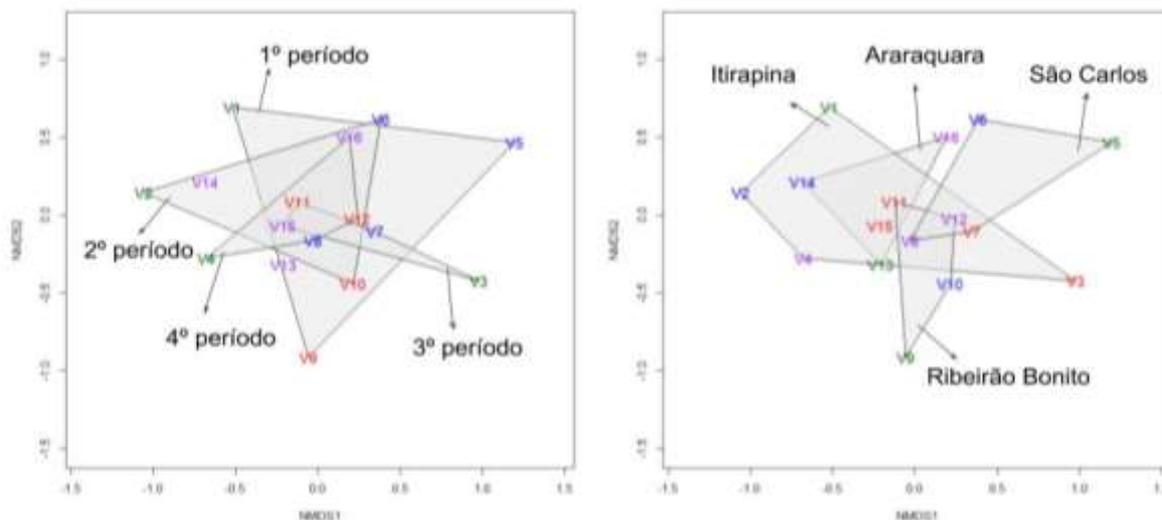


qualidade da água excelente, a porcentagem de Chironomidae foi baixa, pH, OD e sólidos totais dissolvidos estão dentro dos valores estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357/2005, corroborando com o BWMP mais elevado. Campagna (2010) em seu trabalho na bacia do Alto Jacaré Guaçu, obteve OD entre 5,0 e 7,0 mg/L e condutividade elétrica na água menos que 0,05  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , indicadores de baixa poluição. No ponto amostral de São Carlos o BWMP indicou a qualidade da água como boa, com pouca presença de Chironomidae e %EPT baixa. Souza e Tundisi (2000) registraram em local próximo ao ponto de São Carlos pH 5,8, OD 8,4mg/L e condutividade elétrica na água de 21,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , também indicando baixa poluição. Tais resultados são corroborados pelos obtidos no trabalho de Ferreira et al. (2012), em que Riqueza, % EPT e BMWP foram diretamente proporcionais às elevadas concentrações de OD e baixos valores de condutividade elétrica, Nitrogênio Total e Fósforo Total.

Em relação à qualidade da água nos pontos de Ribeirão Bonito e Araraquara, ambos Classe 3, o BMWP classificou a qualidade como regular. As porcentagens de Chironomidae/total x 100 foram elevadas em relação aos pontos de montante (Itirapina e São Carlos), sendo o Chironomidae um grupo com grande presença em ambientes impactados. Segundo Goulart e Callisto (2003), eles são considerados organismos resistentes a alterações ambientais na água, com capacidade de viver como pouco OD, se alimentam de matéria orgânica depositada no sedimento favorecendo sua adaptação em diversos ambientes, além de ter hábito fossorial, não possuindo nenhum tipo de exigência quanto à diversidade de habitats. As porcentagens de EPT foram mais baixas, sendo nula para Ribeirão Bonito e de 0,22 para Araraquara, indicando ambientes impactados. Por outro lado, Souza e Tundisi (2000) registraram em local próximo ao ponto de Ribeirão Bonito pH 6,7, OD 5,4mg/L e condutividade elétrica na água de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Pareschi (2008) registrou próximo ao ponto de Araraquara, à sua jusante, pH, condutividade elétrica e OD dentro dos limites da Resolução CONAMA n° 357/2005.

A análise estatística de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS), foi realizada verificando-se, inicialmente, quanto a variação no banco de dados foi capturada pela análise de ordenação. O resultado indicou que a análise era viável, demonstrando que boa parte da diferença entre locais é capturada pela distância na ordenação (Non-metric fit  $R^2 = 0.96$ ). Sendo a análise viável, utilizou-se o nMDS de duas formas (gráficos), conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6. Diagrama de ordenação dos pontos amostrais do rio em relação aos organismos coletados.



