



Estado do Paraná

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM UM RIO SUBTROPICAL

Loana Priscila Mangolin

Toledo – Paraná – Brasil

2016



Estado do Paraná

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM UM RIO SUBTROPICAL

Loana Priscila Mangolin

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/*Campus* Toledo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Paulo Vanderlei Sanches
Co-orientador: Nyamien Yahaut Sebastien

ABRIL/2016
Toledo – PR

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

M277e Mangolin, Loana Priscila
Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um rio subtropical / Loana Priscila Mangolin. -- Toledo, PR : [s. n.], 2016.
34 f. : il. (algumas color.), figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Vanderlei Sanches
Coorientador: Prof. Dr. Nyamien Yahaut Sebastien
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Ciências ambientais - Dissertações 2. Qualidade ambiental 3. Macroinvertebrados benthônicos - Rios e riachos 4. Chironomidae (Diptera: Insecta) - Comunidades, Ecologia de 5. Chironomidae (Diptera: Insecta) - Variação espaço-temporal - São Francisco Verdadeiro, Rio 6. Chironomidae (Diptera: Insecta) - Taxonomia I. Sanches, Paulo Vanderlei, orient. II. Sebastien, Nyamien Yahaut, coorient. III. T

CDD 20. ed. 595.771098162

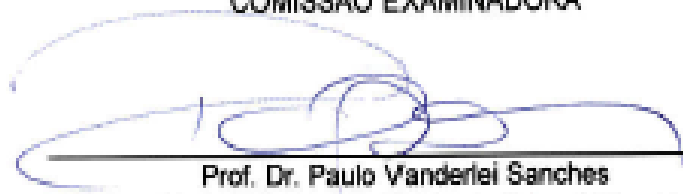
FOLHA DE APROVAÇÃO

LOANA PRISCILA MANGOLIN

"Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um rio subtropical"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Paulo Vanderlei Sanches
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)



Profª. Dra. Yara Moretto
Universidade Federal do Paraná



Prof. Dr. Dirceu Baumgartner
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Aprovada em: 10 de fevereiro de 2016.
Local de defesa: Auditório do GERPEL – UNIOESTE/campus de Toledo.

SUMÁRIO

Resumo ----- 06

Introdução ----- 07

Materiais e Métodos ----- 09

Resultados ----- 12

Discussão ----- 18

Conclusão ----- 22

Referências ----- 23

Anexos ----- 29

Apêndices ----- 31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização pontos amostrados de macroinvertebrados bentônicos no rio São Francisco Verdadeiro. -----	09
Figura 2. Abundância relativa dos grupos de macroinvertebrados bentônicos capturados no período de abril de 2013 a abril de 2014 no do Rio São Francisco Verdadeiro. -----	12
Figura 3. Atributos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos: Riqueza (S), Equitabilidade (E) e Diversidade (H), obtidos para cada ponto de coleta do Rio São Francisco Verdadeiro. -----	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas geográficas e características dos pontos amostrados no rio São Francisco Verdadeiro. -----	10
Tabela 2. Composição taxonômica da comunidade bentônica e abundância relativa (%) por ponto de coleta. -----	14
Tabela 3. Resultados da PERMANOVA baseada na matriz de similaridade de Bray- Curtis para a comunidade bentônica do Rio São Francisco Verdadeiro ($p < 0,05$).-----	15
Tabela 4. Resultados da análise de componentes principais (PCA). Para cada eixo são mostrados o autovalor, valor de Broken-Stick, a variância explicada e acumulada e os autovetores das variáveis físico-químicas.-----	16
Tabela 5. Porcentagem de contribuição cumulativa das famílias entre os pontos amostrados, verificado através da análise SIMPER. -----	17
Tabela 6. Porcentagem de contribuição cumulativa das famílias entre as estações do ano, verificado através da análise SIMPER. -----	17
Tabela 7. Resultados das análises físicas e químicas da água (média $\pm$ desvio padrão) para os pontos amostrados durante os períodos estacionais, juntamente com as referências da legislação do CONAMA 357/05. -----	18

RESUMO

MANGOLIN, L.P. ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM UM RIO SUBTROPICAL. 10/02/2016. 34p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo 08/04/16.

Os ecossistemas de água doce abrigam uma grande diversidade de organismos e um dos grupos de animais que vivem nesses ecossistemas são os macroinvertebrados bentônicos. Esses animais são considerados muito importantes, pois cumprem um papel fundamental na transferência de energia dos recursos basais para os níveis tróficos mais elevados das cadeias alimentares. Compreender como esses grupos se estruturam, a sua composição e diversidade auxilia na avaliação das características do ambiente aquático no qual eles habitam. Dessa forma, visando compreender os padrões de distribuição dos táxons em diferentes escalas espaciais e temporais, este estudo teve por objetivos: I) Realizar um levantamento taxonômico, a fim de II) verificar a existência de diferença espacial (entre os pontos de amostragem) e temporal (estações do ano) e III) possíveis relações entre alguns fatores ambientais com o padrão de distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um trecho de um rio subtropical (Rio São Francisco Verdadeiro) na região oeste do estado do Paraná. O estudo foi realizado em uma região próxima a cidade de Toledo, durante o período de abril de 2013 a abril de 2014. As coletas foram quinzenais, utilizando substratos artificiais. Também foram realizadas análises físico-químicas da água, onde os resultados foram comparados aos padrões brasileiros de qualidade de água par as águas doces Classe 2 (Resolução CONAMA nº 357/2005). Os dados foram submetidos a análises estatísticas. Nos resultados obtidos verificou-se uma variação espaço-temporal na composição e diversidade de famílias da comunidade de macroinvertebrados bentônicos onde as menores diversidades foram encontradas no ponto 6. As variáveis físico-químicas tiveram influência na distribuição, diversidade e composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, no qual somente o ponto 6 encontrou-se fora dos padrões permitidos pelo CONAMA para Classe 2. Baseados nos resultados obtidos, pode-se concluir que o trecho analisado do rio São Francisco Verdadeiro encontra-se em boas condições ambientais, exceto o ponto 6, que sofre influência direta do trecho urbano da cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros físico-químicos; Chironomidae; Qualidade ambiental.

ABSTRACT

MANGOLIN, L.P. STRUCTURE OF COMMUNITY BENTHIC MACROINVERTEBRATE IN A SUBTROPICAL RIVER. 10/02/2016. 34p. Thesis (MA) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo 08/04/16.

Freshwater ecosystems are home to a wide variety of organizations and one of the animals groups that live in these ecosystems are the benthic macroinvertebrates. These animals are considered very important as they play a key role in energy transfer from the basal resources for the trophic levels more high food chains. Understanding how these groups are structured, their composition and diversity assists in the evaluation of the characteristics of the aquatic environment in which they live. Thus, to understand the taxa distribution patterns at different spatial and temporal scales, this study aimed to: I) Carry out a faunal survey in order to II) to verify the existence of spatial difference (between sampling points) and temporal (seasons) and III) possible relationships between some environmental factors with the distribution pattern of benthic macroinvertebrate community in an excerpt from a subtropical river (Rio São Francisco True) in the western region of Parana state. The study was conducted in a region near the city of Toledo during the period April 2013 to April 2014. The collections were fortnightly using artificial substrates also physico-chemical analysis of water were held, where the results were compared to standards Brazilian water quality pair freshwaters Class 2 (CONAMA nº 357/2005). The data were subjected to statistical analysis. On results there was a spatio-temporal variation in the composition and diversity of families of the benthic macroinvertebrate community where the smallest differences were found in point 6. The physico-chemical variables had influence in the distribution, diversity and composition of benthic macroinvertebrate community in which only point 6 met outside the standards allowed by CONAMA for Class 2. Based on the results, we can conclude that the analyzed stretch of the São Francisco True river is environmentally sound, except point 6 who suffers direct influence of the urban section of the city.

KEYWORDS: Physical and chemical parameters; Chironomidae; Environmental Quality.

ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM UM RIO SUBTROPICAL

[Preparado de acordo com as normas da revista Ecological Indicators]

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de água doce abrigam uma grande diversidade de animais e plantas (Jonsson, Malmqvist e Hoffsten, 2001), e mesmo sendo expressiva sua importância para a vida, esses ambientes vêm sofrendo fortes impactos provocados por fatores antrópicos. A queda em volume e qualidade, em decorrência ao aumento da utilização na agricultura, indústria e urbanização, está em estado alarmante ocasionando impactos relevantes aos recursos hídricos. Essa agressão vem afetando diretamente as propriedades da água em várias regiões por todo o planeta (JORCIN e NOGUEIRA 2008).

Segundo Buss, Oliveira e Baptista (2008) a realização do monitoramento da água são utilizados parâmetros físico-químicos e biológicos. As análises físico-químicas são fundamentais para caracterizar e classificar a qualidade da água, porém esses parâmetros refletem a qualidade da água no momento da amostragem, não permitindo uma avaliação dos efeitos da poluição nos seres vivos, enquanto que o monitoramento utilizando as comunidades biológicas permitem obter informações mais leais as condições ambientais, visto que esses seres vivos estão continuamente expostos à poluição.

