

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ CENTRO DE ENGENHARIAS E
CIÊNCIAS EXATAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA

BRUNA FITARELLI

Influência das atividades antrópicas sobre a colonização em substrato artificial
por macroinvertebrados bentônicos em rio de baixa ordem no Sul do Brasil

Toledo/2017

BRUNA FITARELLI

Influência das atividades antrópicas sobre a colonização em substrato artificial por macroinvertebrados bentônicos em rio de baixa ordem no Sul do Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – 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 Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Vanderlei Sanches

Co-orientador: Prof. Dra. Gilza Maria de Souza- Franco

Toledo/2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

BRUNA FITARELLI

Influência das atividades antrópicas sobre a colonização em substrato artificial
por macroinvertebrados bentônicos em rio de baixa ordem no Sul do Brasil

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Paulo Vanderlei Sanches
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* Toledo (Presidente)

Prof. Dr. Gilmar Baumgartner
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* Toledo

Prof. Dr. Yara Moretto
Universidade Federal do Paraná - *Campus* Palotina

Aprovado em:

Local de defesa: Auditório do GERPEL/Campus de Toledo

Dedicatória



Aos meus pais, Flavio e Vanecir, com todo meu amor e gratidão, por tudo que fizeram por mim ao longo de minha vida. Desejo poder ter sido merecedora do esforço dedicado por vocês em todos os aspectos, especialmente quanto á minha formação. Vocês são meus espelhos amo vocês muito.

Ao meu irmão, Roberto embora tenham as incontáveis diferenças, é em você que me apoio te amo cara.

Ao meu namorado, Joziel pelo amor e apoio, por renascer em mim a importância do conhecimento. É em você que me inspiro, em sua garra, força e vontade de “ganhar esse mundo louco” pelo caminho mais honesto. Obrigada por compreender minha ausência e não fazer esmorecer meu sonho. Tenho muito orgulho de você.

A minha amada rainha Vovó Inês durante essa minha trajetória acadêmica sempre me incentivou e torceu pelo meu sonho com toda sua sabedoria.

Minhas Madrinhas Valecir e Lucivane pelos conselhos e incentivo desde pequena pelo estudo.



Agradecimento

Agradeço a todas as pessoas que estiveram presentes durante este trabalho e muito antes deste começar. A vocês, muitíssimo obrigada! E em especial:

Ao meu orientador Prof^o Dr^o. Paulo Vanderlei Sanches, pela orientação meticulosa e impecável, pelo carácter exemplar e pela incontestável disponibilidade. Acima de tudo, sinto-me honrada em tê-lo como meu Orientador.

À minha Co-orientadora, Prof^a Dra. Gilza Maria de Souza-Franco, por toda confiança e por ter me apresentado neste programa de Pós-graduação, nenhuma palavra será suficiente para lhe mostrar minha eterna gratidão. Obrigada pelas contribuições e por ter sido uma verdadeira mestre e guia durante minha formação acadêmica.

Ao Prof^o Dr. Pitágoras Piana pelas contribuições e ajuda na estática.

Aos Professores Drs. Gilmar Baumgartner, Yara Moretto e Jacir Dalmagro pelas contribuições ao trabalho.

Ao esposo da minha co-orientadora Rui Marcio Franco, pela amizade e incentivo nesta vida acadêmica, meu muito obrigado pelas inúmeras conversas e caronas durante este período, vocês foram fundamentais.

Aos meus colegas de laboratórios Menino Antônio, Anderson (Cabelo), Angélica, Tati, Pedro, Adri, Joana e Thiago (Pardal) muito obrigado pelas conversas, brincadeiras durante esses dois anos por inúmeras vezes a saudade de casa era amenizada por vocês.

As minhas amigas Ahiana e Loana por todo carinho, amor e amizade vocês são a certeza que existe amor à primeira vista, são simplesmente maravilhosas! Fico me perguntando como a vida juntou pessoas tão diferentes e ao mesmo tempo tão iguais.

Angélica, Deividy, Geh, Vanilva e Gislaine muito obrigada pelos domingos e dias de semana que faziam serem os melhores e pela amizade linda que se formou durante este pouco tempo que estive em Toledo, levarei vocês para sempre em minha vida.

Ao grupo de Pesquisa em Recursos Pesqueiros e Limnologia (GERPEL) muito obrigada pela estrutura e apoio para realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, muito obrigada pelos profissionais e docentes que aprimoraram nossos conhecimentos.

A CAPES, pela bolsa de pesquisa.

A Deus por tudo!

RESUMO

FITARELLI, B. INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS SOBRE A COLONIZAÇÃO EM SUBSTRATO ARTIFICIAL POR MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RIO DE BAIXA ORDEM NO SUL DO BRASIL 20/04/2017. 33p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo

Partindo do pressuposto que os impactos antrópicos exercem influência sobre os macroinvertebrados bentônicos, este estudo teve como objetivo verificar, através da análise da colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial, possíveis influências de diferentes graus de impacto sobre os atributos de comunidade, colonização, sucessão ecológica e na composição dos grupos tróficos funcionais. Especificamente, este estudo buscou responder as seguintes questões: *i*) haverá alterações nos atributos de comunidade e de grupos funcionais nos pontos de amostragem e ao longo do período de exposição dos substratos artificiais? *ii*) O grau de impacto influencia no processo de colonização e sucessão ecológica e na distribuição dos grupos tróficos funcionais? As amostragens foram realizadas no rio Toledo (Toledo-PR) entre março e maio 2016 em três pontos amostrais distribuídos no sentido nascente-foz (P1 – Nascente, P2 - Meio e P3 - Foz). Foi verificada a colonização de 2.019 indivíduos (ind) sendo que a maior ocorrência de Chironomidae (1044 ind) seguido de Oligochaeta (475 ind) e Glossiphoniidae (347 ind). Embora a equitabilidade tenha tido menores valores temporalmente no P3, os atributos de comunidade não sofreram influência significativa, tanto nos pontos como no período de exposição do substrato. Em relação à distribuição dos táxons temporal e espacialmente, foi possível observar um processo de sucessão ecológica principalmente nos pontos com menor grau de impacto e, aliado com as maiores ocorrências de espécies tolerantes no P3, indica uma influência da degradação ambiental sobre a distribuição dos táxons. Já a distribuição dos grupos tróficos funcionais não evidenciou influências do tempo de exposição do substrato, porém em relação aos pontos de coleta, o grau de impacto pode ter influenciado, uma vez que alterou a proporção da ocorrência destes grupos, devido ao aumento de organismos raspadores pertencentes a grupos tolerantes.

Palavras –chaves: Ecossistemas aquáticos, sucessão ecológica , grupos tróficos.

ABSTRACT

Fitarelli, B. INFLUENCE OF ANTHROPIC ACTIVITIES ON ARTIFICIAL SUBSTRATE COLONIZATION BY BENTHIC MACROINVERTEBRATES IN A LOW ORDER RIVER IN SOUTHERN BIL. 20/04/2017. 33p. Thesis (MA) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo.

