UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS

THIAGO LOUREIRO MODESTO

Colonização de macroinvertebrados bentônicos em distintos habitats de um riacho de Mata Atlântica

SANTOS
2023

THIAGO LOUREIRO MODESTO

Colonização de macroinvertebrados bentônicos em distintos habitats de um riacho de Mata Atlântica

Dissertação apresentada a Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Ecologia, sob a orientação da Profa. Dra. Ursulla Pereira Souza.

SANTOS

2023

595.7 Modesto, Thiago Loureiro.
M695c Colonização de macroinvertebrados bentônicos em distintos habitats de um riacho de Mata Atlântica. /
Thiago Loureiro Modesto.
2023.
43 f.

Orientador: Profa. Dra. Ursulla Pereira Souza.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Santos, SP, 2023.

1. Ambiente lótico. 2. Substrato.
3. Mesohabitat. 4. Unidade de Conservação. 5. Serra do Mar.
I. Souza, Ursulla Pereira. II. Colonização de macroinvertebrados bentônicos em distintos habitats de um riacho de Mata Atlântica.

Dedico este trabalho a minha família e amigos por toda torcida e suporte fornecido.

A Camila, por todo amor e carinho nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pela concessão da bolsa.

Ao Laboratório de Biologia de Organismos Marinhos e Costeiros - LABOMAC pela infraestrutura e pelas atividades científicas sempre movidas à muito café.

À minha orientadora Ursulla Pereira Souza, por todos os ensinamentos e paciência nesses anos intensos. Sou grato pela oportunidade de aprender muito e conhecer essa mulher incrível, que muitas das vezes se desdobrou para atender inúmeras necessidades, muito obrigado!

Ao João Henrique Alliprandini, por ser um dos pilares desta pesquisa, presente em todos os dias de campo, no sol e na chuva, apoiando e dando inúmeras ideias para o trabalho, além de auxiliar na parte estatística, muito obrigado, meu amigo!

Aos amigos de trabalho e graduação, que com toda certeza levarei para o resto da minha vida, Deborah Ribolli Ferraz, Gabriel Marques Alves, Gabriel Jamaico da Cruz, Marcela Nicolau e Vinicius Estrella da Silva Carvalho, por ficarem durante um dia inteiro esfregando rochas com escovinha de aço, pesando folhas para as armadilhas e pelas risadas e xingamentos, vocês foram essenciais para este trabalho.

Ao João Alberto Pascoa, que foi meu professor e orientador durante a graduação e meu patrão hoje em dia, me liberando nos dias de amostragem e pelas longas conversas.

Ao Fabio Cop, pelas excelentes conversas que tivemos, ajudando muito no delineamento amostral.

A Fundação Florestal, desde os vigias até a alta direção, por abrirem as portas do Parque Estadual da Serra do Mar com toda hospitalidade e carinho, ajudando no estudo da área.

Ao Fábio Cunha, por apresentar a base Guariúma e auxiliar em todos os quesitos burocráticos sem medir esforços.

Aos Monitores Ambientais do Parque, Sávio Inácio e João Ferraz, pelo profissionalismo, atenção e por sempre terem ajudado na logística para as coletas.

Aos professores do programa, que nos mostram inúmeras vertentes através de suas disciplinas e discussões que auxiliaram muito na minha formação.

Aos professores Roberto Borges e Laís Nunes que participaram das bancas de Exame de Qualificação e Apresentação Final da Dissertação, por todas as valiosas contribuições.

Às secretárias Sandra e Imaculada, pela paciência, atenção e disposição para ajudar em absolutamente tudo que tinha dúvida no decorrer do curso.

Aos colegas de salas que de alguma forma passaram este período junto.

Aos meus pais, que se esforçaram e ainda se esforçam para priorizar sempre o sonho dos seus filhos, antes mesmo do que o deles. Por deixarem eu transformar a área de lazer da casa (laje) em um laboratório, deixando tudo fedendo a formol e álcool. A minha irmã, que foi morar longe e me deu um pouco de paz para finalizar o mestrado.

A Camila, por sempre acreditar no meu potencial, incentivar, estar perto nos momentos de loucura e, não menos importante, por confeccionar as 96 armadilhas. Sem você, isso tudo seria muito mais difícil.

Aos meus amigos da cidade de Santos, que não são poucos, que muitas das vezes precisei me ausentar das confraternizações e jogatinas, obrigado pela torcida!

E por último, mas não menos importante, agradeço e parabenizo a mim mesmo, por conciliar o mestrado e o trabalho profissional, pelas noites mal dormidas (quando dormidas), pelas coletas exaustivas, pelas longas aulas de finais de semana e por aí vai. Um Thiago entrou no mestrado, com uma cabeça mais fechada, não sabendo o que fazer, outro Thiago saiu do mestrado, com uma cabeça totalmente diferente, aberta para novos assuntos, com uma visão mais crítica.

“O importante é não parar de questionar. A curiosidade tem sua própria razão de existir”.

(Albert Einstein)

RESUMO

A Serra do Mar abrange fragmentos do sul e do sudeste brasileiro, sendo uma das maiores cadeias de montanhas do leste do nosso país. O Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), localizado ao longo da zona costeira do estado de São Paulo, contém a maior área contínua de Mata Atlântica preservada no Brasil. Os riachos de Mata Atlântica apresentam grande diversidade e complexidade de características, na qual, destacam-se os mesohabitats, que são ambientes de corredeira e de remanso que podem ser observados ao longo do riacho. No grupo de macroinvertebrados bentônicos predominam as larvas de insetos aquáticos, anelídeos aquáticos, moluscos e crustáceos, sendo de grande importância na dieta de organismos como peixes, anfíbios e aves aquáticas. O presente estudo visa comparar a variação na estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos ao longo do processo de colonização associados a substratos rochosos e folhiços em relação aos mesohabitats de corredeira e remanso. Para o experimento, foram utilizados esses dois tipos de substratos naturais nos dois mesohabitats do riacho Guariúma, PESM. Foram dispostas tréplicas de oito armadilhas dos dois substratos nos dois mesohabitats, totalizando 96 armadilhas. Foi retirada uma tréplica de armadilha de cada substrato em cada mesohabitat ao 1º, 3º, 7º, 12º, 20º, 32º, 47º e 63º dias de colonização, e em laboratório, foram triadas e identificadas ao menor grupo taxonômico possível. Para avaliar a possível variação na estrutura da comunidade ao longo dos dias de colonização foram mensuradas a abundância (numérica), a riqueza de espécies e a diversidade por armadilha ao longo dos dias para cada tipo de substrato e mesohabitat. Foi realizada uma Análise de Espécies Indicadoras (IndVal) que destacaram *Atanatolica* sp. e Cirolanidae sp. demonstrando uma relação negativa com o aumento dos dias. O oposto ocorreu para *Neotrichia* sp. e Ptilodactylidae sp. Foi realizado um Modelo Linear Generalizado Multivariado (GLM) com os dados ajustados de abundância e por final foi mensurada a diversidade Beta através da dissimilaridade de Sorensen. Houve maior colonização em mesohabitat de remanso e o substrato folhiço foi o que condicionou maior abundância de organismos.

Palavras-Chave

Ambiente lótico. Substrato. Mesohabitat. Unidade de Conservação. Serra do Mar.

ABSTRACT

Serra do Mar covers fragments of the south and southeast of Brazil, being one of the largest mountain ranges in the east of our country. The Serra do Mar State Park (PESM), located along the coastal zone of the state of São Paulo, contains the largest continuous area of preserved Atlantic Forest in Brazil. Atlantic Forest streams have great diversity and complexity of characteristics, in which mesohabitats stand out, which are rapids and backwater environments that can be observed along the stream. In the group of benthic macroinvertebrates, the larvae of aquatic insects, aquatic annelids, molluscs and crustaceans predominate, being of great importance in the diet of organisms such as fish, amphibians and water birds. The present study aims to compare the variation in the structure of benthic macroinvertebrate communities throughout the colonization process associated with rocky substrates and leaf litter in relation to rapids and backwater mesohabitats. For the experiment, these two types of natural substrates were used in the two mesohabitats of the Guariúma stream, PESM. Replicates of eight traps of the two substrates were placed in the two mesohabitats, totaling 96 traps. A replica trap was removed from each substrate in each mesohabitat on the 1st, 3rd, 7th, 12th, 20th, 32nd, 47th and 63rd days of colonization, and in the laboratory, they were screened and identified to the lowest possible taxonomic group. To evaluate the possible variation in community structure over the days of colonization, abundance (numerical), species richness and diversity per trap were measured over the days for each type of substrate and mesohabitat. An Indicator Species Analysis (IndVal) was carried out, highlighting Atanatolica sp. and Cirolanidae sp. demonstrating a negative relationship with the increase in days. The opposite occurred for Neotrichia sp. and Ptilodactylidae sp. A Multivariate Generalized Linear Model (GLM) was performed with the adjusted abundance data and finally Beta diversity was measured using Sorensen dissimilarity. There was greater colonization in backwater

mesohabitat and the leaf litter substrate was what conditioned the greatest abundance of organisms.