Considerados como ótima ferramenta para avaliação da qualidade dos ecossistemas aquáticos, os macroinvertebrados bentônicos vivem nos ecossistemas tanto de água doce como de água salgada (Ruaro et al., 2016). Além disso, contribuem para processos ecológicos no ambiente aquático, consomem grandes quantidades de algas e outros microrganismos e constituem um elemento essencial da dieta de muitos vertebrados e invertebrados, cumprindo um papel fundamental na transferência de energia dos recursos basais para os níveis tróficos mais elevados das cadeias alimentares (HANSON, SPRINGER e RAMIREZ, 2010; BAGATINI, DELARIVA, e HIGUTI, 2012; LADRERA, RIERADEVALL e PRAT, 2013; PINA, et al.; 2013).

A comunidade bentônica é representada por vários grupos taxonômicos como os platelmintos, anelídeos, moluscos, crustáceos, aracnídeos e insetos. Estes organismos habitam principalmente os sedimentos ou macrófitas, troncos, folhas, pedras, entre outros, que constituem os leitos de sistemas

lóticos e lênticos. Alguns podem ser encontrados na superfície ou nadando na coluna d'água. Seu tamanho é geralmente maior que 0,22 mm de diâmetro e ficam retidos em malha com abertura que varia de 200 a 500 micrômetros (ROSENBERG e RESH, 1993; ROQUE et al., 2003; MUGNAI, NESSIMIAN e BAPTISTA, 2010; LI et al., 2016).

Uma das características que conferem aos macroinvertebrados bentônicos uma alta potencialidade como bioindicadores ambientais é a de possuir limites de tolerância a diferentes alterações do meio. Quando as condições do meio variam alguns organismos se comportam como intolerantes ou sensíveis a essa mudança, enquanto outros são tolerantes e não são afetados com a mudança (ALBA-TERCEDOR, 1996). De acordo com Ladrera, Rieradevall e Prat (2013), alguns táxons de macroinvertebrados possuem níveis de tolerância variada para diferentes tipos de distúrbios do ecossistema. Assim, é possível associar à presença de diferentes grupos de macroinvertebrados a existência ou não de um distúrbio particular. Vários estudos estão sendo feitos sobre a relação da fauna de macroinvertebrados bentônicos e a distribuição de espécies com os fatores ambientais. Porém ainda se encontra muita dificuldade sobre o assunto, pois se tem pouco conhecimento taxonômico desses invertebrados e sobre a dinâmica dos ecossistemas aquáticos (POFF et al., 2006).

A distribuição e diversidade de macroinvertebrados bentônicos são afetadas por diversos fatores bióticos e abióticos como velocidade da corrente, tipo de substrato, oxigênio dissolvido, luminosidade, temperatura da água, matéria orgânica dissolvida entre outros. Fatores esses que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais. Quaisquer alterações desses parâmetros podem refletir diretamente na composição dos macroinvertebrados, e indicar as condições ecológicas do local que habitam (JONASSON, 1996; BROSSE, ARBUCKLE e TOWNSEND, 2003).

A complexidade do habitat pode ser determinante para a composição e estrutura da comunidade local. A heterogeneidade do ambiente sugere que um maior número de habitats disponíveis que permitem uma maior diversidade de espécies. Essa relação está ligada à maior disponibilidade de alimento e abrigo contra predação, permitindo uma maior coexistência com outras espécies (TOWNSEND, BEGON e HARPER, 2006).

Dessa forma, visando compreender os padrões de distribuição dos táxons em diferentes escalas espaciais e temporais, este estudo teve por objetivos: *I*) Realizar um levantamento taxonômico, *II*) verificar se existe diferença espacial (entre os pontos de amostragem) e temporal (estações do ano) e *III*) possíveis relações entre os fatores físico-químicos com o padrão de distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um trecho do Rio São Francisco Verdadeiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no rio São Francisco Verdadeiro que está localizado na região Oeste do Paraná (Figura 1). Possuindo 72,1 km de extensão, o rio São Francisco Verdadeiro pertence à Bacia Hidrográfica do Paraná III. Sua nascente está localizada na cidade de Cascavel-PR e desagua no lago da Usina Hidrelétrica de Itaipu no município de Entre Rios do Oeste. Para a realização das amostragens foram determinados 6 pontos de coleta (P1 a P6), distribuídos no sentido cabeceira-foz, sendo que a caracterização dos pontos de coleta é apresentada na tabela 1.

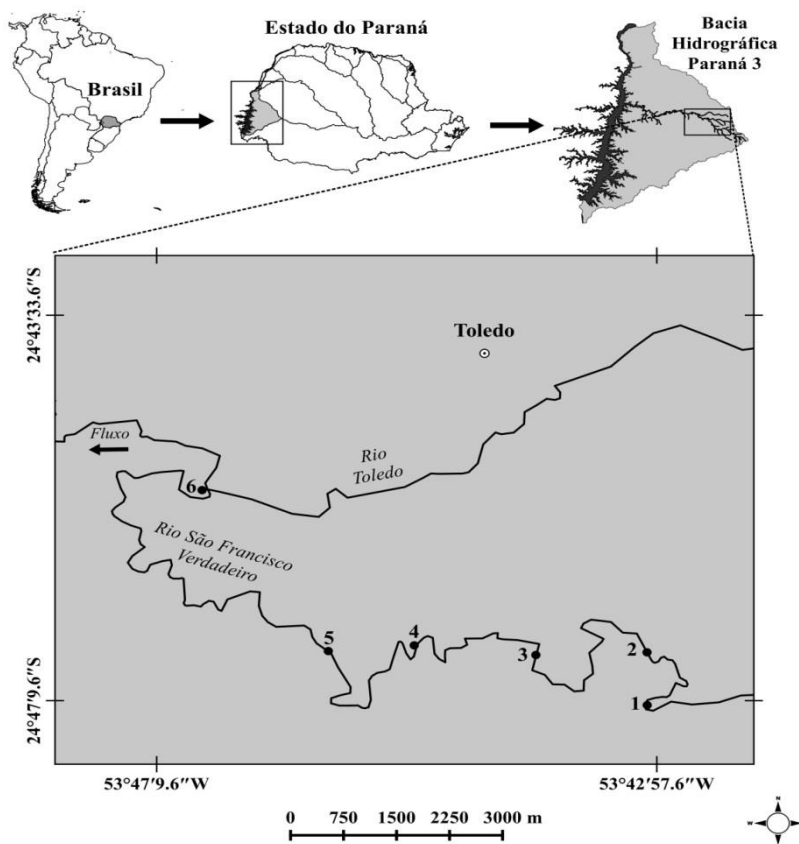


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem de macroinvertebrados bentônicos no rio São Francisco Verdadeiro.

Tabela 1. Coordenadas geográficas e características dos pontos amostrados no rio São Francisco Verdadeiro.

Pontos	Coordenadas	Características
P1	24°47'12,1"S 53°43'02,4"W	Área marginal composta por árvores de grande porte e arbustos em uma das margens, e na outra é caracterizada por árvores esparsas e gramíneas.
P2	24°46'42,5"S 53°43'02,5"W	Área marginal composta por árvores e arbustos em uma das margens e a outra é caracterizada pela falta de vegetação.
P3	24°46'44"S 53°43'58,5"W	Área marginal composta por uma estreita faixa de vegetação formada por árvores e arbustos, áreas com agricultura nas duas margens, e atividade de piscicultura e suinocultura em propriedades próximas ao rio.
P4	24°46'38,6"S 53°44'59,8"W	Área marginal composta por uma faixa estreita de árvores de grande porte e arbustos. Possui áreas de agricultura e áreas urbanizadas.
P5	24°46'41,8"S 53°45'43,1"W	Área marginal composta por árvores e arbustos esparsos e na região possui áreas de agricultura e pecuária.
P6	24°45'11,6"S 53°46'46,7"W	Área marginal composta por árvores, arbustos e áreas de agricultura em uma margem e a outra margem possui um núcleo industrial e a rodovia PR 317.

As coletas foram quinzenais durante o período de abril de 2013 a abril de 2014, totalizando 24 coletas. A amostragem dos organismos foi realizada com substratos artificiais, compostos por fragmentos de tubo PVC, fragmentos de concreto de construção, tijolo e cascalho, todos envolvidos por tela de plástico com abertura de malha de 1 cm e área de 0,25m² cada um, exceto o tijolo, que tinha área de 0,30 m². Todos foram unidos formando um único substrato, totalizando uma área de 1,05 m². A coleta com substratos artificiais ocorre de forma padronizada a fim de reduzir o número de variáveis entre as amostras e não interferem no ambiente de forma destrutiva (SILVA, 2012).

O material biológico coletado foi fixado em campo com álcool 70% e acondicionados em potes plásticos e, depois, no laboratório de bentos do Grupo de Estudos em Recursos Pesqueiros e Limnologia (GERPEL) na Universidade Estadual do oeste do Paraná – *Campus* de Toledo, as amostras foram lavadas em água corrente em rede com malha 0,5 mm e preservados em álcool 70%. Após essa etapa com o auxílio de um microscópio estereoscópico, os organismos foram triados e identificados em nível de família com base nas chaves de identificação de Mugnai, Nessimian e Baptista (2010); Hamada, Nessimian e Querino, (2014); Costa, Ide e Simonka, (2006) e Bouchard, (2004).