Assuming the presumption that the anthropic impacts influence benthic macroinvertebrates, this study aimed to verify, through the analysis of the colonization by benthic macroinvertebrates in the artificial substrate, possible influences of different degrees of impact on the attributes of community, colonization And ecological succession and composition of functional trophic groups. Specifically, this study sought to answer the following questions: i) will there be changes in community attributes and functional groups at the sampling points and over the exposure period of the artificial substrates? Ii) Does the degree of impact influence the process of colonization and ecological succession and the distribution of functional trophic groups? Samples were collected in the Toledo river (Toledo-PR) between March and May 2016 at three sampling points distributed in the nascent-foz direction (P1 – Nascente, P2 - Meio and P3 – Foz). It was verified the colonization of 2,019 individuals (ind) being the highest occurrence of Chironomidae (1044 ind) followed by Oligochaeta (475 ind) and Glossiphoniidae (347 ind). Although the equitability had lower values temporarily in P3, the community attributes did not have significant influence, both in the points as in the exposure period of the substrate. In relation to the distribution of the taxa temporally and spatially, it was possible to observe a process of ecological succession mainly in the points with the lowest degree of impact and, together with the higher occurrences of tolerant species in P3, indicates an influence of the environmental degradation on the distribution of the taxa . However, the distribution of the functional trophic groups did not show any influence on the time of exposure of the substrate, but in relation to the collection points, the degree of impact may have influenced the occurrences, since it changed the proportion of the occurrence of these groups, due to the increase of Organisms belonging to tolerant groups.

Keywords: Aquatic ecosystems, ecological succession, trophic groups

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	7
Sumário	9
Introdução	10
Resultados	15
Discussão	20
Referências	24
Material Suplementar	29

Introdução

Os ecossistemas aquáticos nas últimas décadas têm sido alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas (CALLISTO et al., 2001). 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 (COPATTI et al., 2010).

Segundo Baptista (2008), áreas impactadas seriam aquelas onde a magnitude do impacto excederia a capacidade de regeneração dos ecossistemas levando a um processo de degradação. Como consequência destas atividades aumenta a disponibilidade dos nutrientes nos ambientes aquáticos (WOODWARD et al., 2010). Os rios, portanto, integram o que acontece em seu entorno, considerando-se o uso e ocupação do solo (CALLISTO et al., 2001). Dessa maneira, a qualidade, integridade da comunidade em ambientes lóticos é o reflexo da sua bacia de drenagem, estrutura morfológica e geológica, bem como da dinâmica das suas áreas (NUNES et al., 2014).

As perturbações antrópicas em bacias de drenagem afetam as comunidades aquáticas devidas o processo de carreamento (PERREIRA, 2011). Nesses ambientes a estrutura do habitat tem um papel importante nas comunidades com influência significativa na determinação da riqueza de invertebrados bentônicos (TANIGUCHI; TOKESHI, 2004). Muitas espécies de invertebrados bentônicos desenvolvem adaptações fisiológicas e morfológicas fortemente associadas com as condições do habitat (KIKUCHI; UIEDA, 2005).

Os macroinvertebrados bentônicos são importantes para o ambiente aquático por desempenhar papel fundamental na degradação do material alóctone em riachos, principalmente em nascentes (SANTOS; RODRIGUES, 2015). Eles são considerados ótima ferramenta para avaliação da qualidade dos corpos hídricos (RUARO et al., 2016) devido a sua importância no fluxo de energia e na ciclagem de nutrientes (JUNQUEIRA, et al., 2000), uma vez que possuem diferentes respostas às variações ambientais, sendo utilizados como indicadores da qualidade de água (MARTINI et al., 2013). A comunidade bentônica é representada por vários grupos taxonômicos como poríferos, platelmintos, anelídeos, moluscos, crustáceos, aracnídeos e insetos, que habitam principalmente os sedimentos, vegetação aquática além de troncos, folhas e pedras que constituem os leitos de sistemas lóticos e lênticos (LI et al., 2016). Esses organismos participam do processo de decomposição da matéria orgânica, reduzindo o tamanho das partículas (GONCALVEZ et al., 2006), além de fazerem parte das cadeias alimentares de vários outros organismos aquáticos, como peixes (TUPINAMBÁS et al., 2007).

Experimentos de colonização permitem conhecer a fauna bentônica presente numa área, possibilitando análise que ocorrem na composição da comunidade ao longo do tempo, pois a reposição progressiva de uma comunidade por outra, envolve não somente uma mudança de táxons, mas, alterações nas características do ambiente (CARVALHO; UIEDA, 2004). O uso destas ferramentas em ambientes aquáticos pode contribuir na elaboração de estratégias de conservação e resultam em previsões mais precisas do que aquelas feitas com os métodos tradicionais de amostragem (dragas, suber) (SOUZA et al., 2008; SILVEIRA; QUEIROZ, 2006).

A utilização de substratos artificiais na amostragem da comunidade de macroinvertebrados bentônicos é comum em estudos de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos (BEGHELLI et al., 2014). Estes métodos buscam se assemelhar às características do ambiente a ser amostrado (BICUDO; BICUDO, 2004) possibilitando padronizar as amostragens em ambientes semelhantes, assim como amenizar o efeito da variabilidade de substratos naturais em diferentes locais (GUERESCHI, 2004). Os substratos artificiais são os mais indicados para os estudos de colonização pelos organismos bentônicos, uma vez que simulam um habitat disponível para ser colonizado e, desta maneira, ideal para se avaliar os processos de sucessão ecológica dentro da comunidade. Além disso, o uso de substrato artificial, quando composto de material foliar, pode mensurar e analisar padrões de decomposição por macroinvertebrados, determinando assim preferências alimentares por táxons (PERALTA-MARAVÉ, et al., 2011).

Assim, assumindo-se o pressuposto que os impactos antrópicos exercem influência sobre os macroinvertebrados bentônicos, este estudo teve como objetivo verificar, através da análise da colonização por macroinvertebrados bentônicos em o substrato artificial, possíveis influências de diferentes graus de impacto sobre os atributos de comunidade, colonização e sucessão ecológica e na composição dos grupos tróficos funcionais. Especificamente, este estudo buscou responder as seguintes questões: *i*) haverá alterações nos atributos de comunidade e de grupos funcionais nos pontos de amostragem e ao longo do período de exposição dos substratos artificiais? *ii*) O grau de impacto influenciará no processo de colonização e sucessão ecológica e na distribuição dos grupos tróficos funcionais?

Materiais e Métodos

Este estudo foi realizado no rio Toledo, um rio de baixa ordem localizado no município de Toledo, Oeste do estado do Paraná. O rio apresenta fluxo em sentido leste-oeste e extensão

de aproximadamente 26,5 km, desaguando no Rio São Francisco Verdadeiro (WINTER et al., 2005) e toda sua extensão está dentro dos limites do município. Na maior parte de sua bacia de drenagem são observadas áreas com intensa atividade agrícola, com cultivo de soja e milho, além de atividades de pecuária, suinocultura e avicultura e, em seu terço final, o rio atravessa um trecho urbano do município. Embora, sofra uma série de impactos devido às atividades antrópicas em seu entorno, o rio Toledo tem importância para a comunidade local, uma vez que é utilizado como manancial de captação de água e abastece parte da população.

O estudo foi conduzido nos meses de março, abril e maio de 2016, em quatro períodos de coleta, sendo que cada período compreendeu um ciclo de 16 dias. Para a realização do estudo foram determinados três pontos de amostragem distribuídos no sentido nascente-foz (Fig. 1), sendo o ponto 1 (P1) localizado próximo à nascente, ponto 2 (P2) localizado no trecho médio e o ponto 3 (P3) localizado próximo à foz do rio imediatamente após a zona urbana (Tabela 1).