Keywords: Lotic environment. Substrate. Mesohabitat. Conservation Unit. Serra do Mar.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Localização do riacho Guariúma, situado no município de Praia Grande – SP, com destaque para os pontos de amostragem nos mesohabitats de corredeira e remanso.....	14
Figura 2.	Riacho Guariúma com destaque para o trecho de mesohabitat de corredeira (A) e mesohabitat de remanso (B), onde foram realizadas as amostragens.....	15
Figura 3.	Procedimentos realizados para o início do experimento no riacho Guariúma, com destaque para a armadilha confeccionada (A), preenchida com folhiço (B) e limpeza das rochas (C).....	16
Figura 4.	Valores mínimos e máximos, mediana e quartis da abundância das comunidades em mesohabitats de corredeira e remanso com os substratos rochoso e folhiço....	24
Figura 5.	Abundância média das comunidades em mesohabitats de corredeira e remanso com os substratos rochoso e folhiço em relação aos dias de colonização.....	25
Figura 6.	Valores mínimos e máximos, mediana e quartis da riqueza das comunidades em mesohabitats de corredeira e remanso com os substratos rochoso e folhiço.....	26
Figura 7.	Valores mínimos e máximos, mediana e quartis da Diversidade de Shannon das comunidades em mesohabitats de corredeira e remanso com os substratos rochoso e folhiço.....	27
Figura 8.	Valores de contribuição do componente de diferença de riqueza e de substituição da Diversidade Beta das comunidades em mesohabitats de corredeira e remanso com os substratos rochoso e folhiço.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Número de organismos coletados em relação aos grupos taxonômicos encontrados em mesohabitats de corredeira e remanso, dentre os substratos rochosos e folhiços, amostrados no riacho Guariúma, Praia Grande, SP.....	18
Tabela 2.	Resultados da Análise de Espécies Indicadoras (IndVal). Valores indicadores da colonização em relação aos mesohabitats e substratos: Corredeira/Folhiço (CF); Corredeira/Rochoso (CR); Remanso/Folhiço (RF) e Remanso/Rochoso (RR).....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ºC	Graus Celsius
cm	Centímetros
mm	Milímetros
µm	Micrômetro
g	Gramas
LABOMAC	Laboratório de Biologia e Organismos Costeiros e Marinhos
UNISANTA	Universidade Santa Cecília
PESM	Parque Estadual da Serra do Mar
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera
SP	São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
(H')	Diversidade de Shannon
IndVal	Análise de Espécies Indicadores
GLM	Modelo Linear Generalizado Multivariado
dp	Desvio Padrão
CF	Mesohabitat Corredeira – Substrato Folhiço
CR	Mesohabitat Corredeira – Substrato Rochoso
RF	Mesohabitat Remanso – Substrato Folhiço
RR	Mesohabitat Remanso – Substrato Rochoso

SUMÁRIO

1. **INTRODUÇÃO**.....11
2. **MATERIAL E MÉTODOS**.....13
   2.1 ÁREA DE ESTUDO.....13
   2.2 AMOSTRAGEM E EXPERIMENTO.....15
   2.3 ANÁLISE DE DADOS.....17
3. **RESULTADOS**.....18
4. **DISCUSSÃO**.....29
5. **CONCLUSÃO**.....33
6. **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**.....34
7. **APÊNDICE**.....40

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é considerada um dos ecossistemas biologicamente mais ricos de todo o planeta, fazendo parte dos 25 hotspots mundiais de diversidade (MYERS *et al.*, 2000), sendo que, desde o período colonial, este ecossistema está reduzido a aproximadamente 7% de sua cobertura original devido a ações antrópicas, como extração de madeira e ouro, cultivos de cana-de-açúcar e café e apropriação de terras para habitação (COIMBRA-FILHO e CÂMARA, 1996; DEAN, 1996).

Parte dos remanescentes dessa floresta se encontram protegidos pelo Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) no estado de São Paulo. A Serra do Mar abrange fragmentos do sul e do sudeste, estendendo-se do Rio de Janeiro ao norte de Santa Catarina por cerca de 1.500 km, sendo assim, uma das maiores cadeias de montanhas do leste brasileiro (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998), apresentando centenas de riachos, que nascem na Serra do Mar e desaguam no Oceano Atlântico (SABINO e CASTRO, 1990).

Os riachos de Mata Atlântica apresentam grande diversidade e complexidade, especialmente devido aos mesohabitats de corredeira e de remanso (PARDO e ARMITAGE, 1997). Estes mesohabitats apresentam diferentes características, como por exemplo o tipo de substrato, a velocidade da água, a profundidade, entre outros. Nas corredeiras, geralmente encontram-se substratos rochosos, devido a maior velocidade da água arrastar as partículas de substrato mais fino sentido jusante do riacho. Nos mesohabitats de remanso, geralmente encontram-se substratos arenosos com deposição de folhiços, devido à baixa velocidade da água (CRISCI-BISPO *et al.*, 2007; COSTA e MELO, 2008).

Uma das principais fontes de energia e nutrientes para os invertebrados bentônicos em riachos de pequena ordem é a matéria orgânica alóctone, como folhas, frutos, galhos, troncos e raízes (VANNOTE *et al.*, 1980). Com isso, formam-se bancos de folhiços e galhos sobre o leito de riachos, tornando o substrato heterogêneo e fornecendo abrigo e alimentação para as comunidades (MORETTI *et al.*, 2007). A decomposição desta matéria orgânica alóctone é um processo chave para o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, onde os macroinvertebrados detritívoros são um dos principais responsáveis por esta ação (PERALTA-MARAVER *et al.*, 2021).

A colonização dos substratos permite analisar futuras mudanças na composição das comunidades dos organismos. Inicialmente, os taxa menos especializados colonizam o substrato específico, modificando o ambiente de tal modo

a permitir a colonização por outros taxa, conforme descrito por Carvalho e Uieda, (2004). Os autores compararam substrato rochoso artificial e natural em um rio no município de Itatinga, São Paulo, em relação ao processo de colonização por macroinvertebrados, observando uma estabilização na comunidade entre o 7º e 13º dias de colonização. Silva e Henry (2017) também analisaram o processo de colonização por macroinvertebrados comparando substrato artificial e natural com macrófitas, em um rio na Estação Ecológica de Angatuba/SP.

No grupo de macroinvertebrados bentônicos são incluídas larvas de insetos aquáticos, anelídeos aquáticos, moluscos e crustáceos, organismos relativamente sésseis, em grande parte bentônicos, que se alimentam de matéria orgânica produzida na coluna d'água ou de origem alóctone (CALLISTO, 2000).

Entre os predominantes, a Classe Insecta constitui o mais abundante e diversificado grupo existente no nosso planeta. Entende-se como inseto aquático o organismo que, pelo menos, em uma fase do seu ciclo de vida esteja estreitamente ligado à água. São de extrema importância tanto na estrutura quanto no funcionamento dos ecossistemas aquáticos, sendo influenciados pelos diferentes tipos de sedimento, profundidade e microhabitats (ROSENBERG e RESH, 1993). São essenciais na dieta de organismos como peixes, anfíbios e aves aquáticas, transferindo a energia obtida da matéria orgânica morta retida no sedimento para os animais que deles se alimentam, sendo assim, de fundamental relevância para a dinâmica de nutrientes, a transformação de matéria orgânica e o fluxo de energia (CALLISTO e ESTEVES, 1995).

A avaliação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos pode ser utilizada como uma ferramenta para avaliar a qualidade dos ecossistemas aquáticos, devido a sensibilidade de alguns organismos à poluição ou perturbações ambientais como os Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) que necessitam de ambientes límpidos e bem oxigenados (CALLISTO *et al.*, 2001).

Assim, o conhecimento sobre os macroinvertebrados bentônicos presentes em riachos fornece subsídios para a avaliação da qualidade destes ambientes, contribuindo para a conservação do hábitat e de organismos em diferentes níveis na cadeia trófica. Destacamos que este constitui o primeiro estudo envolvendo essa comunidade nos riachos costeiros do Parque Estadual da Serra do Mar na base Guariúma, SP.

Este trabalho tem como objetivo geral analisar a variação na estrutura das comunidades dos macroinvertebrados bentônicos ao longo do processo de colonização em diferentes mesohabitats (corredeira e remanso) e microhabitats (substrato rochoso e folhiço) em um riacho costeiro de uma área de conservação de Mata Atlântica no sudeste do Brasil. Os objetivos específicos são:

- Caracterizar a composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos;

- Comparar a variação na estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos ao longo da colonização nos diferentes mesohabitats e substratos.

Partindo dos pressupostos que i) o mesohabitat de corredeira sofre alterações constantes devido a vazão da água e o remanso seja mais homogêneo; e ii) o banco de folhiço ofereça mais opções para forrageamento, elaboração de casulos e esconderijos do que o substrato rochoso, o trabalho apresenta as seguintes hipóteses:

- Ocorrerá maior abundância na colonização no mesohabitat de remanso devido à estabilidade do ambiente.

- Ocorrerá maior abundância na colonização em armadilhas com substrato folhiço devido à possibilidade de oferta de recursos aos macroinvertebrados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado em dois pontos do riacho Guariúma, situado no Parque Estadual Serra do Mar (PESM), Núcleo Itutinga Pilões na base de apoio Guariúma, município de Praia Grande (SP). O PESM é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, considerada a maior área de proteção integral de toda Mata Atlântica remanescente do país. Este riacho está inserido na bacia hidrográfica da Baixada Santista, sub-bacia do rio Boturoca, litoral do Estado de São Paulo (Figura 1).