Foram realizadas as seguintes análises físicas e químicas da água: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, amônia (mg/L), nitrogênio total (mg/L), fósforo total (mg/L) e demanda bioquímica de oxigênio (mg/L), de acordo com o Standard Methods (APHA, 2005). Os resultados foram submetidos a cálculos de média e o desvio padrão e comparados aos padrões brasileiros de qualidade para as águas doces Classe 2 (Resolução CONAMA nº357/2005 – Anexo B), pois de acordo com a Portaria nº. 10, de 10 de setembro 1991, da Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA) todos os cursos d'água da Bacia do Rio Paraná 3 são classificados como Classe 2 (BRASIL, 1991).

A estrutura das comunidades dos macroinvertebrados foi avaliada por meio da riqueza taxonômica (R), dos índices de Equitabilidade de Pielou (J) e diversidade de Shannon-Wiener (H) (Magurran, 2013), que foram calculados por meio de pacote estatístico do programa Past® (Hammer, Harper e Ryan, 2007). A abundância relativa dos grupos e famílias encontradas foram calculadas segundo a fórmula: $\%Spi = n \cdot \left(\frac{100}{N}\right)$ onde %Spi é porcentagem da família que se quer calcular, n é o número de organismos da família que se quer calcular e N é o número total de organismos amostrados.

A verificação de possíveis interações da comunidade bentônica espacialmente (pontos 1 à 6) e temporalmente (estações) foram avaliadas através da Análise de Variância Permutacional Não Métrica (PERMANOVA), baseadas na dissimilaridade de Bray-Curtis, com 999 permutações (ANDERSON, 2001).

Os padrões de distribuição espaço-temporal da comunidade bentônica foram descritas utilizando a Ordenação de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS), a partir da matriz de similaridade de Bray-Curtis (McCUNE e GRACE, 2002).

Para verificar quais atributos abióticos melhor explicariam a distribuição espaço-temporal da comunidade bentônica no Rio São Francisco Verdadeiro utilizou-se a Análise das Componentes Principais (PCA) (Person, 1901). Uma ANOVA two-way foi realizada verificar quais atributos abióticos foram significantes nos pontos amostrados e nos períodos estacionais.

Os resultados da NMDS e PCA foram avaliados através da análise Procrustes, utilizando 999 permutações para verificar a significância da

estatística m^2 que mede o nível de concordância entre as ordenações que estão sendo comparadas. Os valores de m^2 mais próximos de 0 indicam uma maior similaridade e os valores mais próximos de 1 refletem uma maior diferença entre as matrizes (GOWER, 1975).

A análise de percentagem de similaridade (SIMPER) foi realizada para identificar as famílias mais influentes e que melhor contribuíram para a dissimilaridade entre os pontos, utilizando um critério de corte de 70% na contribuição cumulativa (Clarke 1993).

As análises NMDS, PCA foram realizadas utilizando o pacote estatístico PC-ORD (McCUNE e MEFFORD, 2006). A análise ANOVA two-way foi realizada utilizando o software Statistica™ 7.0 (STATSOFT, 2004). A análise Procrustes foi calculada com o software PROTEST (GOWER, 1975). E as análises PERMANOVA e SIMPER foram realizadas utilizando o do programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2005).

RESULTADOS

Foram coletados 30.812 macroinvertebrados bentônicos (n° de indivíduos) distribuídos nos filos Mollusca, Annelida e Arthropoda onde o filo mais representativo foi o Arthropoda. Em relação à abundância relativa dos táxons (Figura 2) Diptera foi o mais abundante, apresentando um percentual de 57%, seguido de Hirudinea, com 26% e Oligochaeta com 5%. Outros táxons como Trichoptera, Ephemeroptera, Coleoptera e Decapoda tiveram abundância abaixo de 4%. Os táxons Gastropoda, Hemiptera, Anisoptera, Megaloptera, Plecoptera, Zygoptera e Colembola, apresentaram abundâncias inferiores a 1% e foram enquadrados na categoria “outros”.

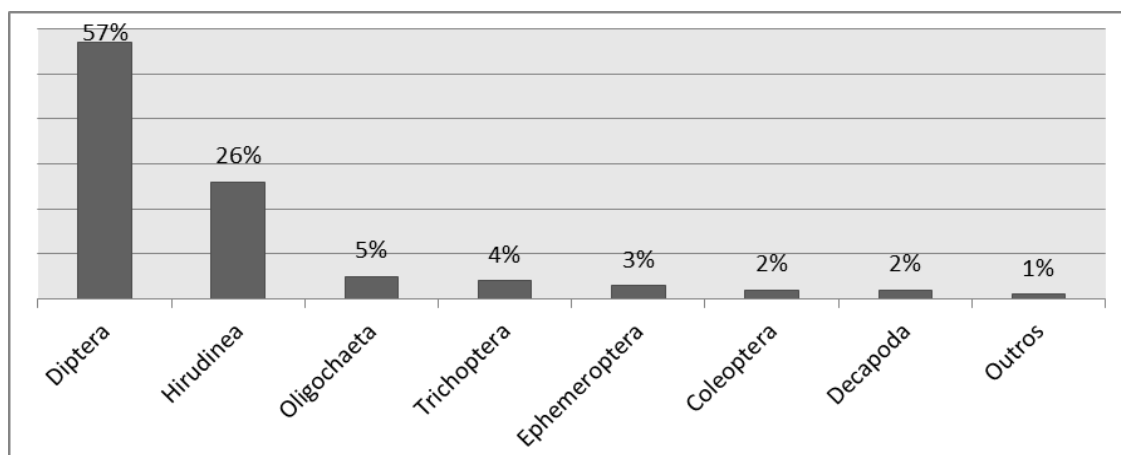


Figura 2. Abundância relativa dos táxons de macroinvertebrados bentônicos capturados no período de abril de 2013 a abril de 2014 no do Rio São Francisco Verdadeiro.

Foram identificadas 35 famílias (Tabela 2), cuja abundância relativa das famílias por ponto de amostragem, revelou a família Chironomidae como mais abundante em todos os pontos. Nos pontos 1 e 2 a segunda família mais abundante foi Hydropsychidae e nos pontos 3 e 5 essa família foi a terceira mais abundante. Nos pontos 1 e 2 a terceira família foi Leptophlebiidae e no ponto 3 essa família foi a terceira mais abundante. No ponto 3 a segunda família mais abundante foi Elmidae e no ponto 4 Ampularidae. Nos pontos 5 e 6 a segunda família foi Glossiphoniidae e a terceira mais abundante no ponto 6 foi a classe Oligochaeta que não foi identificada em nível de família.

A família Chironomidae (Diptera) teve o maior número de indivíduos amostrados 17.348 (Apêndice A), ficando em segundo lugar Glossiphoniidae (Hirudinea) com 8.014 e em terceiro a classe Oligochaeta com 1.449 indivíduos amostrados.

As famílias Sphaeriidae, Elmidae, Chironomidae, Leptophlebiidae, Gomphidae, Hydropsychidae, Glossiphoniidae e a classe Oligochaeta foram encontradas em todos os pontos de coleta. As famílias Chironomidae, Glossiphoniidae, Hydropsychidae, Aeglidae, Elmidae, Simuliidae, Atyidae, Leptophlebiidae e a classe Oligochaeta estiveram presentes em todas as estações.

Considerando todo o período amostral, o ponto 6 foi o que apresentou a maior quantidade de macroinvertebrados coletados com 23.486 indivíduos (Apêndice A) sendo a família Chironomidae de maior abundância. Os outros pontos tiveram valores bem menores de número de macroinvertebrados coletados em comparação ao ponto 6, os valores foram: P1=1878, P2=1494, P3=1516, P4=1616 e P5= 822.

Temporalmente, a estação que teve maior número de indivíduos coletados foi no inverno (9.441 indivíduos), seguido pela primavera (8.203 indivíduos), verão (8.131 indivíduos) e outono com menor número de indivíduos coletados foi o outono (5.037 indivíduos).

Tabela 2. Composição taxonômica da comunidade bentônica e abundância relativa (%) por ponto de coleta.