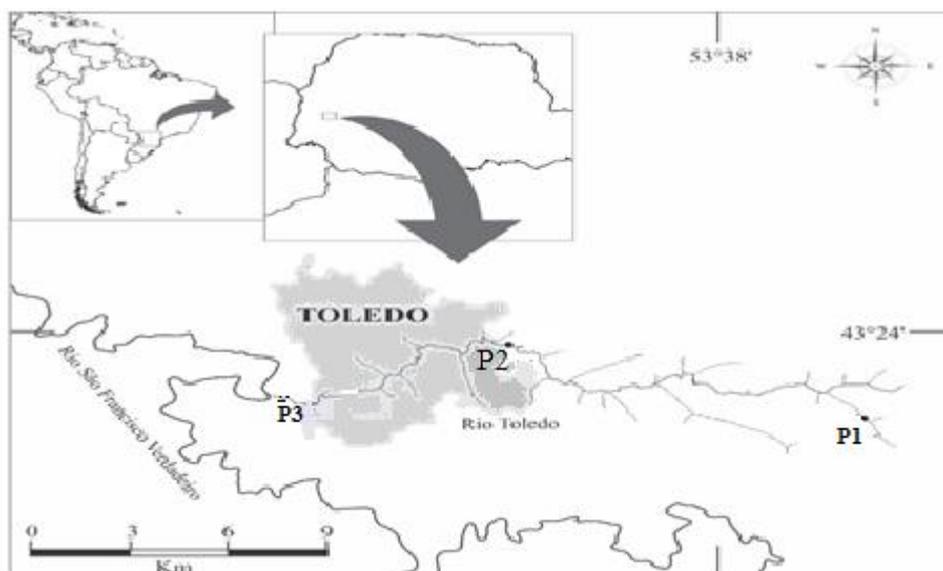


Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem no rio Toledo, durante o período de estudo. P1(nascente) P2 (meio) P3 (Foz). A área destacada representa o perímetro urbano da cidade de Toledo.

Tabela 1 - Características e coordenadas geográficas dos pontos de amostragem no rio Toledo, durante o período de estudo.

Ponto de amostragem	Coordenadas geográficas	Características
P1 (Nascente)	24°45'45.54" S 53°35'02.35" O	Localizado na zona rural a aproximadamente 500 metros da nascente. Fundo arenoso com matéria orgânica particulada grossa, como galhos, folhas troncos etc. Com profundidade aproximadamente de 50 cm, possui margens com mata ciliar estreitas com aproximadamente 40 metros de largura em cada lado. Em seu entorno há o predomínio de atividades agrícolas (lavouras de milho e soja) e suinocultura.
P2 (Meio)	24°44'17.69" S; 53°41'20.68" O	Localizado na zona rural, antes da área urbana do município de Toledo, próximo à BR 476 que liga a cidade de Cascavel e Toledo. Sedimento de fundo com predomínio de laje e deposição de areia e pouca matéria orgânica vegetal junto às margens, apresentando cerca de 1m de profundidade. Mata ciliar densa com aproximadamente 130 metros de largura em cada margem. Entorno com predomínio de lavouras de soja e milho.
P3 (Foz)	24°45'14.35" S; 53°46'33.91" O	Localizado logo após a área urbana do município de Toledo a aproximadamente 300 metros da foz, nas proximidades da pedreira municipal. Fundo areno-rochoso, com depósitos de matéria orgânica e lodo junto às margens e cerca de 1 m de profundidade. Mata ciliar bem preservada com aproximadamente 230 metros de largura em cada lado. Entorno com atividades agrícolas (lavoura de soja e milho) e extração de granito (pedreira).

Os pontos amostrados foram classificados de acordo com o grau de impacto utilizando o protocolo de Caracterização Rápida de Condições Ecológicas, proposto por Callisto et al. (2002). Este protocolo indica o estado de conservação das condições ecológicas dos trechos estudados baseado em uma série de características visíveis e gera uma pontuação, na qual valores de 0 a 40 representam um trecho impactado, de 41 a 60 representa trechos alterados e acima de 61 representa trechos naturais (EPA,1987). Desta maneira, o ponto Nascente (P1) foi classificado como "Natural", o Meio (P2) "Alterado" e o ponto Foz (P3) "impactado".

Para a realização das amostragens foram utilizados substratos artificiais elaborados a partir de uma adaptação do substrato artificial desenvolvido por Volkmer-Ribeiro et al. (2004) (Fig. 2), que consistiu em duas garrafas de polietileno (PET) com volume de dois litros, cortadas ao meio e perfuradas formando-se orifícios de aproximadamente um centímetro de diâmetro cada. O interior das garrafas PET foi preenchido com bucha vegetal (*Luffa cylindra*), e então as duas partes unidas. Foram fixados pesos junto às extremidades dos substratos a fim de mantê-lo submersos.



Figura 2- Imagem do substrato artificial para a colonização de macroinvertebrados bentônicos utilizado no estudo. (Adaptado de Volkmer-Ribeiro et al. (2004))

Em cada período de coleta foram instalados quatro substratos por ponto, sendo utilizados ao todo 48 substratos. Para estudar a variação temporal da colonização foi recolhido em cada ponto um substrato a cada quatro dias, ou seja, no quarto, oitavo, décimo segundo e décimo sexto dia após a incubação do substrato. A determinação da duração do período de exposição dos substratos foi baseada em estudo piloto onde foi determinado o tempo em que a bucha se manteve íntegra no interior dos substratos.

A instalação dos substratos foi realizada junto às margens (em uma profundidade de aproximadamente cinquenta centímetros) em áreas de fluxo reduzido (remansos). Durante a amostragem do material, cada substrato foi depositado imediatamente após sua retirada da água em um saco plástico a fim de se evitar a perda de organismos com o escoamento. Após a retirada do substrato, o material (substrato e água escoada dentro do saco) foi fixado, ainda em campo, com solução de álcool 70%.

Em laboratório, os substratos foram lavados com água corrente sobre peneira de malha 0,3 mm e todo o material contido dentro dos substratos (sedimento e organismos) foi transferido para potes plásticos e fixado em álcool 70% para posterior análise. Para a retirada de organismos que porventura se encontrassem presos às fibras, as buchas foram observadas em microscópio estereoscópico.

A identificação do material foi efetuada em nível de família (exceto Oligochaeta, que não foi possível identificar nesse nível taxonômico), utilizando microscópio estereoscópico e chaves de identificação (TRIVINHO-STRIXINO; STRIXINO, (1995); BOUCHARD, (2004);

COSTA; IDE; SIMONKA, (2006); MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, (2010); HAMADA, NESSIMIAN; QUERINO, (2014)).

Após a identificação, a estrutura da comunidade foi avaliada por meio da riqueza taxonômica (S), dos índices de equitabilidade (E) e diversidade de Shannon-Wiener (H) (Magurran, 2013), que foram calculados por meio pacote estatístico do programa Past[®] (Hammer et al. 2007). Os organismos bentônicos foram também classificados em categorias tróficas funcionais, estabelecidas de acordo com a classificação de Callisto, Moretti e Goulart (2000); Santos e Rodrigues (2015).

Para testar se a riqueza, a equitabilidade e a diversidade de táxons foram distintas em relação aos locais e tempos de exposição do substrato, ou ambos, foram empregadas análises de variância bifatorial (ANOVA bifatorial) (ZAR, 1999). Os pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (teste de Levene) foram calculados e testados. O teste a posteriori de Tukey foi aplicado para identificar quais categorias dos grupos apresentaram médias diferentes quando a ANOVA foi significativa ($p < 0,05$).