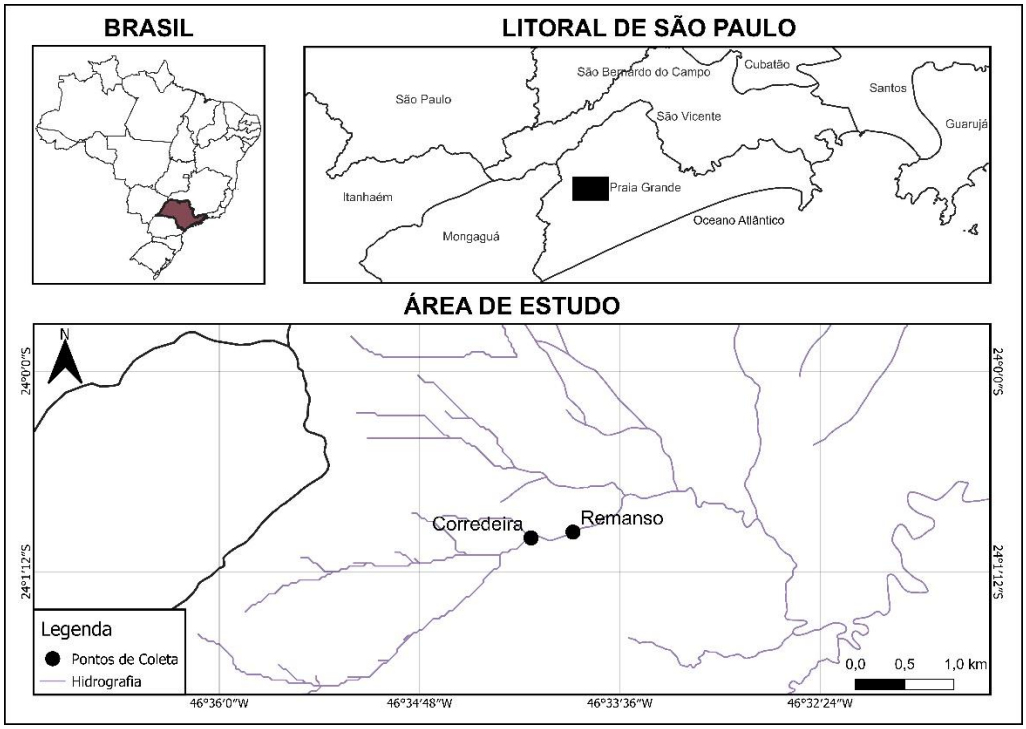

Figura 1: Localização do riacho Guariúma, situado no município de Praia Grande – SP, com destaque para os pontos de amostragem nos mesohábitats de corredeira e remanso.

A sub-bacia do rio Boturoca possui uma área de drenagem de aproximadamente 182 km², cuja nascente encontra-se na Serra do Mar e sua foz no rio Santana, que por sua vez, deságua no Mar Pequeno, na cidade de São Vicente, o qual pertence ao Sistema Estuarino de Santos (SÃO PAULO, 2010).

À montante do riacho Guariúma encontra-se uma captação de água da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), a qual integra o Sistema Melvi. Sua primeira adutora foi inaugurada em junho de 1968, ocorrendo a distribuição de água para o abastecimento do município de Praia Grande apenas com tratamento preliminar (SÃO PAULO, 2008).

O riacho Guariúma é classificado como de 3ª ordem, com mata ciliar preservada. O ponto de corredeira apresenta uma velocidade média de 0,55 m/s, com máximas de 1,8 m/s, medindo 8 m de largura e profundidade média de 26,5cm (Figura 2A). O ponto de remanso apresenta uma velocidade média de 0,01 m/s, com máximas de 0,1 e, frequentemente, a mínima de 0 m/s, com largura de 13 m e profundidade média de 21cm (Figura 2B). O clima na região é do tipo Af (tropical super úmido com ausência de estação seca) segundo classificação de Koppen, com temperatura média

anual de 22ºC com máximas de 32ºC, mínimas de 18ºC e pluviosidade de 2000 – 2500 mm ao ano.

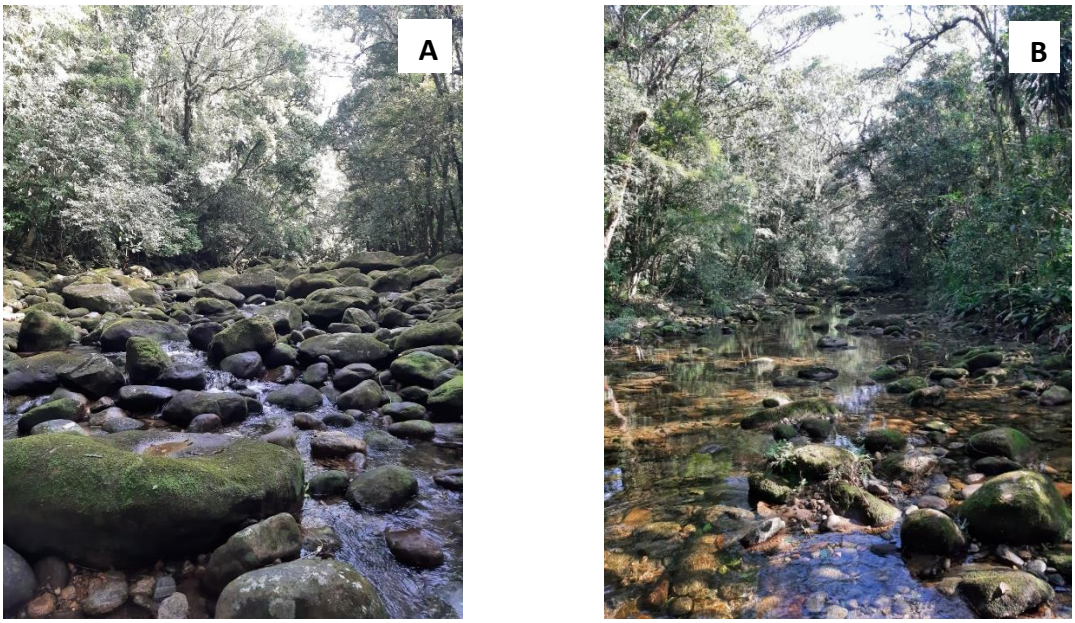

Figura 2: Riacho Guariúma com destaque para o trecho de mesohabitat de corredeira (A) e mesohabitat de remanso (B), onde foram realizadas as amostragens.

2.2. AMOSTRAGEM E EXPERIMENTO

As coletas foram realizadas de julho a setembro de 2022, tentando abranger o período com menor índice pluviométrico, devido às associações entre os organismos e a estrutura ambiental se tornarem mais evidentes no período seco (PINTO *et al.*, 2006). Para o experimento, foram utilizados dois tipos de substratos naturais (rochoso e folhiço) em dois mesohabitats distintos (corredeira e remanso) do riacho Guariúma.

Foram confeccionadas 96 armadilhas de material plástico medindo 25x15x15 cm (0,375 m²) e malha de 10 mm de abertura (Figura 3A), adaptado de Kuhlman (2000), as quais foram preenchidas em sua totalidade, separadamente, 48 com folhiços e outras 48 com rochas. Para o preenchimento das armadilhas com folhiços, foram coletados 90 g do substrato (Figura 3B), aleatoriamente, nas margens do riacho Guariúma e dispostos em cada armadilha. Para as armadilhas com substrato rochoso, foram utilizados seixos coletados no próprio ambiente, que foram escovados para a retirada de qualquer tipo de matéria orgânica que pudesse interferir na colonização das comunidades (Figura 3C). Todas as armadilhas foram fechadas com lacres numerados, para que houvesse rastreabilidade de cada amostra e dispostos em tréplicas, aleatoriamente, nos mesohabitats de corredeira e remanso, sendo amarradas em grandes rochas ou árvores às margens do riacho com cordas de nylon.

Figura 3: Procedimentos realizados para o início do experimento no riacho Guariúma, com destaque para a armadilha confeccionada (A), preenchida com folhiço (B) e limpeza dos seixos (C).

Para analisar a composição da comunidade de acordo com o tempo de colonização dos macroinvertebrados bentônicos, as armadilhas foram retiradas em tréplicas de cada substrato em ambos os mesohabitats em oito datas diferentes com intervalos de 1, 3, 7, 12, 20, 32, 47 e 63 dias de colonização após a instalação.

Para a retirada, foram selecionadas as armadilhas mais a jusante de cada trecho, para que não houvesse nenhuma possível alteração do ambiente ao ser pisoteado. O tempo de retirada foi definido de acordo com os trabalhos de Carvalho e Uieda (2004); Remor *et al.* (2013); Robayo (2016).

Após a retirada de cada armadilha, foi efetuada uma pré-lavagem em campo utilizando um saco com malha de 500 µm para a retirada de partículas maiores. Em seguida as amostras foram acondicionadas em sacos identificados com a numeração lacrada, fixadas em formalina 10% e armazenadas em álcool 70%. Em laboratório, as armadilhas foram triadas com o auxílio de três peneiras: uma com malha de 2000 µm, a segunda com malha de 1000 µm e a terceira de 500 µm, essa armazenada por completo para análise em microscópio estereoscópio (CETESB, 2011). Em seguida, o substrato restante das peneiras de 2000 µm e 1000 µm foi revisado em uma bandeja com direcionamento de foco de luz, visando analisar se algum organismo ficou aderido ao substrato.