FILO	CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Corbiculidae		0,2	0,79	0,12			
		Veneroida	Sphaeriidae	0,07	0,07	0,4	0,06	0,49	0,18	
	Gastropoda	Mesogastropoda	Ampullariidae		0,33	0,13	14,36			
		Basommatophora	Planorbidae			0,07				
			Physidae							0,06
		Sorbeoconcha	Hydrobiidae				0,06			
	Neotaenioglossa	Thiaridae		1,27	3,36					
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Aeglidae	15,04	4,08	9,56	4,08	5,35		
			Atyidae		0,13	0,99	0,43	0,97		
			Trichodactylidae					0,24		
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	18,36	6,63	14,51	3,96	3,28	0,07	
		Diptera	Ceratopogonidae		0,07	0,07				
			Chironomidae	41,74	39,22	42,02	53,22	67,64	60,22	
			Empididae					0,12		
			Simuliidae	6,12	0,6	1,45	0,19			
			Psychodidae							
		Hemiptera	Naucoridae		0,07					
		Ephemeroptera	Baetidae			0,07	0,06			
			Caenidae	0,07						
			Leptophlebiidae	18,58	15,66	6,93	13,12	0,36	0,01	
		Megaloptera	Corydalidae	0,37	0,07	0,07				
			Gomphidae	0,07	0,47	0,13	0,25	0,49	0,04	
			Libellulidae	0,44	0,74	0,46		0,12	0,01	
			Megapodagrionidae	0,07	0,07		0,06			
		Plecoptera	Perlidae	0,07	0,07	0,13	0,06			
		Trichoptera	Hydropsychidae	33,48	21,08	13,52	7,92	6,08	0,75	
			Hydroptilidae	0,29	0,07		0,06	0,36		
			Hydrobiosidae					0,24		
			Leptoceridae	0,07			0,12			
	Philopotamidae		0,07	0,07		0,5				
	Odonata	Perilestidae					0,12			
		Aeshnidae		0,07						
		Calopterygidae	0,07	0,47			0,36			
	Entognatha	Collembola	Entomobryidae				0,12			
Annelida	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	3,17	6,02	4,88	1,11	10,1	32,81	
	Oligochaeta			0,29	2,48	0,46	0,12	3,65	5,83	

Os resultados avaliados para os atributos de riqueza (S), equitabilidade (E) e diversidade (H) da comunidade bentônica indicaram que os maiores índices de equitabilidade foram registrados nos pontos 1, 3 e 2 (E = 0,6113, 0,617 e 0,570, respectivamente) e o menor valor deste atributo ocorreu no ponto 6 (E = 0,3626). Em relação à diversidade, os maiores índices registrados, foram observados nos pontos 3, 2 e 1 (H = 1,848, 1,814 e 1,800, respectivamente), o menor índice do atributo também foi verificado no ponto 6

($H = 0,901$). Para riqueza de grupos capturados, os maiores valores foram registrados nos pontos 2, 4 e 3 ($S = 24, 21$ e 20 , respectivamente) e o menor valor ocorreu no ponto 6 ($S = 12$). Assim, observa-se que os pontos 1, 2 e 3 apresentaram maiores valores para os atributos analisados e o ponto 6 teve os menores valores (Figura 3).

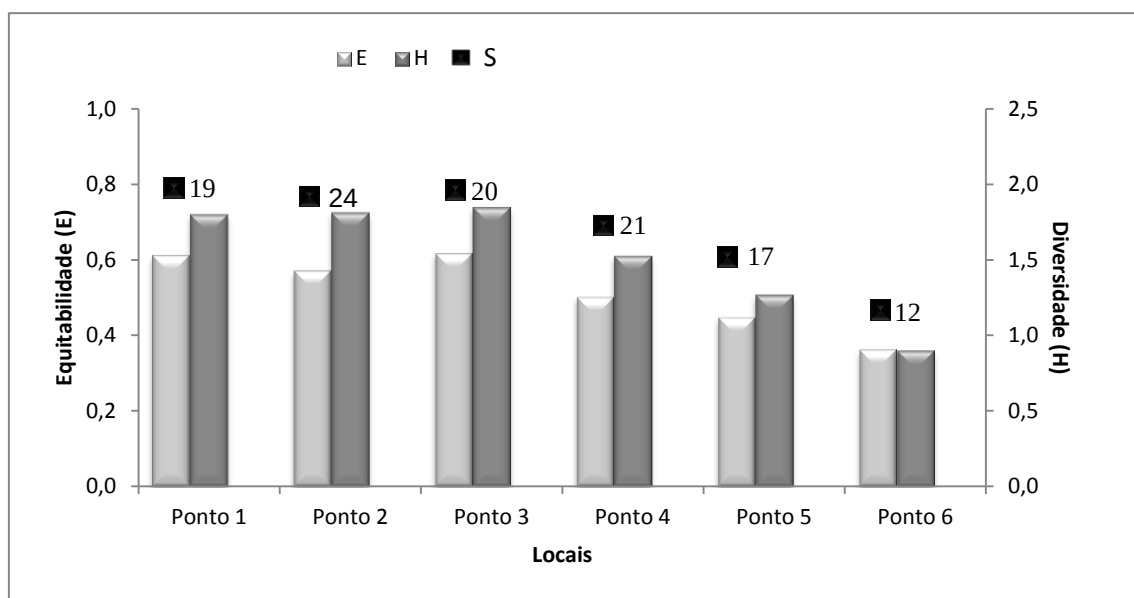


Figura 3. Atributos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos: Riqueza (S), Equitabilidade (E) e Diversidade (H), obtidos para cada ponto de coleta do Rio São Francisco Verdadeiro.

Os resultados da PERMANOVA evidenciaram que existe interação significativa entre a comunidade bentônica com os pontos amostrados e com as estações do ano (PERMANOVA, $p=0.001$) (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados da PERMANOVA baseada na matriz de similaridade de Bray- Curtis para a comunidade bentônica do Rio São Francisco Verdadeiro ($p < 0,05$).

Fonte de Variação	GL	S. Quad	M. Quad	Val. F	R ²	N. S.
Pontos	5	12.579	2.51572	11.1027	0.27110	0.001
Estação	3	1.677	0.55891	2.4667	0.03614	0.001
Pontos:Estação	15	4.952	0.33016	1.4571	0.10674	0.001

(GL) Grau de liberdade, (**S. Quad**) Soma dos quadrados, (**M. Quad**) Média dos quadrados, (**Val. F**) valores de F, (R^2) coeficiente de determinação, (**N. S.**) nível de significância ($p < 0,05$).

A análise de ordenação de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) resumizou a composição e estrutura da comunidade de

macroinvertebrados bentônicos e separou os pontos com as estações consideradas neste estudo (Apêndice C). Após 200 interações, o critério de estabilidade foi atingido com estresse final de 22,22 e instabilidade final de 0,01 para solução em duas dimensões. O eixo 2 da NMDS revelou que entre os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 e um distanciamento do ponto 6. Em relação às estações do ano não se observou um padrão na distribuição, onde a primavera e inverno são similares entre si ao passo que outono e verão se diferem das outras estações, sendo outono o mais dissimilar.

A análise de componentes principais (PCA) explicou 70,3% da variabilidade dos dados ambientais, considerando-se os dois primeiros eixos (Eixo 1: 46,95% e Eixo 2: 23,44%). No eixo 1, a variável oxigênio dissolvido teve correlação positiva significativa na distribuição dos pontos 1, 2, 3, 4 e 5, enquanto as variáveis amônia, DBO e correlação negativa significativa na distribuição do ponto 6. No segundo eixo, a variável nitrogênio correlacionou negativamente na distribuição do ponto 6, e as variáveis pH e temperatura correlacionaram positivamente na distribuição do ponto 6. A ANOVA indicou que os atributos significativos para os locais foram: OD, pH, amônia, nitrogênio, fósforo e DBO e para as estações: temperatura, OD, amônia, nitrogênio e fósforo (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados da análise de componentes principais (PCA). Para cada eixo são mostrados o autovalor, valor de Broken-Stick, a variância explicada e acumulada e os autovetores das variáveis físico-químicas.

	Eixo 1	Eixo 2
Autovalor	3.287	1.641
Broken-Stick	2.593	1.593
Variância Explicada	46.956	23.448
Variância Acumulada	46.956	70.404
Temperatura	-0.0816	0.6994
Oxigênio Dissolvido	0.2654	-0.5983
pH	-0.2386	0.1227
Amônia	-0.4647	-0.2770
Nitrogênio	-0.4776	-0.1752
Fósforo	-0.4708	0.0785
DBO	-0.4475	-0.1558

A análise de PROTEST entre os escores gerados pela NMDS e PCA (PROTEST; $m^2 = 0,6386$; $p = 0,001$) demonstrou que há associação significativa entre a estrutura espacial e temporal da composição da comunidade bentônica com as variáveis abióticas.

O resultado da análise SIMPER (Procedimento de porcentagem de similaridades) para as famílias que mais contribuíram para a dissimilaridade entre as regiões amostradas (Tabela 5) e estações (Tabela 6) revelaram que a família Chironomidae foi a principal responsável pela diferenciação entre os pontos amostrados do rio São Francisco Verdadeiro e entre as estações.

Tabela 5. Porcentagem de contribuição cumulativa das famílias entre os pontos amostrados verificado através da análise SIMPER.