Nota: No gráfico à esquerda, os polígonos representam os períodos de coleta e as cores os pontos amostrais do rio, sendo: verde – Itirapina; azul – São Carlos; vermelho – Ribeirão Bonito; Roxo – Araraquara. No gráfico à direita, os polígonos representam os pontos amostrais do rio e as cores os períodos de coleta, sendo: verde – coleta 1; azul – coleta 2; vermelho – coleta 3; roxo – coleta 4.

Fonte: FRIGO (2018).

Analisando o padrão gerado, é possível observar que, no gráfico da esquerda não há uma sincronia temporal significativa na variação da composição das comunidades e, no gráfico da direita existe uma maior dispersão dos polígonos, significando uma diferença maior entre os pontos amostrais, mesmo considerando a variação temporal deles. Em Itirapina observa-se uma maior variação temporal na composição das comunidades de macroinvertebrados, sendo que esta variação temporal elevada pode ser caracterizada como uma alta diversidade beta temporal.

Portanto, pode-se concluir que a variação espacial influencia mais do que a variação temporal nos resultados, isto é, de um ponto amostral para outro, numa mesma campanha, os resultados variam mais do que os de uma coleta para outra, em um mesmo ponto. Isto mostra a influência do processo de antropização, maior nos pontos de jusante (Ribeirão Bonito e Araraquara), dos que no de montante (Itirapina e São Carlos).

## Conclusões

- Os resultados gerados pela aplicação do Protocolo de Caracterização Ambiental



mostram que todos os pontos do estudo apresentaram atividades do agronegócio, como cana de açúcar (a atividade principal, comum a todos os pontos de amostragem), pastagem e eucalipto. O local mais preservado é o de Itirapina, com maior cobertura vegetal e, nos outros pontos, observa-se que a largura da vegetação ripária é variável e menor.

- Os ambientes aquáticos classificados como rios Classe 2 (Itirapina e São Carlos) apresentaram uma comunidade bentônica mais diversa e com maior representatividade de organismos sensíveis à poluição, como os Ephemeroptera e Trichoptera. O índice BMWP indicou a qualidade da água no ponto de Itirapina como excelente, o que foi corroborado com os resultados dos índices de Shannon-Wiener e dominância e do nNMDS.
- Nos pontos mais impactados, Ribeirão Bonito e Araraquara houve a dominância de Oligochaeta e a qualidade da água, conforme o BMWP, foi regular, o que foi também corroborado pelos índices de Shannon-Wiener e dominância e pelo nNMDS. Os resultados evidenciaram que esses pontos, enquadrados na Classe 3, apresentam maior grau de comprometimento em relação à qualidade da água.
- Os vários índices biológicos e de diversidade utilizados mostraram ser ferramentas importantes para a compreensão da estrutura da comunidade bentônica e, de um modo geral, os resultados obtidos neste trabalho a partir da estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos e da aplicação dos índices BMWP e de Estado Trófico, mostraram-se coerentes com os resultados encontrados para as variáveis físico-químicas da água.
- O trabalho aponta a viabilidade e utilidade de se empregar os bioindicadores macroinvertebrados aquáticos no monitoramento do Rio Jacaré Guaçu-SP, mostrando que esses indicadores e respectivos índices bióticos a eles associados indicam condições de qualidade da água coerentes/ compatíveis com as condições verificadas por meio do monitoramento de parâmetros físico-químicos.
- Por fim, recomenda-se incluir a bacia hidrográfica do Rio Jacaré Guaçu na rede de sedimentos do programa de monitoramento das águas interiores do estado de São Paulo, com a amostragem sistemática da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, tendo em vista a importância regional deste rio e o interesse para a comunidade científica das



universidades de Araraquara e São Carlos, que têm realizado inúmeras pesquisas sobre o tema na referida bacia.

## Referências

- BARBOUR, M T. *et al.* *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers.* USEPA, Washington, 1999. Disponível em: <http://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1164.pdf>. Acesso em 22 jan.2017
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18/03/2005.
- BRASIL. Leis, Decretos...Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa em áreas de preservação permanente, reserva legal, uso restrito, exploração florestal e assuntos relacionados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28/05/2012.
- CAIRNS, J; PRATT, J. R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**, v. 10, p. 27, 1993.
- CAMPAGNA, A. F. *Estudos limnológicos e ecotoxicológicos da bacia do Alto Jacaré-Guaçu com ênfase no desenvolvimento de sedimentos artificiais para avaliação da toxicidade do cromo* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- CBH-TJ - Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré. *Relatório de situação dos recursos hídricos - 2016*. São Paulo. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhtj/documentos#> Acesso em: 12 dez.2016.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Qualidade das Águas Doces no Estado de São Paulo - 2016*. São Paulo, CETESB, 2017. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2017.
- CORBI, J. J. *Influência de práticas de manejo de solo sobre os macroinvertebrados aquáticos de córregos: ênfase para o cultivo de cana-de-açúcar em áreas adjacentes* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Clima*. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm> . Acesso em: 21 out.2019.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998.