Cada organismo foi identificado no menor nível taxonômico possível com o auxílio de chaves de identificação especializadas (MERRITT e CUMMINS, 1996; DA-SILVA *et al.*, 2002; SALLES *et al.*, 2004; MUGNAI *et al.*, 2010; HAMADA *et al.*, 2014).

2.3. ANÁLISE DE DADOS

Para avaliar a variação na estrutura da comunidade foram mensuradas a abundância (numérica), a riqueza de espécies e a diversidade por armadilha ao longo dos dias para cada tipo de substrato e mesohabitat. A diversidade de Shannon (H') foi mensurada pela fórmula: $H' = -\sum p_i \,.\, ln\, p_i$, na qual p_i é a proporção da abundância da espécie i em relação à abundância total de todas as espécies na amostra.

Foi utilizada uma Análise de Espécies Indicadoras (IndVal), a qual mensura, separadamente para cada um dos taxa amostrados, a fidelidade para uma condição específica ambiental, no caso mesohabitat e substrato. O IndVal varia entre 0 e 1, com valores próximos de 1 indicando uma alta associação a um determinado filtro ambiental (DUFRENE e LEGENDRE, 1997).

Para avaliar a possível mudança na composição da comunidade foram utilizados os dados de abundância ajustados a um Modelo Linear Generalizado Multivariado (GLM) com 1000 iterações de Bootstrap, assumindo distribuição Binomial Negativa, uma vez que Poisson não atendeu aos pressupostos do modelo.

Os dados da comunidade foram transformados em presença e ausência, e a diversidade beta foi mensurada através da dissimilaridade de Sorensen, em seguida sendo particionada em componentes de substituição de espécies e diferença de riqueza para cada mesohabitat e substrato conforme a abordagem de Podani e Schmera (2011), uma vez que outras abordagens podem superestimar o componente de substituição quando não há ao menos uma espécie compartilhada por todos os sítios amostrais. Para a realização das análises, foi utilizado o Software R e para a diversidade beta foi utilizado o pacote “betapart” (BASELGA e ORME, 2012).

3. RESULTADOS

No total, foram recolhidas 87 armadilhas devido à perda de 9 armadilhas, 8 de folhiço no mesohabitat de corredeira nos dias 7 (1), 32 (1), 47 (tréplica) e 63 (tréplica) e uma de rochoso no dia 63 de colonização. Foram coletados 2856 organismos distribuídos em 82 grupos taxonômicos. Destes, 75 pertencem a Classe Insecta, e os demais, às Classes Arachnida (1), Entognatha (1), Malacostraca (3), Nematoda (1) e Turbellaria (1). Entre os mais abundantes, destacaram-se Diptera e Ephemeroptera (1029 e 1211 organismos, respectivamente) (Tabela 1).

Tabela 1: Número de organismos coletados em relação aos grupos taxonômicos encontrados em mesohabitats de corredeira e remanso, dentre os substratos rochosos e folhiços, amostrados no riacho Guariúma, Praia Grande, SP.

Taxon		Corredeira		Remanso	
		Rochoso	Folhiço	Rochoso	Folhiço
Annelida					
Tubificida					
Naididae					
	Naididae sp.1	0	1	2	2
Arthropoda					
Trombidiformes					
Hydrachnidae					
	Hydrachna sp.	2	1	3	0
Entobryomorpha					
Entomobryidae					
	Lepidocyrtus sp.	2	3	0	1
Coleoptera					
Dryopidae					
	Dryopidae sp.1	2	0	1	0
Curculionidae					
	Curculionidae sp.1	0	0	1	0
Elmidae					
	Cylloepus sp.	2	1	0	0
	Heterelmis sp.	11	14	6	3
	Macrelmis sp.	7	5	0	1
	Microcylloepus sp.	28	9	6	0
	Phanocerus sp.	4	0	0	5
Psephenidae					
	Psephenus sp.	23	0	79	4
Ptiliidae					
	Ptiliidae sp.1	0	8	0	0
Ptilodactylidae					
	Ptilodactylidae sp.1	1	0	0	0
Staphylinidae					
	Staphylinidae sp.1	0	31	1	1

Continua

Continuação

Taxon		Corredeira		Remanso	
		Rochoso	Folhiço	Rochoso	Folhiço
Diptera					
Chironomidae					
	Stenochironomus sp.	19	42	14	106
Tanypodinae					
	Tanypodinae sp.1	0	0	3	1
	Pentaneurini sp.1	11	15	62	69
	Pentaneurini sp.2	1	2	9	3
Chironominae					
	Rheotanytarsus sp.	83	37	73	92
	Tanytarsini sp.	4	6	18	63
	Chironomini sp.	18	24	36	47
Orthocladinae					
	Orthocladinae sp.1	7	0	0	0
Simuliidae					
	Simulium sp.	41	101	0	5
Ceratopogonidae					
	Ceratopogonidae sp.1	0	0	0	1
Thaumaleidae					
	Thaumaleidae sp.1	0	1	0	1
Dixidae					
	Dixidae sp.1	3	0	0	0
Empididae					
	Empididae sp.1	2	1	0	4
Ephemeroptera					
Caenidae					
	Caenis sp.	1	0	0	0
Baetidae					
	Baetidae sp.1	2	0	0	0
	Apobaetis sp.	2	1	12	27

Continua

Continuação

Taxon		Corredeira		Remanso	
		Rochoso	Folhiço	Rochoso	Folhiço
Baetidae	*Baetodes* sp.	19	7	2	3
	Americabaetes sp.	0	0	0	2
	Tupiara sp.	1	0	2	6
	Cloeodes sp.	20	11	218	93
Leptophlebiidae					
	Askola sp.	4	0	0	0
	Traverella sp.	2	0	6	0
	Thraulodes sp.	1	0	4	0
	Needhamela sp.	2	0	0	0
	Hagenulopsis sp.	11	1	30	31
	Farrodes sp.	33	6	72	277
	Perissophleboides sp.	6	0	28	37
	Miroculis sp.	4	0	11	183
Leptohyphidae					
	Tricorythopsis sp.	0	0	2	0
	Leptohyphes sp.	0	0	0	4
	Trichorythodes sp.	5	1	13	8
Hemiptera					
Hebridae					
	Hebridae sp.1	1	0	0	10
Mesoveliidae					
	Mesoveliidae sp.1	1	0	0	1
Veliidae					
	Veliidae sp.1	8	4	4	4
Pleidae					
	Pleidae sp.1	0	0	1	1
Naucoridae					
	Naucoridae sp.1	1	0	2	0
Lepidoptera					
Pyralidae					
	Pyralidae sp.1	0	0	0	1

Continua

Continuação

Taxon		Corredeira		Remanso	
		Rochoso	Folhiço	Rochoso	Folhiço
Megaloptera					
Corydalidae					
	Corydalus sp.	0	1	0	0
Odonata					
Heteragrionidae					
	Heteragrion sp.	3	0	0	0
Calopterygidae					
	Hetaerina sp.	0	1	2	1
Coenagrionidae					
	Argia sp.	3	0	3	0
Plecoptera					
Perlidae					
	Anacroneuria sp.	14	25	1	1
	Kempnyia sp.	1	2	1	0
	Macrogynoplax sp.	11	4	3	13
Gripopterygidae					
	Gripopteryx sp.	1	0	0	0
	Paragripopteryx sp.	0	2	0	1
	Tupiperla sp.	5	2	0	4
Trichoptera					
Leptoceridae					
	Nectopsyche sp.	8	0	6	14
	Oecetis sp.	0	0	1	0
	Atanatolica sp.	0	0	0	1
	Triplectides sp.	3	0	1	8
	Notalina sp.	0	2	2	4
Calamoceratidae					
	Phylloicus sp.	1	0	3	2
Polycentropodidae					
	Polycentropus sp.	5	1	28	9

Continua

Continuação

Taxon		Corredeira		Remanso	
		Rochoso	Folhiço	Rochoso	Folhiço
Sericostomatidae					
	Grumicha sp.	0	3	1	1
Helichopsychidae					
	Helichopsyche sp.	21	2	15	2
Hydropsychidae					
	Macronema sp.	1	0	2	1
	Smicridea sp.	9	17	0	3
Hydrobiosidae					
	Atopsyche sp.	0	3	0	0
Anomalopsychidae					
	Cotulma sp.	0	0	0	1
Hydroptilidae					
	Neotrichia sp.	0	0	1	0
	Hydroptila sp.	1	0	0	0
	Rhyachopsyche sp.	2	0	1	0
Decapoda					
Palaemonidae					
	Macrobrachium acanthurus	4	0	1	4
	Macrobrachium iheringi	1	0	3	3
Isopoda					
Cirolanidae					
	Cirolanidae sp. 1	0	1	0	0
Nematoda					
Nematoda					
Nematoda					
	Nematoda sp.1	0	0	1	0

Continua

Continuação

Taxon		Corredeira		Remanso	
		Rochoso	Folhiço	Rochoso	Folhiço
Platyhelminthes					
Tricladida					
Dugesiidae					
	Dugesiidae sp.1	0	0	0	1
	TOTAL SUBS.	489	399	797	1171
	TOTAL MESO.	888		1968	

A abundância de macroinvertebrados bentônicos foi maior no mesohabitat de remanso, totalizando 1968 organismos, enquanto na corredeira, foram registrados 888. Entre os substratos utilizados, foi observado que, mesmo com a perda de 9 armadilhas de folhiço na corredeira, foram encontrados 1570 organismos, enquanto no substrato rochoso, 1286 (Tabela 1).