	TÁXONS					
	Chironomidae	Hydropsychidae	Leptophlebiidae	Elmidae	Aeglidae	Ampulariade
P1-P2	28%	20%	15%	*	*	*
P1-P3	27%	18%	*	14%	*	*
P1-P4	33%	15%	12%	*	*	*
P1-P5	30%	17%	*	*	14%	*
P1-P6	49%	*	*	*	*	*
P2-P3	30%	16%	*	13%	*	*
P2-P4	36%	15%	13%	*	*	*
P2-P5	37%	15%	12%	*	*	*
P2-P6	50%	*	*	*	*	*
P3-P4	36%	*	11%	*	*	11%
P3-P5	36%	*	*	14%	12%	*
P3-P6	50%	*	*	*	*	*
P4-P5	45%	*	11%	*	*	*
P4-P6	50%	*	*	*	*	*
P5-P6	52%	*	*	*	*	*

Tabela 6. Porcentagem de contribuição cumulativa das famílias entre as estações do ano verificado através da análise SIMPER.

	TÁXONS		
	Chironomidae	Glossiphoniidae	Hydropsychidae
Outono - Inverno	40%	15%	12%
Outono - Primavera	34%	18%	14%
Outono - Verão	34%	19%	14%
Inverno - Primavera	45%	17%	*
Inverno - Verão	43%	17%	8%
Primavera- Verão	39%	20%	9%

As médias dos parâmetros físicos e químicos da água foram comparadas com os padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/05 nos limites para água doce de Classe 2 (Tabela 6). Observa-se que todos os pontos estão dentro dos limites permitidos para o oxigênio dissolvido (OD) e pH. Em relação à amônia (NH_3^+), nitrogênio total (NT) e fósforo (PO_4^-), dos pontos 1 ao ponto 5 estão dentro do limite de qualidade de água Classe 2,

exceto o ponto 6 que está com valores acima do permitido para esta classe. Quanto à demanda bioquímica de oxigênio (DBO), está um pouco acima do limite permitido no ponto 4 e muito acima do limite no ponto 6. Assim, o ponto 6 está com os parâmetros NH_3^+ , NT, PO_4^- e DBO acima dos limites permitidos para a Classe 2, indicando uma alteração do ambiente no local amostrado.

Tabela 7. Resultados das análises físicas e químicas da água (média $\pm$ desvio padrão) para os pontos amostrados durante os períodos estacionais, juntamente com as referências da legislação do CONAMA 357/05.

	T (°C)	OD (mg/L)	pH	NH_3^+	NT (mg/L)	PO_4^- (mg/L)	DBO (mg/L)
Ponto 1	20,30 $\pm$ 2,21	6,93 $\pm$ 0,88	6,30 $\pm$ 0,47	0,02 $\pm$ 0,04	1,07 $\pm$ 0,58	0,10 $\pm$ 0,10	4,63 $\pm$ 3,18
Ponto 2	20,32 $\pm$ 2,36	7,06 $\pm$ 0,98	6,28 $\pm$ 0,41	0,02 $\pm$ 0,03	0,91 $\pm$ 0,42	0,13 $\pm$ 0,10	3,89 $\pm$ 2,42
Ponto 3	20,18 $\pm$ 2,52	7,22 $\pm$ 1,27	6,38 $\pm$ 0,44	0,02 $\pm$ 0,02	1,09 $\pm$ 0,82	0,13 $\pm$ 0,11	4,08 $\pm$ 2,52
Ponto 4	20,07 $\pm$ 2,55	7,21 $\pm$ 1,07	6,29 $\pm$ 0,42	0,02 $\pm$ 0,02	1,06 $\pm$ 0,69	0,13 $\pm$ 0,10	5,29 $\pm$ 4,26
Ponto 5	19,94 $\pm$ 2,57	6,95 $\pm$ 1,24	6,34 $\pm$ 0,45	0,03 $\pm$ 0,03	1,17 $\pm$ 0,67	0,16 $\pm$ 0,13	4,24 $\pm$ 2,86
Ponto 6	20,12 $\pm$ 2,50	6,16 $\pm$ 1,31	6,73 $\pm$ 0,45	2,37 $\pm$ 1,59	5,02 $\pm$ 2,49	0,92 $\pm$ 0,49	16,84 $\pm$ 5,49
CONAMA - Classe 2	-	Não inferior a 5 mg/L O ₂	6,0 a 9,0	0,5 mg/L	2,18 mg/L	0,1 mg/L	5 mg/L O ₂

T: Temperatura, OD: Oxigênio Dissolvido, NH_3^+ : Amônia, NT: nitrogênio total; PO_4^- : Fosforo Total e DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DISCUSSÃO

Assim como verificado em outros estudos (GIULIATTI e CARVALHO, 2009; ZERLIN e HENRY, 2014; FIERRO, et al., 2015), Diptera é a ordem mais representativa em termos de indivíduos. Essa ordem é a mais abundante nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos, estando distribuídos em larga escala nos ambientes aquáticos de água doce, principalmente por serem organismos muito tolerantes a ambientes poluídos (Ladrera, Rieradevall e Prat 2013). As classes, Hirudinea e Oligochaeta também foram representativas e da mesma forma que Diptera, são considerados organismos comuns e abundantes no ambiente aquático, são tolerantes a ambientes poluídos e no caso de Oligochaeta são mais abundantes em ambientes com maior enriquecimento de nutrientes (MYSLINSKI e GINSBURG, 1977; SURIANI et al., 2007; CORTEZZI et al., 2009; MORETTO et al., 2013).

A família Chironomidae (Diptera) dominou espacialmente e temporalmente no estudo, estando presente com maior abundância relativa em todos os pontos e caracterizando uma dominância no ponto 5. De acordo com diversos autores como Devai (1990), Di Giovanni, Goretti e Tamanti (1996), Barbosa e Callisto (1999), Epler (2001); Marques, Callisto et al. (2002), e

Fonseca, Esteves e Callisto (2004), a família Chironomidae constitui o grupo mais abundante dos macroinvertebrados nos ambientes aquáticos, tanto em número de espécies quanto de indivíduos. Eles são considerados dominantes por sua elevada capacidade competitiva, tolerância a ambientes alterados e também possui na fase adulta grande capacidade de dispersão (RIBEIRO e UIEDA 2005; VANZELA, HERNANDEZ e FRANCO, 2010; TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

As famílias Leptophlebiidae (Ephemeroptera) e Hydropsychidae (Trichoptera) foram pelo menos uma das famílias mais abundantes em cada ponto, exceto no ponto 6. As famílias que pertencem ao grupo EPT (Ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) vivem em ambientes bem preservados, com presença de mata ciliar, águas limpas, bem oxigenadas e sem perturbações ambientais, sendo fundamentais para avaliar a qualidade de ambientes aquáticos, pois em locais poluídos as famílias pertencentes a essas ordens não estão presentes (GOULART e CALLISTO, 2003; HEPP e RESTELLO, 2007; VANZELA, HERNANDEZ e FRANCO, 2010; BAGATINI, DELARIVA, e HIGUTI, 2012).

O maior número de indivíduos nas estações foi amostrado durante o inverno e o menor número de indivíduos no outono, fato esse se dá, pois o inverno é caracterizado como um período seco, com baixo volume pluviométrico. Nesse período a um aumento na quantidade desses organismos devido à estabilidade ambiental, pois conseguem se movimentar no substrato sem ser levado pela força da correnteza e encontram mais abrigos disponíveis (HAUER e RESH, 1996). Porém, no outono, estação também caracterizada por baixo volume pluviométrico, no período de amostragem teve um grande volume de chuvas, fato esse atípico na região (Assunção e Soares, 2000). Segundo Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008) os períodos chuvosos influenciam na comunidade de macroinvertebrados bentônicos, pois desestruturam e reduzem a comunidade devido ao aumento da velocidade da corrente, dificultando a permanência e movimentação desses indivíduos no substrato.

Os valores elevados dos índices de diversidade, equitabilidade e riqueza apontam uma elevada diversidade e uniformização entre as famílias da comunidade e os valores reduzidos de diversidade e equitabilidade sugerem que a diversidade dos organismos e a uniformidade da sua distribuição são

baixas. Assim como altos valores de riqueza, diversidade e equitabilidade são sinais de local preservado e baixos valores para esses atributos são indícios de poluição (LUDWIG e REYNOLDS, 1988; CALLISTO, MORETTI e GOULART, 2001; HEPP e RESTELLO, 2007; GAMITO et al., 2012). O ponto 6 teve baixos valores para esses enquanto que nos outros pontos houve valores maiores, esse fato deve-se ao menor número de famílias encontradas no ponto 6 e caracterizando a dominância da família Chironomidae. Segundo Hanson, Springer e Ramirez (2010) a diminuição da diversidade nos ecossistemas é o principal efeito dos impactos gerados pelo homem. Portanto, os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 mostraram-se mais preservados que o ponto 6, pois apresentam maiores valores para esses atributos. Como descrito anteriormente, a família Chironomidae tem como características, serem oportunistas, tolerantes a situações adversas do ambiente e possuem grande dispersão nos ambientes, assim tornando-se abundantes no ambiente aquático (VANZELA, HERNANDEZ e FRANCO, 2010; TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

Através da NMDS observou-se que os padrões de composição e estrutura da comunidade bentônica foram influenciados por mudanças espaciais e temporais ocorridas ao longo do gradiente longitudinal. Evidenciando-se a dissimilaridade na composição faunística do ponto 6 em relação ao demais e semelhança dos pontos 1 ao 5 na composição da macrofauna bentônica entre os habitats, compartilhando de características similares. Em conformidade com Cortezzi et al., (2009) a comunidade de macroinvertebrados bentônicos possui grande tendência a ser semelhantes em trechos próximos geograficamente, pois compartilham as mesmas características ambientais, como a vegetação ciliar, abrigo contra predadores e as características limnológicas e também a comunidade tende a exibir uma composição similar devido à dispersão desses organismos. Porém o ponto 6 apesar de proximidade geográfica como ocorreu nos outros pontos, teve alteração de alguns fatores abióticos que indicaram poluição nesse local. Esse evento contribuiu para a alteração composição da comunidade, pois os macroinvertebrados são sensíveis à poluição do ambiente (HEPP e RESTELLO, 2007).