Resultados

Foram capturados ao todo 2.019 indivíduos, pertencentes aos filos Mollusca (2 classes, 2 ordens e 5 famílias), Annelida (1 classe e 1 família (além de Oligochaeta) e Arthropoda (1 classe, 7 ordens e 23 famílias) (Tabela 2). As maiores capturas foram registradas no ponto próximo a foz (P3) com 1.230 organismos, seguida do ponto próximo a nascente (P1), com 535 e meio com 248 organismos. Dos organismos registrados, os maiores valores em número foram de Chironomidae (1044 ind.), seguido de Oligochaeta (475 ind.) e Glossiphoniidae (347 ind.) (Tabela 2; Fig.3).

Na análise das distribuições dos táxons por ponto de coleta, no ponto P1 (classificado como “natural”) foram registrados 24 táxons, sendo os mais abundantes Chironomidae, Helotrephidae e Elmidae. Embora, em menor abundância, as famílias Aeshnidae, Tipulidae, Culicidae e Calamoceratidae ocorreram exclusivamente neste ponto. Já os pontos P2 e P3 (considerados “alterado” e “impactado”, respectivamente) apresentaram resultados semelhantes, tanto em número táxons como em termos de composição taxonômica, sendo coletadas 18 táxons com maiores ocorrências de Chironomidae, Oligochaeta e Glossiphoniidae.

Em relação ao tempo de exposição dos substratos houve um aumento gradativo na colonização ao longo do tempo para Chironomidae em todos os pontos, para Oligochaeta e

Glossiphoniidae no ponto P3. Os demais táxons não apresentaram variações ao longo do tempo (Tab. 2).

Os resultados avaliados para os atributos da comunidade bentônica riqueza (S), equitabilidade (E) e índice de diversidade (H) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação ao tempo de exposição do substrato e aos locais amostrados. Entretanto, estes atributos variaram entre os pontos e dias de coleta, com os maiores valores de riqueza observados no P1 (16), seguido do P2 (13) e P3 (13). Em relação aos dias de coleta, houve uma tendência de aumento da riqueza de famílias ao longo do período avaliado, com menores valores no 4º dia (4) 8º dia (6) e maiores 12º e 16º dias apresentaram valores próximos (16 e 13, respectivamente) (Fig 4A).

Tabela 2. Enquadramento taxonômico, ocorrência por ponto e tempo de exposição do substrato e classificação por grupos funcionais dos macroinvertebrados bentônicos obtidos durante o período de estudo no rio Toledo.

Filo	Classe	Ordem	Família	Ponto/Tempo de exposição												Grupos Funcionais				
				P1 - Nascente				P2 - Meio				P3 - Foz								
				4	8	12	16	4	8	12	16	4	8	12	16					
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Corbiculidae		4									1			2	Filtrador		
	Gastropoda	Basommatophora	Ancylidae															1	Raspador	
			Physidae				1			2	1	4				6	2	Raspador		
			Planorbidae				1									1			Raspador	
			Lymnaeidae															4	Predador	
Annelida	Citellata "Oligochaeta"			1	4	2	8	9	2		19	124	140	166			Detritívoro			
Arthropoda	Insecta	Rhynchobdellida	Glossophonidae		3	3		1	5	3	2	85	90		155			Predador		
		Coleoptera	Dytiscidae	1	1	2						1							Predador	
			Elmidae	1	6	1		1	3	5								1	Coletor	
			Gyrinidae				1						1							Predador
			Psephenidae	3			1										8	4		Raspador
		Diptera	Ceratopogonidae				1	2	2	1										Predador
			Chironomidae	26	121	166	147	32	38	12	101	82	38	122	159					Predador /Coletor
			Tipulidae				1	1												Raspador
			Culicidae		3	1	1													Coletor
			Empididae				1	5												Predador
			Ephemeroptera	Leptophlebiidae				2					1							Coletor /Raspador
		Hemiptera	Heteroptera	4	3	5						1							Predador	
		Megaloptera	Corydalidae	4			1				2								3	Predador
		Odonata	Gomphidae		1	1					1	1			1					Predador
			Aeshnidae	1	1															Predador
			Libellulidae		1	3					1									Predador
			Megapodagrionidae			2	1													Predador
			Calopterygidae				1													Predador
			Coenagrionidae									1								Predador
		Trichoptera	Calamoceratidae	1																Fragmentador
			Hydropsychidae						1										1	Coletor /Predador
			Polycentropodidae				1				2	6							4	Coletor/Predador
			Leptoceridae								1									Fragmentador
Hydrobiosidae	1												1					Predador		
Total				43	144	184	164	45	53	34	116	193	262	276	499					
												2019								

*(N) nascente; (M) meio; (F) foz.

Em relação ao índice de diversidade de táxons, foi observado aumento nos valores desse atributo em direção à jusante. Os valores de diversidade nos pontos menos impactados (P1 e P2) foram similares (0,98 e 0,97, respectivamente) enquanto que, no ponto com maior grau de impacto (P3) obteve-se o maior valor (1,23) (Fig 4B). Em relação aos dias de amostragem, os

resultados para diversidade de Shannon mostraram menores valores no 4º dia para P3 (0,46) e 8º dia para P2 (0,78 respectivamente) e maiores no 4º P1 (1,23) e 16º (1,29) (Fig. 4B).

Para equitabilidade, em relação aos pontos de coleta os resultados foram com menores valores no 4º dia na nascente (P1) e meio (P2) com 0,28 e 0,36 e respectivamente maiores no 16º dias na foz (P3) com 0,65 (Fig 4C). Entretanto, em relação aos dias de coleta foi observado um aumento ao longo do período, com menores valores no 4º dia (0,28) e maiores no 16º dia (0,65) (Fig. 4C).

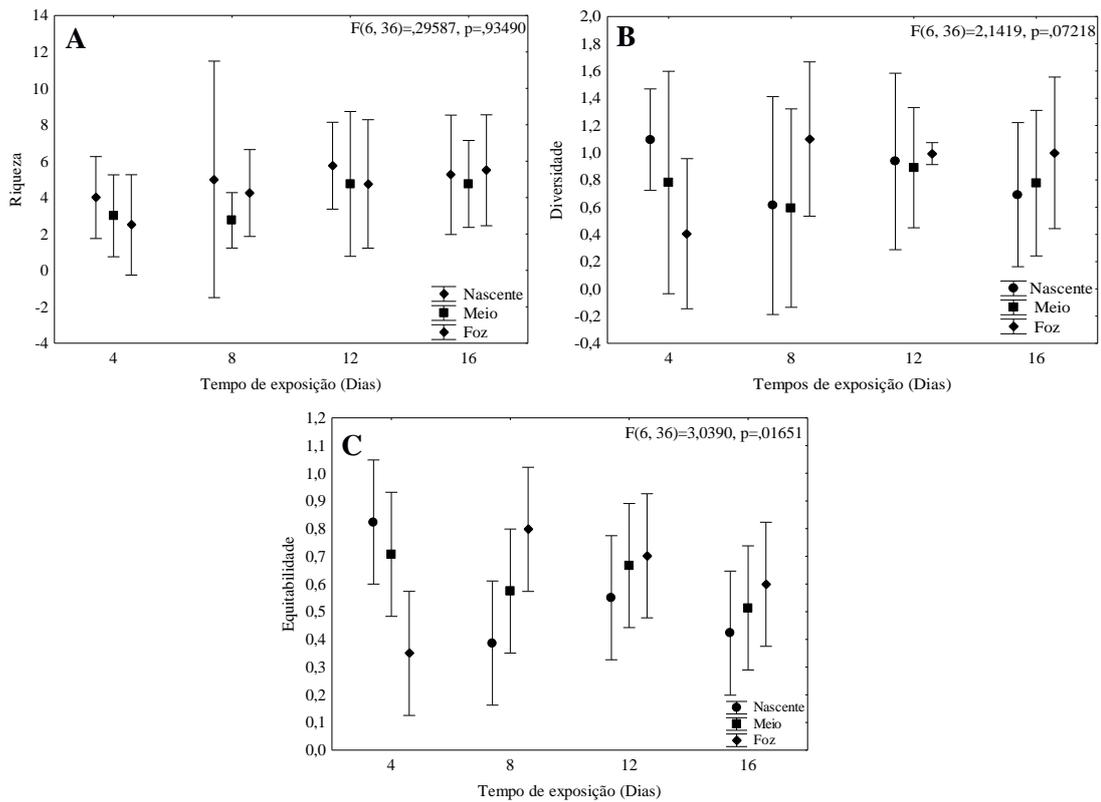


Figura 4. Valores dos atributos de comunidade, riqueza (A), índice de diversidade (B) e equitabilidade (C) de macroinvertebrados bentônicos por ponto de coleta e dias de exposição do substrato durante o estudo no rio Toledo.