Com relação ao tempo de colonização, para a corredeira, no 32º dia de colonização no substrato folhiço, *Simulium* sp. (N=30) e *Stenochironomus* sp. (N=28) foram os organismos mais abundantes, enquanto o substrato rochoso permaneceu estável a partir do 20º dia de colonização até o final (Figuras 4 e 5).

A maior abundância média foi registrada no mesohabitat de remanso no 12º dia de colonização no substrato folhiço, devido à alta quantidade de *Miroculis* sp. (N=139) e *Farrodes* sp. (N=124), enquanto o substrato rochoso iniciou a colonização com alta abundância de *Cloedes* sp. (N=122) e *Pentaneurini* sp.1 (N=50) e em seguida, declinou abruptamente. A partir do 32º dia de colonização, não houve grande variação na abundância (Figuras 4 e 5).

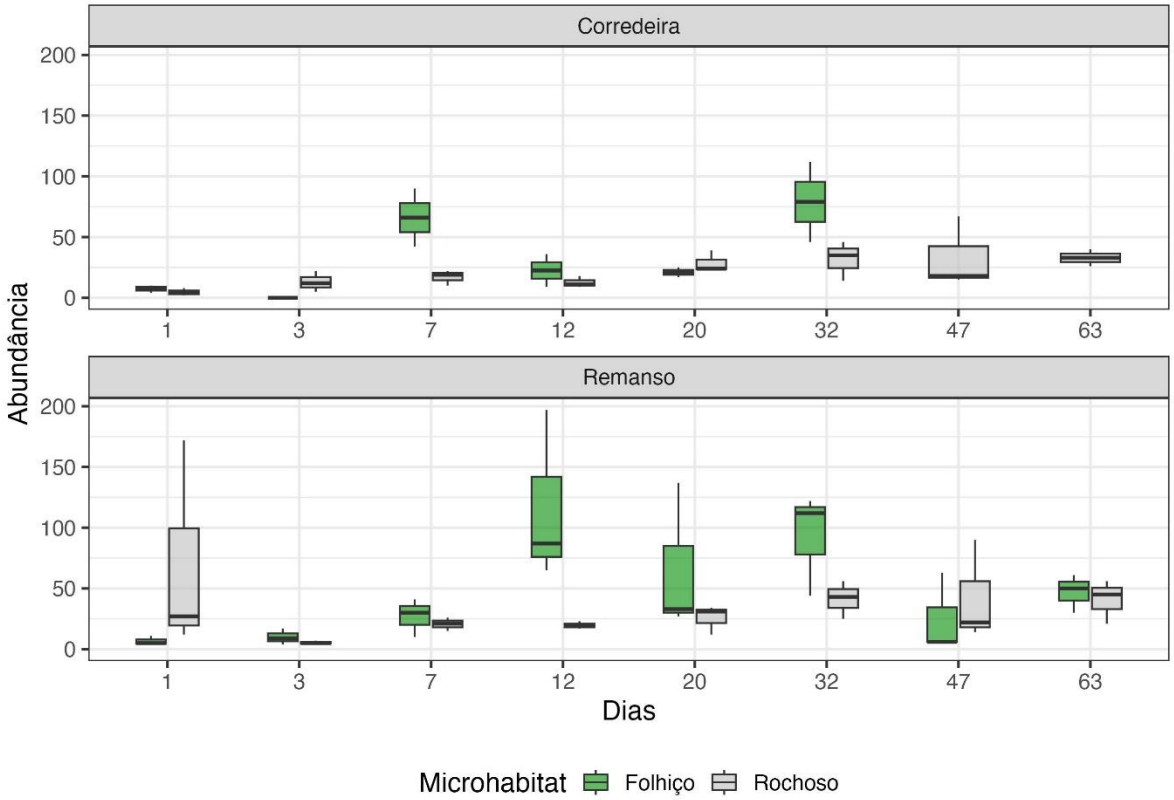

Figura 4: Valores mínimos e máximos, mediana e quartis da abundância das comunidades em mesohabitats de corredeira e remanso com os substratos rochoso e folhiço.

Figura 5: Abundância média das comunidades em mesohabitats de corredeira e remanso com os substratos rochoso e folhiço em relação aos dias de colonização. Destaque em vermelho para os organismos mais abundantes.

Analisando a riqueza, foram observados os maiores valores para mesohabitats de corredeiras no substrato rochoso no 63º dia de colonização (N=18; dp=5,656), sendo a Ordem Coleoptera o grupo que mais contribuiu, seguido de substrato folhiço no 32º dia (N=14,5; dp=10,606), com predomínio da Ordem Diptera. Analisando

apenas o mesohabitat de remanso, no substrato folhiço durante o 32º dia, ocorreu a maior riqueza (N=13,666; dp=4,041), principalmente devido à Ordem Ephemeroptera. Os menores valores de riqueza foram observados no mesohabitat de corredeira, substrato folhiço, no 3º dia de colonização e no mesohabitat de remanso, também com folhiço, no 1º dia de colonização (N=0 e N=3; dp=0, respectivamente) (Figura 6).

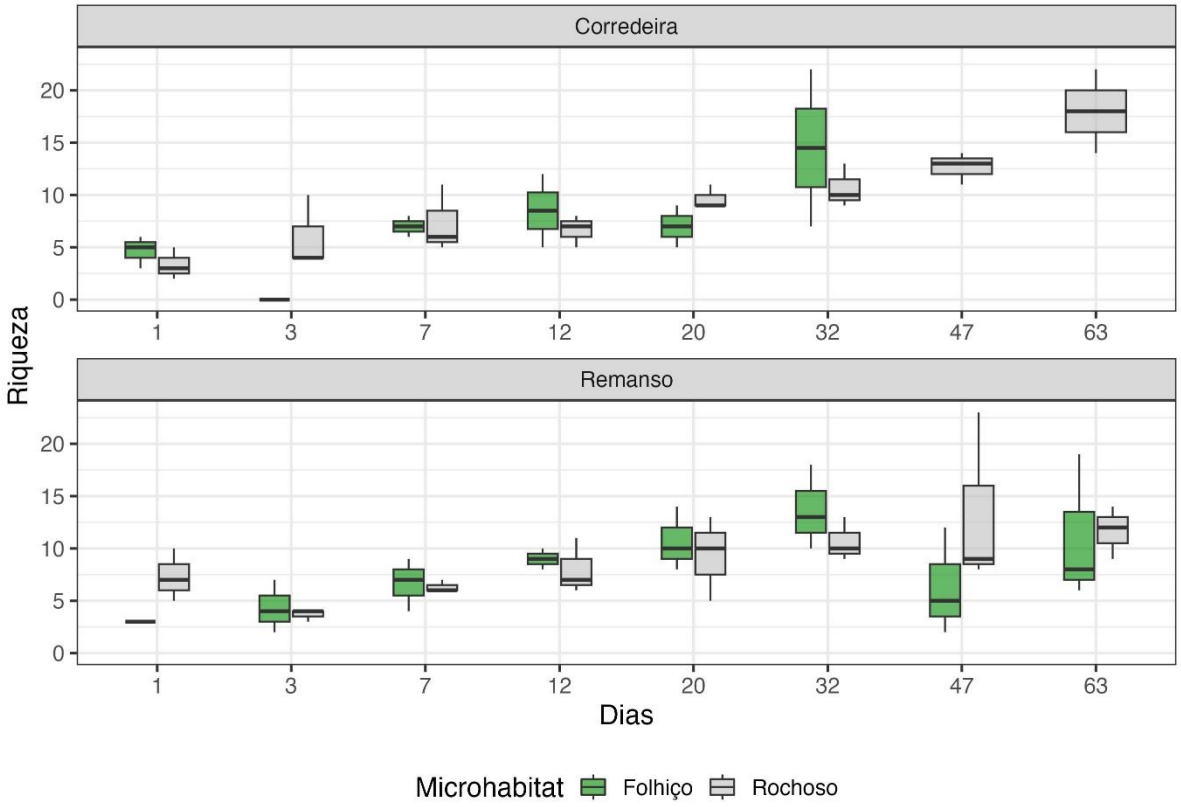

Figura 6: Valores mínimos e máximos, mediana e quartis da riqueza das comunidades em mesohabitats de corredeira e remanso com os substratos rochoso e folhiço.

Os maiores valores de diversidade de Shannon foram registrados durante o 47º e 63º dias de colonização, tanto no mesohabitat de corredeira quanto no de remanso para substrato rochoso, sendo na corredeira H'=2,364; dp=0,115 e 2,571; dp=0,406, e no remanso H'= 2,202; dp=0,465 e 2,184; dp=0,106, respectivamente. Os menores valores observados foram no 3º dia de colonização para corredeira em substrato folhiço (H'=0) e no 1º dia para remanso também em substrato folhiço (H'=0,949; dp=0,089) (Figura 7).