As projeções obtidas através da PCA evidenciaram a interação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos do P6 com os altos valores encontrados dos fatores abióticos nitrogênio, amônia e DBO e fósforo. Esses

nutrientes são essenciais para o metabolismo de ecossistemas aquáticos, onde níveis elevados estão associados à poluição antrópica e são fatores determinantes que podem influenciar na distribuição e estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (WARD, 1992; ESTEVES, 1998; TUNDISI, e MATSUMURA-TUNDISI, 2008; ENCALADA et al., 2010; MANAHAN, 2013; HEINO, 2014). Ambientes alterados favorecem o aumento da densidade de famílias tolerantes, como ocorreu nesse estudo a grande densidade no ponto 6 de Chironomidae, Glossiphoniidae e Oligochaeta. Do ponto 1 ao 5 houve uma correlação positiva com o oxigênio dissolvido, elemento essencial para a vida aquática, onde altas concentrações no ambiente expressam um ambiente equilibrado favorecendo a riqueza e diversidade de espécies. Nota-se que esses pontos podem ser considerados ambientes mais preservados, pois as famílias pertencentes ao grupo EPT, que são indicadores de águas limpas e preservadas, ocorreram somente nesses pontos (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008; BAGATINI, DELARIVA, e HIGUTI, 2012). O ponto 6 teve correlação significativa com o pH e temperatura. Em conformidade com Iliopoulou-Georgudaki et al., (2003) ao longo do ano os valores de temperatura e pH tendem a variação devido as condições climáticas do ambiente, podendo influenciar na distribuição das comunidade de macroinvertebrados (BISPO et al., 2001; PECH, ARDISSON e HERNÁNDEZ-GUEVARA, 2007; ALMEIDA et al., 2008).

Assim, no ponto 6 foi observado um valor significativo de poluição, pois teve altos valores de amônia, nitrogênio total, fósforo e demanda bioquímica de oxigênio quando comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/05 nos limites para água doce de Classe 2. Tais atributos também evidenciados pela PCA foram limitantes para a fauna de macroinvertebrados bentônicos neste local, pois os fatores físico-químicos afetam diretamente as comunidades de insetos aquáticos na sua distribuição, diversidade e densidade (KIKUCHI e UIEDA, 1998; BURGHERR e WARD, 2001). De acordo com Azrina et al. (2006) nos ambientes aquáticos afetados pelas atividades humanas ocorrem uma diminuição e até perda de táxons sensíveis e o aumento de táxons tolerantes.

Uma das prováveis causas das más condições ambientais do ponto 6, pode ser o fato dele estar localizado na foz do rio Toledo, esse rio passa pelo perímetro urbano da cidade de Toledo-PR, onde recebe o despejo de esgoto e

de dejetos oriundos da cidade, apresentando um elevado índice de poluição, esses dados podem ser constatados nos estudos feitos por Niewegloski (2006) e Schmidt (2014). Assim o ponto 6 mesmo sendo próximo geograficamente dos outros pontos, possui diferença na estrutura e composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos devido a poluição oriunda do rio Toledo, deste modo, evidencia-se que a poluição pode afetar a biodiversidade do ambiente aquático. Os outros pontos (Pontos 1 ao 5) não sofrem influência de outros rios ou de algum ponto de despejo contínuo que venha afetar em grandes proporções a sua qualidade como ocorreu no ponto 6.

CONCLUSÃO

Existe uma variação espaço-temporal na composição e diversidade de famílias da comunidade de macroinvertebrados bentônicos do rio São Francisco Verdadeiro, onde as maiores diversidades estão nos pontos 1 ao 5 e menor diversidade encontrada no ponto 6, indicando que esse ponto está impactado. A variação temporal foi identificada através do número de indivíduos, no qual foi maior no período de inverno e menor no outono, essa variação pode estar relacionada com o período de seca e chuva ocorrido nas estações.

As variáveis físico-químicas tiveram influência na distribuição espacial e temporal, na diversidade e composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, onde esses parâmetros confirmam a alteração da qualidade da água no ponto 6, já que entre os locais estudados este foi o que apresentou altos valores para amônia, nitrogênio total, fósforo e demanda bioquímica de oxigênio, mostrando assim, como as comunidades que vivem nesse ambiente podem ser afetadas com a poluição. Já os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam maior diversidade e riqueza e os valores físico-químicos dentro dos padrões permitidos pelo CONAMA para Classe 2, que é a classe no qual se enquadra os rios pertencentes a Bacia do Paraná 3, assim indicando que esses locais estão menos impactados.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam o papel dos macroinvertebrados bentônicos como ferramentas importantes na avaliação da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos.

REFERÊNCIAS

ALBA-TERCEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In: **IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería, España**. p. 203-213.1996.

ALMEIDA, C.; COELHO R.; SILVA, M.; BENTES, L.; MONTEIRO,P.; RIBEIRO,J.; ERZINI, K.; GONÇALVES, J. M. S. Use of different intertidal habitats by faunal communities in a temperate coastal lagoon. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** xx: 1-8. 2008.

ANDERSON, M.J. **Anewmethod for non-parametric multivariate analysis of variance**. Austral Ecology 26:32-46. 2001.

APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21^a ed. Washington: **American Public Health Association**. 1082 p. 2005.

ASSUNÇÃO, H. F.; SOARES, F. R. Análise temporal e espacial do regime pluviométrico no município de Toledo, Estado do Paraná. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**. 2000.

AZRINA, M. Z.; YAP, C. K.; ISMAIL, A. R.; ISMAEL, A. e TAN S. G. Anthropogenic impacts on the distribution andbiodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 64:337-347. 2006.

BAGATINI, Y. M.; DELARIVA, R. L.; HIGUTI, J. Benthic macroinvertebrate community structure in a stream of the north-west region of Paraná State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 1, p. 307-317, 2012.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L.G.; CRISCI, V.L. e SILVA, M. M. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera) em córregos do Planalto Central do Brasil. **Acta Limnological Brasiliensis** 13(2): 1-9. 2001.

BOUCHARD R. W. **Guide to Aquatic Macro Invertebrates of the Upper Midwest**. Water Resources Centre, University of Minnesota, St. Paul, MN, pp. 208, 2004.

BRASIL, CONAMA. **Resolução, nº357, de 17 de março de 2005**. Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 2005.

BRASIL, PARANÁ. **Portaria SUREHMA Nº010/91 de 19 de setembro de 1991**. Enquadramento dos cursos d'água do Estado do Paraná. Coletânea de Legislação Ambiental, 1991.

BROSSE, S., ARBUCKLE C. J., TOWNSEND, C. R. Habitat scale and Biodiversity: influence of catchment, stream reach and bedform scales on local invertebrate diversity. **Biodiversity and Conservation** 12: 2057-2075. 2003.

Burgherr, P.; Ward, J. V. Longitudinal and seasonal distribution patterns of the benthic fauna of an alpine glacial stream (Val Roseg, Swiss Alps). **Freshwater Biology** 46:1705–1722. CrossRef. 2001.

BUSS, D. F.; OLIVEIRA, R. B.; BAPTISTA, D. F. Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 1, 2008.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde dos riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** 1: 71-82. 2001.

CALLISTO, M; MORENO, P; GONÇALVES, J. F. Jr.; LEAL, J. J. F.; ESTEVES, F. A. Diversity and biomass of Chironomidae (Diptera) larvae in na impacted coastal lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. v. 62, n.1, p.77-84, 2002.

CLARKE K.R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Aust J Ecol** 18:117–143, 1993.

CORTEZZI, S.S.; BISPO P. C.; PACIENCIA, G.P.; LEITE, R. C. Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. **Iheringia, Sér. Zool.** Vol.99, n.1, pp. 36-43. ISSN 1678-4766. 2009.

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. **Insetos Imaturos**. Metamorfose e identificação. Ribeirão Preto: Holos, Editora. 249 p. 2006.

DEVAI, G. Fundo ecológico e importância da mudança de fauna de Chironomidae em águas rasas do lago Balaton. **Hydrobiologia**, vol. 191, p. 189-198. 1990.

DI GIOVANNI, M.V.; GORETTI, E.; TAMANTI, V. Macrobentos em Montedoglio Reservoir, região central da Itália. **Hydrobiologia**, vol. 321, p. 17-28. 1996.