Comparando-se esta distribuição em relação ao grau de impacto dos pontos de coleta, embora todos os grupos que ocorreram no ponto mais impactado (P3) tenham ocorrido nos pontos menos impactados (P1 e P2) (exceto Hydropsychidae), muitos grupos que tiveram ocorrências nestes pontos não ocorreram no P3, indicando que o grau de impacto interferiu na distribuição da comunidade bentônica (Fig. 5). Entretanto, outros tiveram ocorrência restrita exclusivamente a determinado ponto de coleta e dia de exposição, como Calamoceratidae no ponto P1 no 4º dia e Hydropsychidae no P3 no 16º dia (Fig. 5). Em relação às ocorrências temporais, aparentemente o grau de impacto também influenciou as distribuições dos grupos.

Nos pontos P1 e P2 pode-se observar um padrão sucessional, com a ocorrência de substituição de grupos durante o período de exposição dos substratos, padrão este não observado no P3 (Fig. 5). Mesmo entre os pontos de coleta menos impactados foi possível observar diferenças no padrão de sucessão.

No ponto próximo à nascente (P1) considerado “natural” pelo índice de integridade, nenhum grupo (exceto Chironomidae e Oligochaeta) ocorreu todo o período de exposição dos substratos. Duas famílias (Calamoceratidae, Corydalidae) ocorreram somente no primeiro período de exposição (4 dias), dez famílias começaram a colonização dos substratos a partir do décimo segundo dia, e destas, oito ocorreram somente no último período (16 dias) (Fig. 5A). Ao todo, onze famílias sofreram um processo de substituição, não sendo registradas no final do período.

No ponto P2, classificado como “alterado”, embora tenha ocorrido, o padrão sucessional não foi tão evidente, uma vez que nenhum grupo ocorreu somente no primeiro período de exposição. Seis famílias ocorreram até o décimo segundo dia, cinco a partir do décimo segundo dia e somente quatro ocorreram exclusivamente no décimo sexto dia de exposição do substrato. Dos vinte e um grupos capturados neste ponto, sete foram substituídos ao final do período analisado (Fig.5B).

Já no ponto classificado como “impactado” (P3), não foi observado um padrão de sucessão. Somente Chironomidae e Oligochaeta ocorreram durante todo o período de estudo. Somente uma família ocorreu exclusivamente até o quarto dia (Hydrobiosidae) e seis exclusivamente no décimo sexto. Os demais grupos ocorreram em, pelo menos, dois dos dias do período avaliado (Fig. 5C).

Tabela 3 – Ocorrência dos táxons de macroinvertebrados bentônicos por período de exposição dos substratos artificiais nos pontos de coleta durante o período de estudo no rio Toledo (A) P1 – Nascente; (B) P2 – Meio e (C) P3 – Foz.

A	Táxons	P1 - Nascente				B	Táxons	P2 - Meio				C	Táxons	P3 - Foz			
	Chironomidae						Chironomidae						Chironomidae				
	Oligochaeta						Oligochaeta						Oligochaeta				
	Leptoceridae						Leptoceridae						Leptoceridae				
	Calamoceratidae						Calamoceratidae						Calamoceratidae				
	Coenagrionidae						Coenagrionidae						Coenagrionidae				
	Corydalidae						Corydalidae						Corydalidae				
	Hydrobiosidae						Hydrobiosidae						Hydrobiosidae				
	Psephenidae						Psephenidae						Psephenidae				
	Aeshnidae						Aeshnidae						Aeshnidae				
	Helotrepidae						Helotrepidae						Helotrepidae				
	Dytiscidae						Dytiscidae						Dytiscidae				
	Elmidae						Elmidae						Elmidae				
	Corbiculidae						Corbiculidae						Corbiculidae				
	Gomphidae						Gomphidae						Gomphidae				
	Libellulidae						Libellulidae						Libellulidae				
	Culicidae						Culicidae						Culicidae				
	Glossophonidae						Glossophonidae						Glossophonidae				
	Megapodagrionidae						Megapodagrionidae						Megapodagrionidae				
	Tipulidae						Tipulidae						Tipulidae				
	Leptophlebiidae						Leptophlebiidae						Leptophlebiidae				
	Ceratopogonidae						Ceratopogonidae						Ceratopogonidae				
	Empididae						Empididae						Empididae				
	Ancyliidae						Ancyliidae						Ancyliidae				
	Lymnaeidae						Lymnaeidae						Lymnaeidae				
	Gyrinidae						Gyrinidae						Gyrinidae				
	Physidae						Physidae						Physidae				
	Planorbidae						Planorbidae						Planorbidae				
	Polycentropodidae						Polycentropodidae						Polycentropodidae				
	Hydropsychidae						Hydropsychidae						Hydropsychidae				
	Calopterygidae						Calopterygidae						Calopterygidae				
	Tempo de Exposição (Dias)	4	8	12	16		Tempo de Exposição (Dias)	4	8	12	16		Tempo de Exposição (Dias)	4	8	12	16

Considerando os grupos funcionais, foi possível observar uma tendência de redução de predadores e coletores no sentido nascente-foz. Os filtradores apresentaram ocorrências semelhantes nos três pontos analisados, enquanto que os raspadores tiveram um aumento no ponto P3 (Fig. 7A).

Embora tenha sido observada uma tendência de influência espacial na distribuição dos grupos tróficos, não é possível afirmar se esta tendência tem relação com o grau de impacto ou com as características estruturais e geomorfológicas do rio. Temporalmente não foi possível observar uma diferenciação na distribuição dos grupos tróficos, apresentando um padrão semelhante em todos os períodos de exposição, maiores ocorrências de coletores e predadores, seguidos de filtradores e raspadores (Fig. 7B).

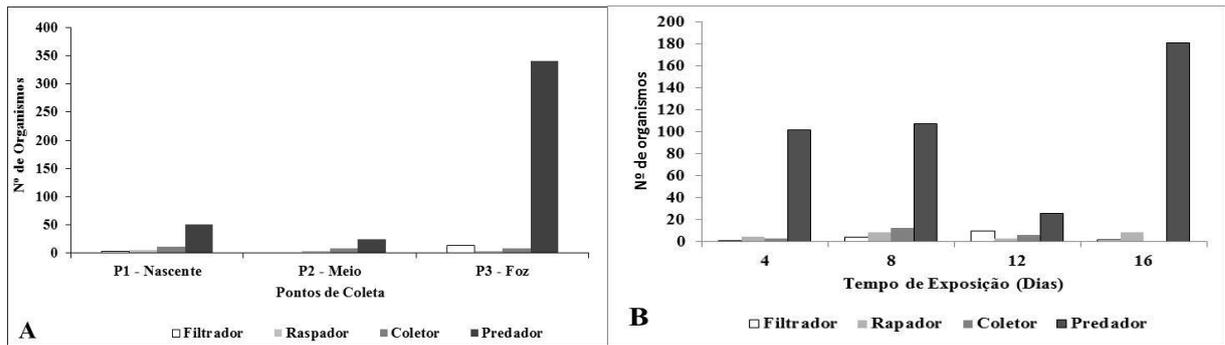


Figura 7. Distribuição dos grupos funcionais de macroinvertebrados bentônicos capturados por pontos (A) e tempo de exposição do substrato (B) no rio Toledo.