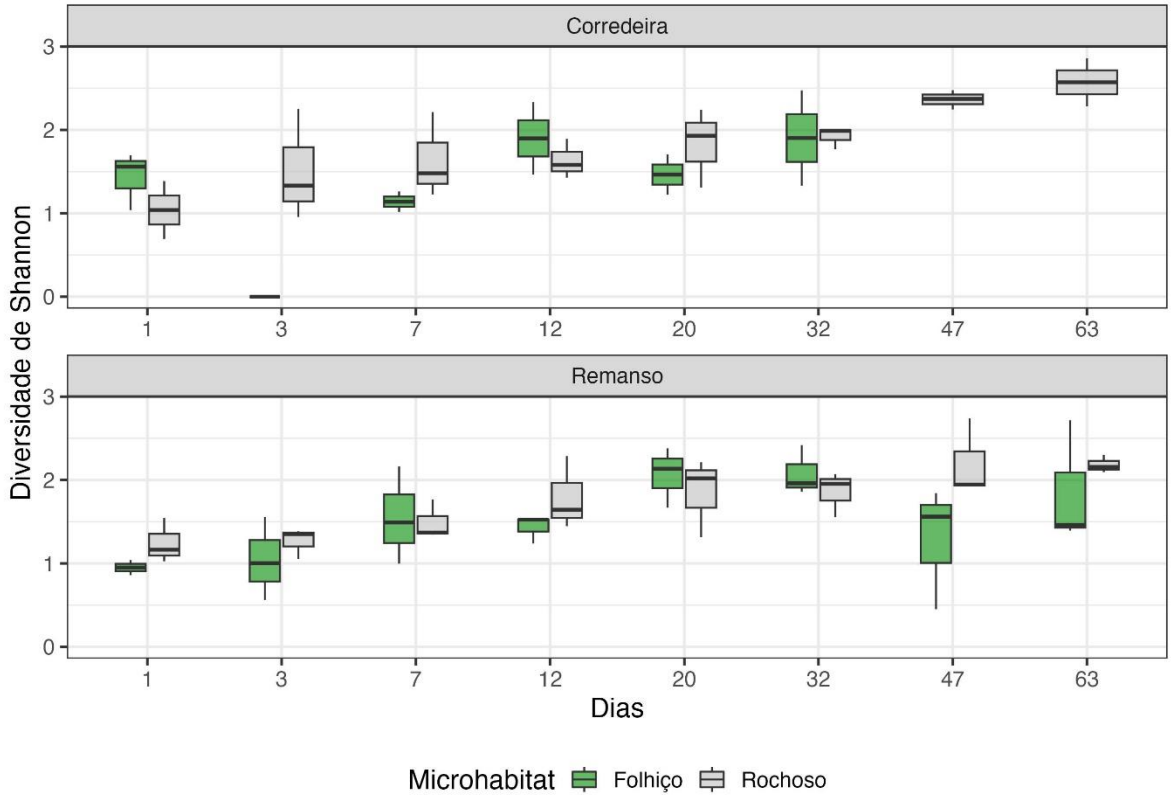

Figura 7: Valores mínimos e máximos, mediana e quartis da Diversidade de Shannon das comunidades em mesohabitats de corredeira e remanso com os substratos rochoso e folhiço.

A Análise de Espécies Indicadoras (IndVal) destacou os taxa que apresentam fidelidade significativa para os mesohabitats em relação ao substrato. Para o mesohabitat de corredeira, *Anacroneuria* sp., *Ptiliidae* sp.1 e *Staphylinidae* sp.1 em substrato folhiço. Enquanto *Microcylloepus* sp., *Orthocladinae* sp.1 e *Heteragrion* sp. em substrato rochoso. Para o mesohabitat de remanso, *Farrodes* sp., *Miroculis* sp. e *Tanytarsini* sp. foram fiéis ao substrato folhiço, enquanto *Psephenus* sp., *Cloedes* sp. e *Polycentropus* sp. ao substrato rochoso. Os resultados que foram significativos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da Análise de Espécies Indicadoras (IndVal). Valores indicadores da colonização em relação aos mesohabitats e substratos*:* Corredeira/Folhiço (CF); Corredeira/Rochoso (CR); Remanso/Folhiço (RF) e Remanso/Rochoso (RR).

Taxa	Sítio	Ind Val	p
Anacroneuria sp.	CF	0,2828	0,003
Ptiliidae sp.1	CF	0,2308	0,003
Staphylinidae sp.1	CF	0,2230	0,002
Microcylloepus sp.	CR	0,2451	0,020
Orthocladinae sp.1	CR	0,1739	0,009
Heteragrion sp.	CR	0,1304	0,019
Farrodes sp.	RF	0,4681	0,003
Miroculis sp.	RF	0,4232	0,002
Tanytarsini sp.1	RF	0,2455	0,043
Psephenus sp.	RR	0,6768	0,001
Cloedes sp.	RR	0,4643	0,013
Polycentropus sp.	RR	0,2648	0,009

A ocorrência de taxa mudou de forma significativa ao longo dos dias de colonização (Wald = 16,59, p < 0,001), com *Atanatolica* sp. (coeficiente. = -1,539), Cirolanidae sp.1 (coeficiente = -1,539) e *Cylloepus* sp. (coeficiente = -0,402) demonstrando uma relação negativa com o aumento dos dias. O oposto ocorreu para *Neotrichia* sp. (coeficiente = 0,401) e Ptilodactylidae sp. (coeficiente = 0,401), que aparentaram aumentar com o tempo de colonização. Todas os outros grupos podem ser observados no Apêndice 1.

O mesohabitat de corredeira com substrato de folhiço teve uma diversidade beta de 0,83, 56,9% de contribuição do componente de diferença de riqueza e 43,1 do componente de substituição. Para remanso e substrato folhiço, a diversidade beta foi de 0,73, com o componente de substituição em 54,8% e o de diferença de riqueza em 45,2%. Para os substratos rochosos, em ambos os mesohabitats, os valores de substituição foram de 61,6% para corredeira (diversidade beta de 0,76) e 59,1% para remanso (diversidade beta de 0,61), e os valores de diferença de riqueza foram respectivamente 38,4% e 40,9% (Figura 8).

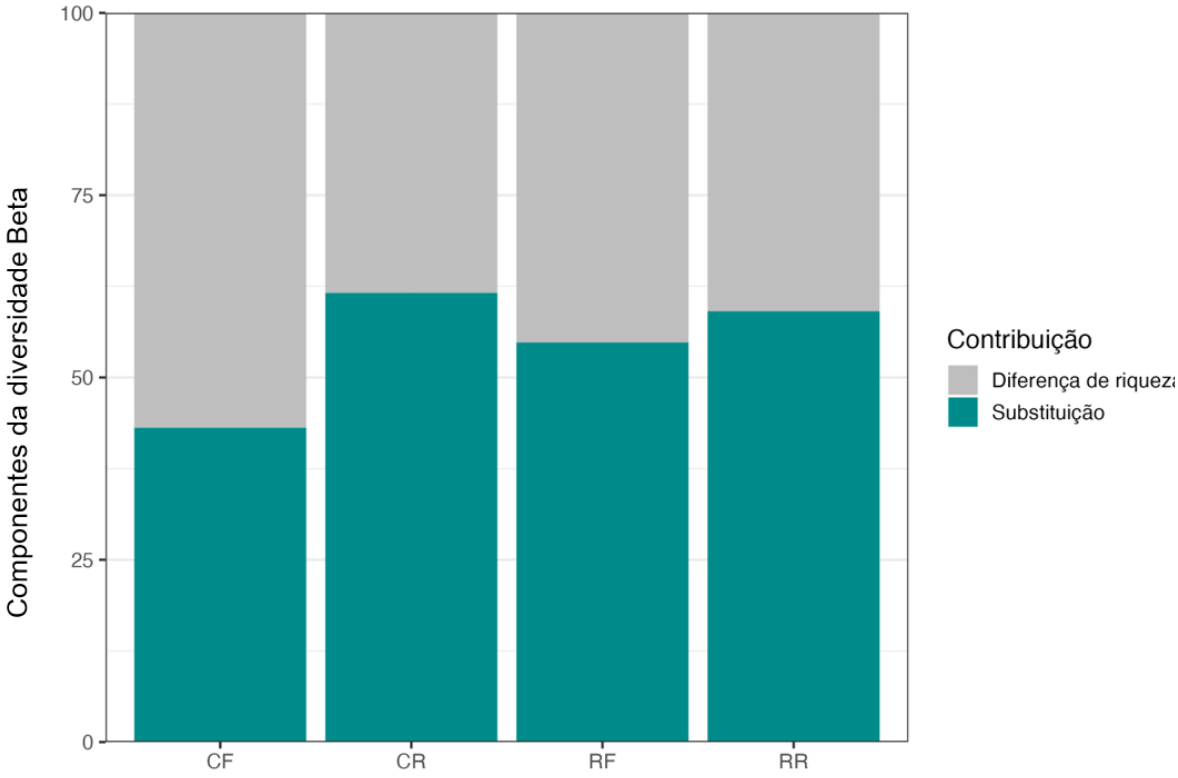

Figura 8: Valores de contribuição do componente de diferença de riqueza e de substituição da Diversidade Beta das comunidades em mesohabitats e substratos: Corredeira/Folhiço (CF); Corredeira/Rochoso (CR); Remanso/Folhiço (RF) e Remanso/Rochoso (RR).