ENCALADA, A.C.; CALLES, J.; FERREIRA, V.; CANHOTO, C.M.; GRAÇA, M.A.S. Riparian land use and the relationship between the benthos and litter decomposition in tropical montane streams. **Freshwater Biology** 55, 1719–1733. 2010.

EPLER, J. H. **Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of north and south Carolina**. North Carolina Department of Environmental and Natural Resources Division of Water Quality. 528p. 2001.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 602 p. 1998.

FIERRO, P.; BERTRÁN, C.; MERCADO, M.; PEÑA-CORTÉS, F.; TAPIA, J.; HAUENSTEIN, E.; CAPUTO, L.; e VARGAS-CHACOFF, L. Landscape composition as a determinant of diversity and functional feeding groups of aquatic macroinvertebrates in southern rivers of the Araucanía, Chile. **Lat. Am. J. Aquat. Res. [online]**, vol.43, n.1, pp. 186-200. ISSN 0718-560X. 2015.

FONSECA, J.; ESTEVES, F.; CALLISTO, M. Distribuição das larvas de Chironomidae em um lago da Amazônia afetado rejeito de bauxita de inundação-plain (Brasil). **Amazoniana**, vol. 18, não. 1-2, p. 109-123. 2004.

GAMITO, S.; PATRICIO, J.; NETO, J.M.; TEIXEIRA, H. e MARQUES, J.C. Feeding diversity index as complementary information in the assessment of ecological quality status. **Ecological Indicators** 19: 73–78. 2012.

GIULIATTI, Talma Lucia; CARVALHO, Emerson Machado. Distribuição das assembleias de macroinvertebrados bentônicos em dois trechos do Córrego Laranja Doce, Dourados/MS. **Interbio** v.3 n.1 2009 - ISSN 1981-3775 2009.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, n.1, 2003.

GOWER J.C. **Generalized Procrustes Analysis**. Psychometrika, 40 (1): 33-51. 1975.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Embrapa Meio-Norte-Livros científicos (ALICE), 2014.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. **PAST - Palaeontological STatistics, version 1.89**. World Wide Web electronic publication, accessible at <http://folk.uio.no/ohammer/past/past.pdf>, 2007.

HANSON, P.; SPRINGER, M.; RAMIREZ, A. Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. **Rev. biol. trop [online]**. vol.58, suppl.4, pp. 3-37. ISSN 0034-7744. 2010.

Hauer, F. R. & Resh. V. H. 1996. Benthic macroinvertebrates. In: Hauer, F. R. & Lamberti, G. A. (eds). *Methods in Stream ecology*. San Diego: Academic Press, p. 339-369.

HEINO, J. Taxonomic surrogacy, numerical resolution and responses of stream macroinvertebrate communities to ecological gradients: are the inferences transferable among regions? *Ecological Indicators* 36, 186–194. 2014.

HEPP, Luiz Ubiratan; RESTELLO, Rozane Maria. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade das águas do Alto Uruguai Gaúcho. **Zakrzewiski, S.B. Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares**. Erechim, Edifapes, p. 75-86, 2007.

ILIOPOULOU-GEORGUDAKI J, V.; KANTHARIOS, P.; KASPIRIS, T.H.; GEORGIADIS, B.; MONTESANTOU. An application of diferent bioindicators for

assessing water quality: a case study in the rivers Alfeio and Pioneios (Peloponnisos, Greece). **Ecological indicators** 2: 345-360. 2003.

JONASSON, P.M. Limits for life in the lake ecosystem. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, vol. 26, p. 1-33. 1996.

JONSSON, M., B. MALMQVIST, B.; HOFFSTEN, P. Leaf litter breakdown rates in boreal streams: does shredder species richness matter? **Freshwater Biology** 46: 161-171. 2001.

JORCIN, A.; NOGUEIRA, M.G. Benthic macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (southeast Brazil). **Brazilian Journal of Biology** 68(4): 1013- 1024. 2008.

KIKUCHI, R. M.; UEIDA, V. S. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. **Oecologia Brasiliensis**, v. 5, n. 1, p. 11, 1998.

KUHLMANN, M. L.; FORNASARO, G. J.; OGURA, L. L.; IMBIMBO, H. R. V. **Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo**. São Paulo. São Paulo: CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 113 pp. 2012.

LADRERA, R.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. **Ikastorratza, e-Revista de didáctica**, ISSN-e 1988-5911, N°. 11, 19 p. 2013.

LI, D.; ERICKSON, R. A.; TANG, S.; ZHANG, Y.; NIU, Z.; LIU, H. e YU, H. Structure and spatial patterns of macrobenthic community in Tai Lake, a large shallow lake, China. **Ecological Indicators**, 61, 179-187. 2016.

LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F., **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. John Wiley e Sons, INC., 338 pp. 1988.

MAGURRAN, Anne E. **Ecological diversity and its measurement**. Springer Science & Business Media. 2013.

MANAHAM, S. E. **Química Ambiental**. 9ªEd. Bokman, 944 p. 2013.

MARQUES, M.M.G.S.M.; BARBOSA, F.A.R.; CALLISTO, M.; Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in south-east Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 59, no. 4. pp. 553-561. 1999.

MCCUNE B.; GRACE J.B. **Analysis of Ecological Communities**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA. 304p. 2002.

MCCUNE, B.; MEFFORD. M. J. PC-ORD. **Multivariate analysis of Ecological Data**, Version 5.0 for Windows. 2006.

MORETTO, Y.; RESSYÉ SIMÕES, N.; BENEDITO, E.; HIGUTI, J. Effect of trophic status and sediment particle size on diversity and abundance of aquatic

- Oligochaeta (Annelida) in neotropical reservoirs. In: **Annales de Limnologie-International Journal of Limnology**. EDP Sciences p. 65-78. 2013.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro: para atividades técnicas, de ensino e treinamento em programas de avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas lóticos**. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 1 ed., Rio de Janeiro, 176p. 2010.
- MYSLINSKI, E.; GINSBURG, W. Macroinvertebrates as indicators of pollution. **Journal (American Water Works Association)**, p. 538-544. 1977.
- NIWEGLOWSKI, A. M. A. **Indicadores de qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Toledo – PR**. Dissertação (Mestrado) - UFPR, Curitiba, 2006.
- PEARSON, K. "On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space" (PDF). *Philosophical Magazine* [S.l.: s.n.] 2 (6): 559–572. 1901.
- PECH, D.; ARDISSON, P. L.; HERNÁNDEZ-GUEVARA, N. A. Benthic community response to habitat variation: A case of study from a natural protected area, the Celestun coastal lagoon. **Continental shelf research** 27: 2523-2533. 2007.
- PINNA, M.; MARINI, G.; ROSATI, I.; NETO, J. M.; PATRÍCIO, J.; MARQUES, J. C.; BASSET, A. "The usefulness of large body-size macroinvertebrates in the rapid ecological assessment of Mediterranean lagoons." **Ecological Indicators** 29(0): 48-61. 2013.
- POFF, N. L.; OLDEN, J. D.; VIEIRA, N. K. M.; FINN, D. S.; SIMMONS M. P.; KONDRATIEFF, B. C. Functional trait niches of North American lotic insects: traits based ecological applications in light of phylogenetic relationships. **Journal of the North American Benthological Society**, 25:730-755. 2006.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria. ISBN 3-900051-07-0.2005.
- RIBEIRO, L.O.; UIEDA V.S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de Serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 22: 613-618. 2005.
- ROQUE, F. O.; PEPINELLI, M.; FRAGOSO, E. N.; FERREIRA, W. A.; BARILLARI, P. R.; YOSHINAGA, M. Y.; STRIXINO, S. T.; VERANI, N. F.; LIMA, M. I. S. Ecologia de macroinvertebrados, peixes e vegetação ripária de um córrego de primeira ordem em região de cerrado do Estado de São Paulo (São Carlos, SP). In: Henry, R. ed. **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Carlos, Rima. p.313-338. 2003.
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993.

RUARO, R.; GUBIANI, É.A.; CUNICO, A.M.; MORETTO, Y.; PIANA, P.A. Comparison of fish and macroinvertebrates as bioindicators of Neotropical streams. **Environmental monitoring and assessment** 188 (1), 1-13. 2016.

SCHMIDT, A. O. **Impactos antrópicos na qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco Verdadeiro**. Tese (Doutorado). UNIOESTE, Cascavel, PR. 2014.

SILVA, M. S. G. M.; QUEIROZ, J. F.; LOSEKANN, M. E.; MARIGO, A. L. S.; NASCIMENTO, M. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012.

STATSOFT, Inc. **STATISTICA** (Data Analysis Software System), version 7. 2004.

SURIANI, A. L.; FRANÇA, R. S.; PAMPLIM, P.A. Z.; MARCHESE, M.; LUCCA, J. V.; ROCHA, O. Species richness and distribution of oligochaetes in six reservoirs on Middle and Low Tietê river (SP, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 19, n. 4, p. 415-426, 2007.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. Artmed editora. Porto Alegre. 2006.