Discussão

O padrão similar entre diversidade e riqueza tanto nos pontos como nos dias de amostragem, confirmados pelas análises estatísticas, indicam que estes atributos aparentemente não foram influenciados pelo grau de impacto dos pontos de amostragem. Os maiores valores na nascente (P1) e foz (P3) (classificados como “natural” e “impactado”, respectivamente) podem estar relacionados com as características estruturais e geomorfológicas dos pontos, como o tipo de substrato e quantidade de matéria orgânica presente, que conferem uma maior estruturação nos ambientes e, quando comparados, o ponto meio (P2) (“alterado”), apresenta maior velocidade de fluxo e substrato rochoso com pouca deposição de matéria orgânica junto às margens. Tal fato também pode explicar a menor captura total de organismos neste ponto.

A maior estruturação de um ambiente oferece maior quantidade de abrigos e itens alimentares para os organismos (LOPES et al., 2011). Segundo Taniguchi; Tokeshi, (2004) a heterogeneidade do habitat influencia os padrões de distribuição, abundância e diversidade, os processos de predação, competição, dispersão e seleção de habitat e fornece mais nichos e formas de exploração dos recursos ambientais, aumentando assim, a diversidade de espécies. Fato esse pode explicar nossos resultados, onde a maior abundância e riqueza de organismos bentônicos foi em pontos com maiores recursos alimentares disponíveis (P1 e P3). Em relação aos dias de amostragem, os menores valores destes atributos nos primeiros dias e seu aumento gradativo durante o período de exposição é esperado nos primeiros estágios sucessionais, onde apenas os táxons mais oportunistas ocupam habitats disponíveis (CARVALHO; UIEDA, 2004).

A equitabilidade também apresentou tendência semelhante aos demais atributos em relação aos pontos de amostragem, entretanto, tendência oposta foi verificada quando se analisa os dias de exposição do substrato. Os menores valores de equitabilidade ao longo do período de

exposição podem estar relacionados predominância de alguns grupos, como Chironomidae, Oligochaeta e Glossiphoniidae, especialmente nos últimos dias no ponto foz (P3). Este fato dá indícios que o maior grau de impacto influenciou este atributo indicando a presença de poluição no local, uma vez que estes grupos são considerados tolerantes (SILVA et al., 2016). A baixa frequência ou mesmo a ausência de indivíduos pertencentes às ordens Ephemeroptera e Trichoptera na Foz (P3), reforçam a teoria de poluição neste local, uma vez que estes grupos são considerados organismos sensíveis a perturbações ambientais e ocorrem em águas bem oxigenadas, sendo considerados indicadores de boa qualidade água (ROSENBERG; RESH, 1993; BISPO; OLIVEIRA, 2007).

A maior riqueza de Ephemeroptera, e Trichoptera foi encontrada na nascente (P1) isso pode ser explicado pela presença de grande quantidade de material alóctone, refletindo na maior variabilidade de substratos e portanto, maior heterogeneidade ambiental neste ponto. De acordo com Crisci-Bispo et al. (2007), ambientes heterogêneos permitem que um maior número de táxons possam coexistir em um determinado local. A ocorrência exclusiva de larvas de Calamoceratidae neste ponto pode estar relacionada com a entrada de material vegetal no rio, uma vez que elas fragmentam folhas para construção de seus abrigos (PRATHER, 2005).

Embora, não revelado pelas análises estatísticas, a distribuição dos táxons por pontos de coleta aparentemente também foi influenciada pelo grau de impacto, uma vez que a grande parte dos grupos que ocorreram nos pontos P1 e P2, não ocorreram no ponto P3. Vale ressaltar que a presença de grupos tolerantes, como Chironomidae, Oligochaeta e Glossiphoniidae nos pontos P1 e P2 por si só não pode ser considerada como indicativo de impacto nestes locais, uma vez que determina o grau de impacto é a elevada abundância destes grupos e a baixa ocorrência (ou ausência) dos menos tolerantes no local (conforme ocorreu no P3). Algumas espécies tolerantes de Oligochaeta, Chironomidae e Glossiphoniidae, tende aumentar sua abundância quando as condições dos habitats são favoráveis para seu desenvolvimento (ROSA et al., 2014).

Segundo Cortezi et al., (2009) os macroinvertebrados dependem dos recursos alimentares proporcionados pela vegetação adjacente. Assim, o efeito do uso da terra como retirada da vegetação ciliar nos corpos hídricos e liberação de esgoto resultam na degradação dos habitat e impactos negativos sobre a fauna aquática. Desde modo os táxons sensíveis são excluídos permanecendo aqueles mais resistentes ou tolerantes (DOHET et al., 2002) alterando a composição e distribuição. A ocorrência de táxons tolerantes no ponto mais preservados pode estar relacionada às características como ampla distribuição, disponibilidade de habitats e alimento.

A análise da ocorrência dos táxons ao longo do período de exposição do substrato mostrou um processo de sucessão ecológica, uma vez que alguns grupos foram substituídos por outros durante o processo de colonização do substrato. Em um processo de sucessão, ocorre a substituição de espécies por que as populações tendem a modificar o ambiente físico, criando condições favoráveis para outras populações (ODUM, 2004), criando condições para que as demandas de grupos mais especializados sejam supridas.

Dentro os grupos registrados neste estudo, somente Chironomidae e Oligochaeta ocorreram durante todo o tempo de exposição, indicando que estes grupos podem ser um exemplo de um colonizador oportunista, definida no processo de sucessão primária como o grupo que inicia a colonização em substrato estéril (ODUM, 1988). A colonização por Chironomidae em substratos artificiais é discutida em vários estudos, como Santos et al. (2016) e Thomazi et al. (2008), os quais obtiveram resultados semelhantes ao deste estudo. De igual maneira, Carvalho e Uieda (2004) também consideram Chironomidae e Oligochaeta como organismos colonizadores oportunistas, relatando a presença de Oligochaeta desde os primeiros dias coleta, sendo também o segundo grupo de maior em abundância.

Chironomidae, possui ampla distribuição estando presente em larga escala nos ambientes aquáticos (ROQUE et al., 2010) sendo considerado dominante por sua elevada capacidade competitiva, além de possuir na fase adulta grande capacidade de dispersão (LADRERA; RIERADEVALL; PRAT, 2013). Outro fator que pode ter contribuído para a ocorrência destes grupos foi à complexidade estrutural proporcionada pela bucha vegetal propiciando uma maior deposição de matéria orgânica o que torna o ambiente propício a estes organismos, uma vez que são detritívoros (COLLIER et al., 2009). A quantidade de matéria orgânica aderida ao substrato pode ser o principal fator que influencia na colonização de invertebrados, pois altera a homogeneidade física da superfície da área (BRUNO et al., 2012).