4. DISCUSSÃO

Para os valores de abundância registrados no riacho Guariúma entre os mesohabitats, ficou evidente que a quantidade de organismos no remanso foi muito superior à corredeira. Isto pode ser relacionado à baixa interferência neste mesohabitat, visto que a corredeira sofre constantes alterações físicas devido ao forte fluxo da água.

Em relação ao substrato, no folhiço a abundância foi maior que no rochoso, provavelmente devido à alta heterogeneidade deste substrato que, além de proporcionar muitos abrigos, também oferece uma rica alimentação para muitos taxa.

Baptista *et al.,* (2001), investigaram o hábitat preferencial de insetos aquáticos em um gradiente longitudinal de riachos de 1ª a 6ª ordem na bacia do Rio Macaé, Rio de Janeiro, utilizando um amostrador do tipo Surber. Neste estudo, a abundância de organismos foi mais elevada em remanso com depósitos de folhiço em riachos de 1ª a 4ª ordem durante a estação seca, sendo os Ephemeroptera mais frequentes e abundantes e *Farrodes* sp. o gênero que mais contribuiu para este resultado.

Os representantes da Ordem Ephemeroptera, gêneros *Farrodes* sp. e *Miroculis* sp., foram os que mais contribuíram nos mesohabitats, com o maior valor de abundância no 12º dia de colonização em remanso com substrato folhiço. Ambos se adaptam tanto em riachos de baixa ordem, quanto em rios maiores. *Miroculis* sp. é um dos gêneros de Ephemeroptera mais encontrados na região sudeste, especialmente no Rio de Janeiro (DA-SILVA *et al.*, 2010). A família Leptophlebiidae, que engloba esses dois gêneros é conhecida por habitar ambientes limpos e bem oxigenados sendo considerados bons indicadores de qualidade ambiental (PEREZ, 1988), sugerindo que o ambiente estudado seja bem preservado, principalmente por ser localizado dentro da maior área de Unidade de Conservação de Proteção Ambiental da Mata Atlântica.

Após a máxima abundância observada no 12º dia de colonização, ocorreu um equilíbrio entre os dias 20 e 32, como encontrado por Remor *et al.* (2013) e Robayo (2016), que observaram estabilização na comunidade de macroinvertebrados em 28 e 30 dias, respectivamente, como resultados de experimentos com *litter bags* em riachos no Paraná e em São Paulo, respectivamente.

Para o mesohabitat de corredeira a maior abundância encontrada foi também no substrato folhiço, no 32º dia de colonização, onde os dípteros *Simulium* sp. e *Stenochironomus* sp. foram os organismos mais abundantes devido às características morfológicas que os proporcionam colonizar este mesohabitat. *Simulium* sp. por exemplo, são encontrados fixados ao substrato nas corredeiras para a obtenção de alimentos (MERRITT e CUMMINS, 1996).

A riqueza foi mais elevada no mesohabitat de corredeira, com o pico após 63 dias de colonização no substrato rochoso, especialmente devido aos espécimes de Elmidae (Coleoptera). Coleópteros apresentam elevada riqueza em ambientes lênticos e lóticos, porém, nos últimos encontram-se famílias que estão associadas a águas bem oxigenadas, como os Elmidae que foram observados vivendo próximos a superfície por Spangler (1981).

Nossos resultados foram corroborados, em parte, pelo trabalho de Segura (2012), no qual a maior riqueza de Elmidae foi registrada no mesohabitat de corredeira, porém, em substrato folhiço, em trechos de 12 riachos de 1ª a 4ª ordens na cidade de Campos do Jordão, São Paulo. Nesse estudo, as comunidades foram coletadas com amostrador do tipo Surber em mesohabitats de corredeira e remanso com substratos folhiço, rochoso e arenoso.

Os menores valores de riqueza com relação ao tempo de colonização foram observados no 3º dia em mesohabitat de corredeira e 1º dia em remanso, ambos em substrato folhiço. Silva e Henry (2017) também observaram uma diminuição significativa da riqueza a partir do 3º dia de colonização de macroinvertebrados comparando substrato artificial e natural com macrófitas aquáticas. Em nosso trabalho, tal fato pode ser relacionado à maior instabilidade na corredeira, um mesohabitat de maior velocidade de correnteza, sujeito a ações mecânicas do riacho, que demandaria mais tempo de fixação das comunidades ao local. Em ambos os mesohabitats, essa baixa riqueza ocorreu em substrato de folhiço, provavelmente pela baixa presença de perifíton dado o curto tempo para colonização desta comunidade, que precede a colonização das comunidades de macroinvertebrados. A colonização do perifíton no substrato favorece a riqueza de macroinvertebrados, visto serem um dos principais alimentos para estes organismos (RUOCCO, 2011).

A Diversidade de Shannon foi mais elevada no dia 63 da colonização, em mesohabitat de corredeira para substrato rochoso. Baldan (2006), através de estudo experimental em dois riachos localizados no Paraná, comparou cinco diferentes habitats e substratos, e encontrou maiores valores de diversidade em corredeiras com fundos rochosos, assim como encontrado em nosso estudo.

Para IndVal o maior valor obtido foi registrado em mesohabitat de remanso com substrato rochoso, no qual o Coleoptera *Psephenus* sp. apresentou maior fidelidade. Este resultado diverge de outros estudos em relação ao mesohabitat, os quais indicam este gênero fortemente associado a ambientes de corredeiras, porém, confirmam o substrato rochoso sendo de sua preferência, por conseguir se aderir e alimentar do perifíton que ali colonizam (MURVOSH, 1976; BROWN, 1987; WHITE e ROUGHLEY, 2008).

Para corredeira, a maior fidelidade observada foi do Plecoptera *Anacroneuria* sp., em folhiço. Essa preferência é notada em diversos trabalhos, visto que é um gênero adaptado a agarrar no substrato e dependente de ambientes límpidos e bem oxigenados (HYNES, 1976; WILLIANS e FELMAT, 1992; FROEHLICH e OLIVEIRA, 1997; BAPTISTA *et al.*, 2001). Contudo, apesar das relações destes organismos com tais substratos serem significativas, os resultados não foram próximos de 1, sugerindo que os grupos foram fiéis a determinados ambientes e substratos, mas ainda existe uma plasticidade de ocorrerem, provavelmente de forma rara, em outros ambientes. Grande parte dos insetos aquáticos podem se estabelecer em vários tipos de

substrato, sendo pouquíssimos grupos restritos a algum substrato (SANSEVERINO *et al.*, 1998).

Analisando a ocorrência de táxons ao longo dos dias de colonização, Trichoptera *Atanatolica* sp. e Cirolanidae apresentaram resultados mais negativos, indicando que estes grupos são melhores colonizadores. *Atanatolica* sp. foi registrada para mesohabitat de remanso no substrato folhiço durante o primeiro dia de colonização. Este organismo, ainda pouco estudado, geralmente está associado a ambientes higropétricos, próximos a cachoeiras e quedas d'água e se alimentam através da raspagem de substratos (FLINT, 1991), diferindo dos nossos resultados para o tipo de habitat colonizado.

Para Cirolanidae, o registro foi observado no mesohabitat de corredeira no sedimento folhiço também no primeiro dia. Esta família é amplamente estudada em ambientes marinhos, mas ocorrem representantes dulcícolas, os quais apresentam grande capacidade natatória, conforme citado por Yannicelli *et al.* (2002), que analisaram a capacidade natatória e o tempo de escavação desses organismos. Esta característica faz com que Cirolanidae se destaque da maioria dos outros organismos da comunidade estudada, pois grande parte não são bons nadadores em mesohabitat de corredeira, fornecendo assim um ambiente que estava praticamente inabitável nos primeiros dias de colonização.

Observando os resultados opostos, Ptilodactylidae (Coleoptera) e *Neotrichia* sp. (Trichoptera) foram os grupos com resultados positivos, indicando que são melhores competidores e que não são os primeiros grupos no processo de colonização. As larvas de Ptilodactylidae alimentam-se, preferencialmente, de madeiras em decomposição (LESAGE e HARPER, 1976; LAWRENCE, 2005), o que pode explicar sua presença apenas no último dia de colonização.

Neotrichia sp., foi registrado apenas no último dia de colonização no mesohabitat de remanso em substrato rochoso. Estes organismos são associados, geralmente, a corredeiras e substratos de folhiços para a elaboração de seus casulos, porém, sua alimentação é baseada principalmente em perifíton (PES, 2005). Como todo o substrato foi lavado com escovas para a retirada do perifíton no início da colonização, provavelmente *Neotrichia* sp. só apareceu ao final devido ao tempo necessário para a possível colonização desse perifíton. Riachos até 3ª ordem têm uma reduzida produção autotrófica devido ao sombreamento da vegetação marginal (VANNOTE *et al.*, 1980), o que pode ter contribuído para o retardo da colonização por

este organismo, tornando-o um colonizador específico presente no ambiente tardiamente.