TRIVINHO-STRIXINO, S. **Larvas de Chironomidae**: Guia de identificação. V. 1, 2, 3. São Carlos: gráfica UFScar, 371 p. 2011.

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

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, A.M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 14: 55-64. 2010.

WARD, J.V. **Aquatic Insect Ecology I: Biology and Habitat**. John Wiley & Sons Inc., 450 p. 1992.

ZERLIN, R.A.; HENRY, R. Does water level affect benthic macro-invertebrates of a marginal lake in a tropical river-reservoir transition zone?. **Braz. J. Biol.** [online], vol.74, n.2, pp. 408-419. ISSN 1519-6984. 2014.

ANEXOS

Anexo A - Normas da Revista Ecological Indicators

New Submissions

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or lay-out that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

Anexo B – Classificação dos corpos de água de acordo com a Resolução CONAMA nº357/2005.

CAPÍTULO II

DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

Art.3º. As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Seção I

Das Águas Doces

Art. 4º. As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística

APÊNDICES

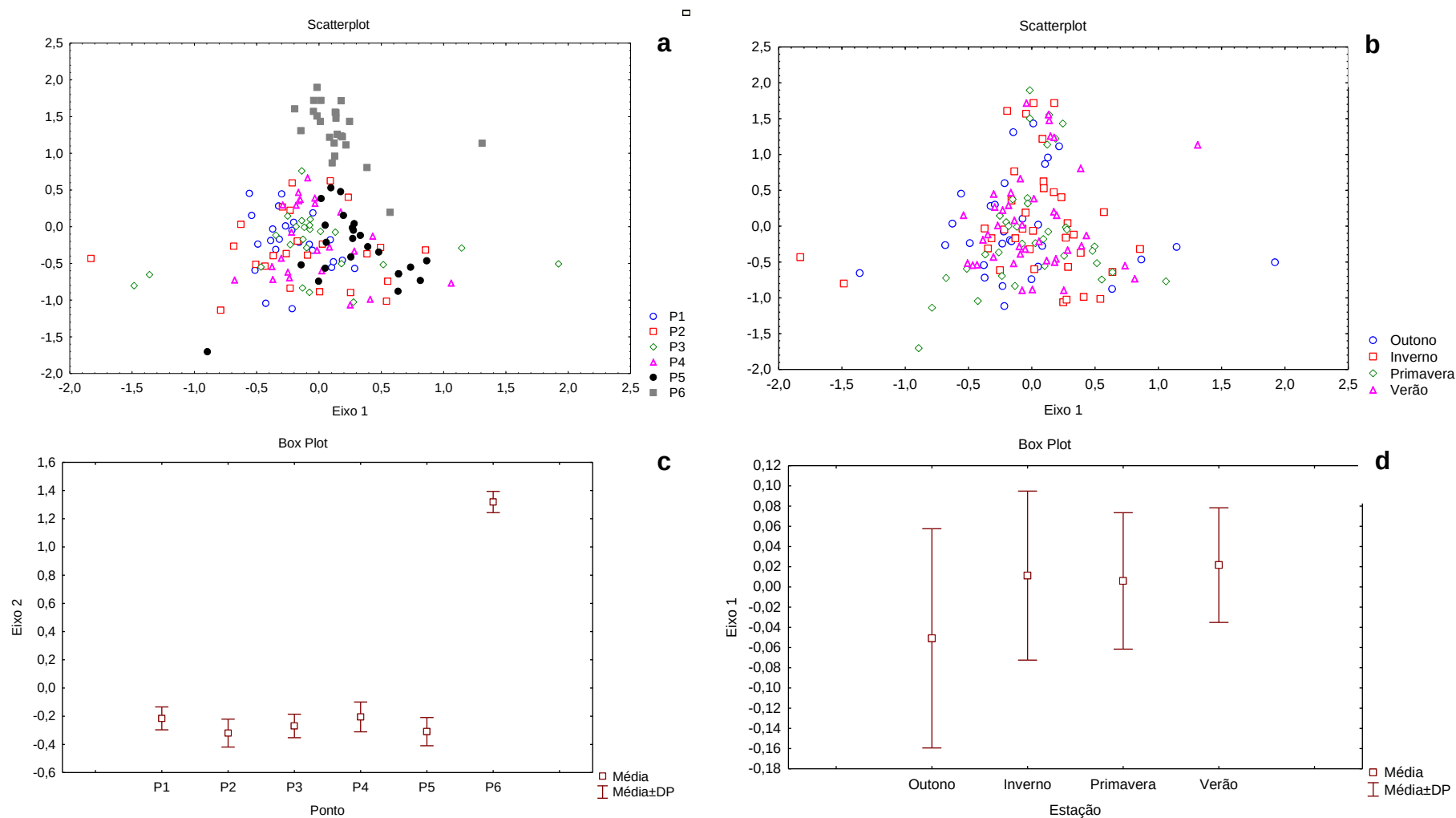
Apêndice A – Número total indivíduos identificados em cada ponto amostrados do rio São Francisco Verdadeiro.

Familia	NÚMEROS DE INDIVÍDUOS						Total
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	
Corbiculidae	0	3	12	2	0	0	17
Sphaeriidae	1	1	6	1	4	42	55
Ampullariidae	0	5	2	232	0	0	239
Planorbidae	0	0	1	0	0	0	1
Hydrobiidae	0	0	0	1	0	0	1
Thiaridae	0	19	51	0	0	0	70
Physidae	0	0	0	0	0	14	14
Aeglidae	204	61	145	66	44	0	520
Atyidae	0	2	15	7	8	0	32
Trichodactylidae	0	0	0	0	2	0	2
Elmidae	249	99	220	64	27	17	676
Ceratopogonidae	0	1	1	0	0	0	2
Chironomidae	566	586	637	860	556	14143	17348
Empididae	0	0	0	0	1	1	2
Simuliidae	83	9	22	3	0	0	117
Psychodidae	0	0	0	0	0	1	1
Naucoridae	0	1	0	0	0	0	1
Baetidae	0	0	1	1	0	0	2
Caenidae	1	0	0	0	0	0	1
Leptophlebiidae	252	234	105	212	3	3	809
Aeshnidae	0	1	0	0	0	0	1
Corydalidae	5	1	1	0	0	0	7
Gomphidae	1	7	2	4	4	10	28
Libellulidae	6	11	7	0	1	3	28
Megapodagrionidae	1	1	0	1	0	0	3
Perlidae	1	1	2	1	0	0	5
Hydropsychidae	454	315	205	128	50	177	1329
Hydroptilidae	4	1	0	1	3	0	9
Hydrobiosidae	0	0	0	0	2	0	2
Leptoceridae	1	0	0	2	0	0	3
Philopotamidae	1	1	0	8	0	0	10
Perilestidae	0	0	0	0	1	0	1
Calopterygidae	1	7	0	0	3	0	11
Glossiphoniidae	43	90	74	18	83	7706	8014
Entomobryidae	0	0	0	2	0	0	2
Oligochaeta	4	37	7	2	30	1369	1449
Total	1878	1494	1516	1616	822	23486	30812

Apêndice B – Número total indivíduos identificados em cada estação no período de abril de 2013 a abril de 2014 no São Francisco Verdadeiro.

Família	ESTAÇÃO			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Corbiculidae	2	0	3	12
Sphaeriidae	26	27	2	0
Ampullariidae	0	5	133	101
Planorbidae	1	0	0	0
Hydrobiidae	1	0	0	0
Thiaridae	2	0	15	53
Physidae	14	0	0	0
Aeglidae	220	77	64	159
Atyidae	6	3	8	15
Trichodactylidae	0	0	1	1
Elmidae	76	52	152	396
Ceratopogonidae	1	0	0	1
Chironomidae	2011	6174	4852	4311
Empididae	1	1	0	0
Simuliidae	18	91	2	6
Psychodidae	0	0	0	1
Naucoridae	0	0	0	1
Baetidae	0	1	0	1
Caenidae	0	0	1	0
Leptophlebiidae	288	193	174	154
Aeshnidae	1	0	0	0
Corydalidae	1	1	0	5
Gomphidae	14	2	0	12
Libellulidae	1	6	4	17
Megapodagrionidae	0	0	0	3
Perlidae	3	0	1	1
Hydropsychidae	641	119	174	395
Hydroptilidae	1	0	0	8
Hydrobiosidae	0	2	0	0
Leptoceridae	0	0	1	2
Philopotamidae	0	0	0	10
Perilestidae	0	1	0	0
Calopterygidae	0	4	0	7
Glossiphoniidae	1459	1503	2598	2454
Entomobryidae	0	2	0	0
Oligochaeta	249	1177	18	5
Total	5037	9441	8203	8131

Apêndice C – Escores dos eixos (Eixo 1 e Eixo 2) da análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para análise de padrões espaciais (a) e temporais (b) na comunidade de macroinvertebrados aquáticos no período de abril de 2013 a abril de 2014. Variação média dos escores da NMDS, eixo 2 para os pontos de coleta (c) e eixo 1 para as estações (d).



Apêndice D - Localização dos pontos amostrados de macroinvertebrados bentônicos no rio São Francisco Verdadeiro.