O processo de sucessão ficou evidenciado pela substituição dos grupos ao longo do período de estudo. Alguns grupos ocorreram somente nos primeiros dias de exposição (Calamoceratidae e Corydalidae) enquanto que vários outros somente no último período. A ocorrência de Polycentropodidae somente no último período avaliado é exemplo disso. Esta família pertence à Ordem Trichoptera e é considerada um colonizador tardio (SANTOS et al. 2014), principalmente por apresentar maior mobilidade em relação aos outros grupos, o que lhes confere uma vantagem competitiva por alimento e espaço (THOMAZI et al. 2008).

Os resultados obtidos indicam uma aparente desestruturação do processo de sucessão em relação ao grau de impacto nos pontos amostrados. A distribuição dos táxons nos pontos P1

e P2 (embora não tão evidente) mostrou um padrão sucessional característico de substituição de espécies ao longo do tempo, enquanto que no P3 este padrão não foi observado.

Em relação à distribuição dos grupos tróficos funcionais, as análises estatísticas também não mostraram diferenças significativas, tanto espaciais como temporalmente. Entretanto, se analisado as ocorrências, aparentemente houve uma influência espacial na distribuição destes grupos no sentido nascente-foz, principalmente para os coletores e predadores. O predomínio destes grupos no P1 pode estar relacionado com a maior disponibilidade de matéria orgânica particulada grossa de origem alóctone a montante. Resultados semelhantes foram encontrados por Baptista et al. (1998) e Silveira (2001) onde o predomínio destes organismos foi onde teve uma maior quantidade de matéria orgânica. Segundo Merritt; Cummins (1996), a dominância de certos grupos e táxons é reflexo direto da disponibilidade dos recursos alimentares (tanto em quantidade como em qualidade) e dos parâmetros ambientais ali existentes.

Os resultados obtidos neste estudo seguem parcialmente o disposto em Vanotte et al. (1980), que relaciona a maior presença de organismos coletores, fragmentadores e predadores nas áreas de cabeceira e filtradores nas áreas à jusante, pois embora tenham sido registradas maiores ocorrências de organismos coletores e predadores nas áreas a montante, as ocorrências de filtradores foram similares em todos os pontos amostrados. Este resultado pode estar relacionado influência da vegetação ciliar, que é característico em rios de baixa ordem e que conferem características estruturais semelhantes ao longo de todo o rio.

Possivelmente, estas similaridades estruturais entre os pontos amostrados não permitam realizar com segurança uma relação com o grau de impacto nos pontos e a distribuição dos grupos tróficos funcionais. Couceiro et al (2011), também não obtiveram relação entre o grau de impacto e a distribuição dos grupos tróficos funcionais em riachos amazônicos e atribuem esse fato à estabilidade e disponibilidade do substrato. A maior representatividade dos organismos raspadores no P3 pode estar relacionada às ocorrências de Planorbidae, Physidae, Ancyliidae e Lymnaeidae. Este ponto de coleta apresenta em sua margem áreas com predomínio de rochas e seixos que favorece o desenvolvimento de perifiton e disponibiliza alimento abundante para este grupo.

Entretanto, as diferenças no número de organismos e de táxons entre os pontos de coleta podem dar indícios de uma influência indireta do grau de impacto com as ocorrências dos grupos tróficos, ou seja, a degradação ambiental pode até não ter excluído alguma categoria de grupo trófico funcional, mas alterado as proporções de ocorrência delas. A presença de Planorbidae, Physidae, Ancyliidae e Lymnaeidae no P3, organismos considerados tolerantes à poluição, alterou a proporção de ocorrência do grupo raspador neste ponto em relação aos

demais, pode reforçar este indício de influência indireta do grau de impacto sobre os grupos tróficos. Esses moluscos encontrados são típicos de áreas degradadas (FERNANDEZ et al., 2003).

A ocorrência dos organismos praticamente constantes durante os 16 dias de exposição dos substratos indica não haver uma sucessão destes grupos funcionais ao longo do estudo. Já redução da ocorrência de predadores e aumento dos coletores no 12º e 16º dias podem estar relacionadas ao aumento de deposição de matéria orgânica nas buchas. Esta matéria depositada além de fornecer maior disponibilidade de alimento aos coletores, também provê substrato para o abrigo, reduzindo desta maneira a probabilidade de serem capturados.

Desta maneira, baseados nos resultados obtidos pode se concluir que embora a equitabilidade tenha tido menores valores temporalmente no P3, os atributos de comunidade não sofreram influência significativa, tanto nos pontos como no período de exposição do substrato. Em relação à distribuição dos táxons temporal e espacialmente, foi possível observar um processo de sucessão ecológica principalmente nos pontos com menor grau de impacto e, aliado com as maiores ocorrências de espécies tolerantes no P3, indica uma influência da degradação ambiental sobre a distribuição dos táxons. Já a distribuição dos grupos tróficos funcionais não evidenciou influências do tempo de exposição do substrato, porém em relação aos pontos de coleta, o grau de impacto pode ter influenciado as ocorrências, uma vez que alterou a proporção da ocorrência destes grupos, devido ao aumento de organismos raspadores pertencentes a grupos tolerantes.

Referências

- BAPTISTA, D.F.; DORVILLÉ, L.F.M.; BUSS, D.F.; NESSIAMIAN, J.L.; SOARES, L.H.J. Distribuição de comunidades de insetos aquáticos no gradiente longitudinal de uma bacia fluvial do sudeste brasileiro. In NESSIMIAN, J.L. and CARVALHO, E., eds. *Ecologia de Insetos Aquáticos*. Rio de Janeiro: Series **Oecologia Brasiliensis**, v. 5, n. 1, p. 191-207, 1998.
- BAPTISTA, D. F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis** 12 (3):425-441. 2008.
- BEGHELLI, F. et al. Spatial and temporal heterogeneity in a subtropical reservoir and their effects over the benthic macroinvertebrate community. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 2014.
- BICUDO, C.E.M.; BICUDO, D.C. Amostragem de Invertebrados Bentônicos. **Amostragem em Limnologia**, São Carlos-SP: RiMa. 371p. 2004.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n.2, p.283–293, 2007.

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

BRUNO, C.G.C; BATISTA, J. E. ; SOUZA, J. R. ; PAULA, S. M. ; BRITO, B. A. ; CAMELO, F. R. B. ; JACOBUCCI, G. B. . Comparação entre a eficiência de amostragem de dois tipos de substratos artificiais instalados em córregos do Cerrado. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 14, p. 119-130, 2012.

CALLISTO, M., FERREIRA, W., MORENO, P., GOULART, MDC. & PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.4, n.1, 2002. p.91-98.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M.D.C. Benthic macroinvertebrates as a tool of river health assessment. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 6 (1): 71-82. 2001.

CARVALHO, M.E.; UIEDA, S.V.; Colonização por macroinvertebrado bentônico em Substrato artificial e natural em um rio da Serra de Itatinga. São Paulo, Brasil.2004.

CRISCI-BISPO, V. L.; PITÁGORAS C. BISPO, P. C.; FROEHLICH, C. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, p. 312–318, 2007.

COUCEIRO, S.R.M.; HAMADA, N.; LUZ, S.L.B.; FORSBERG, B.R.; PIMENTEL, T.P. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. **Hydrobiologia**, vol. 575, p. 271-284, 2011.

COLLIER, K.J.; HAMER, M.; Chadderton, L. A new substrate for sampling deep river macroinvertebrates. **New Zealand Natural Sciences** 34: 49-61. 2009.

COPATTI, C. E., SCHIRMER, F. G. MACHADO, J. V. V., Diversidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no sul do Brasil. **Revista Perspectiva**. Vol 34, p. 79-91, março, 2010.