- FERNANDES, A. C. M. *Macroinvertebrados bentônicos como indicadores biológicos de qualidade da água: proposta para elaboração de um índice de integridade biológica* (Tese de Doutorado). Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- FERREIRA, W. R. et al. Biomonitoramento de longo prazo da bacia do Rio das Velhas através de um índice multimétrico bentônico. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 17(3): 2012, 253-259.
- FRIGO, F. *Contribuição para o biomonitoramento do rio Jacaré Guaçu-SP pela utilização de macroinvertebrados aquáticos* (Dissertação de Mestrado). Universidade de Araraquara, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, Araraquara, 2018.
- GOULART, M. D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 153-164, 2003.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST - Palaeontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Eletrônica** 4(1): v. 25, n. 7; 2001. p. 2009.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Conheça cidades e estados do Brasil*. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 06 nov. 2019.
- KRUSKAL, J. B.; WISH, M. *Multidimensional Scaling*. Sage Publications, Thousands Oaks, CA, 1978.
- KUHLMANN, M. L. et al. *Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB, 2012. Disponível em: <http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2015/01/protocolo-biomonitoramento-2012.pdf>. Acesso em: 20 out.2016.
- MANLY, B. F. J. *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução*, 3ª ed., Bookman, Porto Alegre, RS, 2008. 228 p.
- MARGALEF, F. *Limnologia*. Barcelona: Omega, 1983.
- MUGNAI, R; NESSIMIAN, J. L.; FERNANDES, D. *Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. 176 p.
- PARESCHI, D. C. *Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade da água em rios e reservatórios da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré (SP)* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.



- PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2011. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15440973.pdf> . Acesso em 19.Fev.2018.
- PINTO, A. S. et al. Levantamento dos macroinvertebrados aquáticos do Córrego Lagoa Serena, Instituto de Biotecnologia, UNIARA: avaliação do possível impacto ambiental do represamento. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 13, n. 2, p. 114-123, 2010.
- QUEIROZ, J. F. de; SILVA, M. S. G. M.; TRIVINHO-STRIXINO, S. *Organismos bentônicos: biomonitoramento de qualidade de água*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 8-25, 2008. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroBentonicos.pdf> . Acesso: 15 Jul. 2016.
- RIBEIRO, T. G. et al. Estudo da qualidade das águas por meio da correlação de parâmetros físico-químicos, bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns. **Geochimica Brasiliensis** 84 30(1): 84-94, 2016.
- RIBEIRO, A. C.; FRENEDOZO, R. C. *Utilização dos táxons Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) e Díptera na avaliação da qualidade da água em ambientes lóticos*. VII Jornada de Iniciação Científica. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.
- RODRIGUES, M. P. *Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas* (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo-USP, São Carlos, 2001.
- SÃO PAULO (1977). Decreto Estadual Nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto Estadual Nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 23 nov. 1977.
- SAULINO, H. H. L.; CORBI, J. J.; CARACCIOLI, L. C. Avaliação da qualidade da água da nascente do Ribeirão das Anhumas (Araraquara-SP) através do estudo dos macroinvertebrados aquáticos. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 14, n. 1, p. 17-29, 2011.
- SEGURA, M. O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A. A. Chave de famílias de Coleoptera aquáticos (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, 2011.
- SILVEIRA, M. P. *Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, Documentos 36, 2004. Disponível em: [http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos\\_36.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_36.pdf). Acesso em: 15.Jul.2016.
- SOUZA, A. D. G.; TUNDISI, J. G. Hydrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-Guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 4,

p. 563-570, 2000. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-71082000000400004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-71082000000400004&script=sci_arttext) . Acesso em: 15.Mar.17.

SURIANO, M. T. *Macroinvertebrados em córregos de baixa ordem sob diferentes usos do solo no estado de São Paulo: subsídios para o biomonitoramento* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

TUNDISI, J. G *et al.* A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 159-172, 2008.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

VON SPERLING, M. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Olavo Nardy, da Universidade de Araraquara e ao Prof. Dr. Victor Satoru Saito, do Departamento de Ciências Ambientais da UFSCar, pelas sugestões e pela elaboração, respectivamente, do gráfico da Figura 5 e dos gráficos da Figura 6.