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

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

Cummins, K.W. & Klug, M.J. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, 10: 147-172.

- FERNANDEZ, M. A., THIENGO, S. C. & SIMONE, L. R. L., 2003. **Distribution of the introduced freshwater snail *Melanoides tuberculatus* (Gastropoda: Thiaridae) in Brazil.** *Nautilus*, 117(3): 78-82.
- DUDGEON, D. Antropogenic influences on hong kong streans. *Geo Journal* 40 (1-2): 53-61. 1996.
- 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 .[2007](#).
- JUNQUEIRA, M. V.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S.; FRANÇA, E. S. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 12: 73-87, 2000.
- GUERESCHI, R.M. Macroinvertebrados bentônicos em córregos da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP: subsídios para monitoramento ambiental. 82f. **Tese** (Doutorado em Ciências com ênfase em Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos. 2004.
- GONÇALVES, J.F.; GRAÇA, M.A.S.; CALLISTO, M. Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, Mediterranean, and tropical Cerrado climates. *Journal of the North American Society*, 25(2):344-355 2006.
- KIKUCHI, R. M.; UIEDA, V. S. Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Entomología y Vectores, Salta*, v. 12, n. 2, p. 193-231, 2005.
- LADRERA, R.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. Ikastorratza, e **Revista de didáctica**, ISSN-e 1988-5911, Nº. 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.
- LOPES et al, . Influência do hábitat na estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos associados às raízes de *Eichhornia crassipes* na região do Lago Catalão, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* v. 41, p. 493-502, 2011.
- MARTINI, A. G.; RESENDE, D. M. C.; SILVA, L. F. R.; DUARTE, M. A. Distribuição espacial e temporal da fauna de invertebrados bentônicos na APA do município de Coqueiral, MG, com ênfase em Odonata. *Revista Brasileira de Zociências*, v.15, n. 1, 2, 3, p. 183-194, 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.
- MERRIT, R.W. & CUMMINS, K.W. An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque: Kendal/ Hunt Publication Company. 1158p. 1996.
- NUNES, M.V; ROCHA, O. & VERANI, JR. Trophic interactions between the fish *Geophagus brasiliensis* (Cichlidae) and the benthic macroinvertebrate community. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 49, n. 1, p. 11-17, 2014.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara, 434p. 1988
- ODUM, EP.;BARRETT, GW. **Fundamentos de Ecologia**. Tradução da 5a ed. Norteamericana. São Paulo: Cengage Learning. 612p. 2007
- PRATHER, A. L. Revision of the Neotropical caddisfly genus *Phylloicus* (Trichoptera: Calamoceratidae). **Zootaxa**, v. 275, n. 1, 2005.
- PERALTA-MARAVAR, I.; LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M.J.; FENOGLIO, S.; BO, T.; LUZÓN-ORTEGA, J.M. & FIGUEROA, J.M. Macroinvertebrate colonization of two different tree species leaf packs (native vs. introduced) in a Mediterranean stream. **Journal of Freshwater Ecology**, v26, n.4, 2011. p.495–505.
- PEREIRA, A. L. Princípios da restauração de ambientes aquáticos continentais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, 39(2): 1-21, 2011.
- ROSA,B.F.J.V.;RODRIGUES,L.F.T.;DE OLIVEIRA,G.S.;DA GAMA ALVES.Chironomidae and Oligochaeta for water quality evaluation in na urban river in southeastern Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v.186,n.11,p.7771-7779,2014.
- ROQUE, et al.,Understanding associations between chironomid taxa in Neotropical streams using local and landscape filters. **Freshwater Biology**, v.55,p.847-865,2010.
- ROSENBERG, H. C.; RESH, V. H. 1993. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York, 488p.
- 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.
- SANTOS,I.G.; RODRIGUES,G.G. Colonização de macroinvertebrado bentônico em detritos foliares em um riacho de primeira ordem na Floresta Atlântica do nordeste brasileiro. **Iberingia, Serie Zoologia**. Porto Alegre, 2015.

SANTOS, L.B.; GOULART, C.; SANTOS, C.J. Colonization by benthic macroinvertebrates in two artificial substrate types of a riparian forest. **Acta Limnologica Brasiliensia**. Vol 28 e 24. 2016.

SILVA, K. S; EVERTON, N.S ; MELO, M. ANDRÉ . Aplicação dos índices biológicos para avaliar a qualidade de água do rio Ouricuri no Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil*. **Revista Pan-Amazônica de Saúde** (Online), v. 7, p. 13-22, 2016.

SILVEIRA MP; QUEIROZ JF. Uso de coletores com substrato artificial para monitoramento biológico de qualidade de água. Comunicado técnico, **Embrapa**, Jaguariuna, SP. 2006.

SOUZA, A.H.F.F.; ABÍLIO, J.P. & RIBEIRO, L.L. Colonização e Sucessão Ecológica do Zoobentos em Substratos Artificiais no Açude Jatobá I, Patos – PB, Brasil. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.8, n.2, 2008. p.125-144.

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

TANIGUCHI, H.; TOKESHI, M. Effects of habitat complexity on benthic assemblages in a variable environment. **Freshwater Biology**. 2014.

TUPINAMBÁS, T.H.; CALLISTO, M.; SANTOS, G.B. Benthic macroinvertebrate assemblage structure in two headwater streams, south eastern, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24(4):24-34. 2007.

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

THOMAZI, R.D., KIIFER, W.P., FERREIRA JUNIOR, P.D. and SÁ, F.S. A sucessão ecológica sazonal de macroinvertebrados bentônicos em diferentes tipos de atratores artificiais no rio Bubu, Cariacica, ES. **Natureza Online**, 2008, 6(1), 1-8.

VANNOTE, R.L.; MISHALL, G.W.; CUMMINS, K.W., SEDELL, JR.; CUSHING, C.E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; MARQUES, D. M.; De ROSA-BARBOSA, R.; MACHADO, V. S. Sponge spicules in sediments indicate evolution of coastal freshwater bodies. Proceedings ICS. **Journal of Coastal Research**. SI 39, Brazil. 2004.

WOODWARD, G., D. M. PERKINS, & L. E. BROWN. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. **Biological sciences** 365:2093–1062010.

Material Suplementar

Quadro 1: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos do rio Toledo, modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987) e Hannaford et al. (1997). (Obs. 4; 5 pontos situação natural; 2;3;0 pontos situações leve ou severamente alteradas.

Paramêtros	Locais		
	P1 Nascente	P2 Meio	P3 Foz
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	4	4	0
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	2	2	0
3. Alterações antrópicas	4	2	0
4. Cobertura vegetal no leito	4	2	0
5. Odor da água	4	2	0
6. Oleosidade da água	4	2	0
7. Transparência da água	2	2	0
8. Odor do sedimento (fundo)	4	2	0
9. Oleosidade do fundo	4	2	2
10. Tipo de fundo	2	0	2
11. Tipos de fundo	5	0	2
12. Extensão de rápidos	3	2	2
13. Frequência de rápidos	5	2	2
14. Tipos de substrato	5	0	0
15. Deposição de lama	5	2	0
16. Depósitos sedimentares	2	2	0
17. Alterações no canal do rio	5	2	2
18 Características do fluxo das águas	5	2	2
19. Presença de mata ciliar	5	3	0
20 Estabilidade das margens	5	3	0
21. Extensão de mata ciliar	2	3	0
22. Presença de plantas aquáticas	5	0	0
Total /Pontuação	88	44	14
Classificação	Natural	Alterado	Impactado