Todos os ambientes variaram bastante em relação à diversidade Beta, porém foi encontrado o maior resultado em mesohabitat de corredeira com substrato folhiço. Os componentes de diferença de riqueza e de substituição de espécies tiveram valores próximos a 50%, indicando que a diversidade beta total no tempo ocorre por uma contribuição equivalente de ambos. Em trabalhos recentes que utilizaram a diversidade beta em comunidades de macroinvertebrados (ASSIS, 2022; SANTOS, 2023), um dos componentes sempre é maior, nesses casos o componente de substituição. Esses estudos diferem dos nossos resultados, porém as comunidades foram consideradas estabelecidas e foram analisadas em relação a sua composição e habitats, não levando em conta o tempo de colonização. Fatores como as mudanças ambientais naturais que ocorrem em escalas espaciais, podem influenciar principalmente a substituição (GUTIÉRREZ-CÁNOVAS *et al*., 2013), enquanto o aninhamento, ou o equivalente a diferença de riqueza, pode estar atrelado por alguma pequena comunidade de organismos que são específicos ou toleram tal ambiente e condições (CHASE e MYERS, 2011).

5. CONCLUSÕES

Considerando os pressupostos de estabilidade do mesohabitat e de disponibilidade de recursos, nossos resultados são concordantes com as hipóteses de maior colonização de macroinvertebrados em mesohabitats de remanso com substrato folhiço. A colonização no remanso com substratos folhiço e rochoso foi estabilizada entre 20 e 32 dias. Para o mesohabitat de corredeira com ambos os substratos, a colonização foi estabilizada entre 12 e 20 dias.

Destacamos que este constitui o primeiro estudo envolvendo a comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos riachos costeiros do Parque Estadual da Serra do Mar, base Guariúma, SP e contribui para futuros estudos sobre os habitats dessa comunidade na Mata Atlântica em locais preservados e sobre dinâmicas de comunidades aquáticas em regiões sem sazonalidade. No geral, a maioria dos organismos coletados foram os insetos aquáticos, sendo os Diptera e os Ephemeroptera os mais representativos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. e CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, p. 135-150, 1998.

ASSIS, J. V. M. **Efeitos do uso da terra na diversidade beta de macroinvertebrados aquáticos da bacia hidrográfica do rio Itaqueri, São Paulo, Brasil**. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, São Carlos, 2022.

BALDAN, L. T. **Composição e diversidade da taxocenose de macroinvertebrados bentônicos e sua utilização na avaliação de qualidade de água no rio do Pinto, Morretes, Paraná, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, UFP, Paraná, 2006.

BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; e NESSIMIAN, J. L. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, 61, 249-258, 2001.

BASELGA, A. e ORME, C. D. L. Betapart: An R package for the study of beta diversity. **Methods in Ecology and Evolution** 3(5), 808–812, 2012.

BROWN, H. P. Biology of riffle beetles. **Ann. Rev. Entomol**. 32: 253-273, 1987.

CALLISTO, M. e ESTEVES, S.A. Categorização Funcional dos Macroinvertebrados Bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). Ecologia dos Insetos Aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. V, p. 223-234, Rio de Janeiro, UFRJ, 1995.

CALLISTO, M. Macroinvertebrados bentônicos. In: Bozelli, R.L.; Esteves, F.A. e Roland, F. Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico. **Eds. IB-UFRJ/SBL**. Rio de Janeiro, 139-152pp, 2000.

CALLISTO, M.; MORETTI, M. e GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 6(1):71-82, 2001.

CARVALHO, E. M. de e UIEDA, V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 2, p. 287-293, 2004.

CETESB *et al.* Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. In: **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. 2011. p. 325-325.

CHASE, J. M. e MYERS, J. A. Disentangling the importance of ecological niches from stochastic processes across scales. **Philosophical transactions of the Royal Society B: Biological sciences**, v. 366, n. 1576, p. 2351-2363, 2011.

COIMBRA-FILHO, A.F. e I. de G. CÂMARA. Os limites originais do bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil. **Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN)**, Rio de Janeiro, Brasil, 1996.

COSTA, S.S. e MELO, A.S. Beta diversity in stream macroinvertebrate assemblages: among-site and among-microhabitat components. **Hydrobiologia** 598: 131-138, 2008.

CRISCI-BISPO, V. L.; BISPO, P. C.; FROEHLICH, C. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in litter in a mountain stream of the Atlantic Rainforest from Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, p. 545-551, 2007.

DA-SILVA, E. R.; SALLES, F. F.; BAPTISTA, M. S. As brânquias dos gêneros de Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. **Biota Neotropica**, v. 2, p. 1-4, 2002.

DEAN, W. A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. **Companhia das Letras**, São Paulo, 1996.

DUFRÊNE, M.; e LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecol. Monogr**. v. 67, p. 345-36, 1997.

FLINT, O. S. **Studies of Neotropical caddisflies, XLV: The taxonomy, phenology, and faunistics of the Trichoptera of Antioquia**, Colombia. 1991.

FROEHLICH, C. G. e OLIVEIRA, L. G. Ephemeroptera and Plecoptera nymphs from riffles in low-order streams in southeastern Brazil. In: P. Landolt e M. Sartori (eds.), Ephemeroptera e Plecoptera: **Biology-EcologySystematics**. MTL, Fribourg, pp.180-185, 1997.

GUTIÉRREZ-CÁNOVAS, C.; MILLÁN, A.; VELASCO, J.; VAUGHAN, I. P. e ORMEROD, S. T. Contrasting effects of natural and anthropogenic stressors on beta diversity in river organisms. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 7, p. 796-805, 2013.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA, 2014.

HYNES, Hugh Bernard Noel. Biology of plecoptera. **Annual review of entomology**, v. 21, n. 1, p. 135-153, 1976.

KUHLMANN, M. L. **Invertebrados bentônicos e qualidade ambiental**. São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2000.

LAWRENCE, J. F. **Ptilodactylidae**. Handbook for Zoology Volume IV. Arthropoda: Insecta, Berlin: De Gruyter, pp. 536-543, 2005.

LESAGE, L. e HARPER, P. P. Notes on the Life History of the Toed-Winged Beetle Anchytarsus bicolor (Melsheimer) (Coleoptera: Ptilodactylidae). **The Coleopterists Bulletin**, 30(3), 233-238, 1976.

MERRITT, R. W. e CUMMINS, K. W. (Ed.). **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall Hunt, 1996.

MORETTI, M.S.; GONÇALVES, J. F.; LIGEIRO, R. e CALLISTO, M. Invertebrates Colonization on Native Tree Leaves in a Neotropical Stream (Brazil). **Ver. Hydrobiol**, 92 (1), 199-210, 2007.

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**. Technical Books Editora, 2010.

MURVOSH, C. M. e BROWN, H. P. Mating behavior of Water Penny Beetles (Coleoptera: Psephenidae): A Hypothesis. **The Coleopterists Bulletin**, 30 (1), 57-59, 1976.

MYERS, N.; MITTERMEIER, C.G.; MITTERMEIER, G.A.B.; FONSECA e J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853-845, 2000.

PARDO, I., e ARMITAGE, P. D. Species assemblages as descriptors of mesohabitats. **Hydrobiologia**, 344(1-3), 111-128, 1997.

PERALTA-MARAVER, I.; STUBBINGTON, R.; ARNON, S.; KRATINA, P.; KrRAUSE, S.; de MELLO CIONEK, V.; LEITE, N. K.; da SILVA, A. L. L.; THOMAZ, S. M.; POSSELT, M.; MILNER, V. S.; MOMBLANCH, A.; MORETTI, M. S.; NÓBREGA, R. L. B.; PERKINS, D. M.; PETRUCIO, M. M.; RECHE, I.; SAITO, V. S.; SARMENTO, H.; STRANGE, E.; TANIWAKI, R. H.; WHITE, J.; ALVES, G. H. Z. e ROBERTSON, A. L. The riverine bioreactor: An integrative perspective on biological decomposition of organic matter across riverine habitats. **Science of the Total Environment.** B.V. 772: 145494, 2021.

PEREZ, G. R. Guía para el estudio de los Macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Colombia, **Colciencias**, 217p., 1988.

PES, Ana Maria Oliveira. **Taxonomia, estrutura e riqueza das assembléias de larvas e pupas de Trichoptera (Insecta), em igarapés na Amazônia Central**. Tese (Doutorado em Entomologia) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, INPA, Manaus, 2005.

PINTO, P.; MORAIS, M.; IHÉUS, M. e SANDÍN L. Relationships among biological elements (macrophytes, macroinvertebrates and ichthyofauna) for different core river types across Europe at two different spatial scales. **Hydrobiologia**, 566(1): 75-90, 2006.

PODANI, J.; SCHMERA, D. A new conceptual and methodological framework for exploring and explaining pattern in presence–absence data. **Oikos**, v. 120, p. 1625–1638, 2011.

REMOR, M. B.; HERMOSO, M.; SGARBI, L. F. e VICENTINI, T. M. Qualidade da água do Rio das Pedras utilizando macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. **CEP**, v. 74001, p. 970, 2013.

ROBAYO, H. M. S. **A decomposição de detritos foliares de espécies nativas e exótica e a colonização de macroinvertebrados em um riacho tropical localizado na Floresta Nacional de Ipanema, SP, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências), Faculdade de Engenharia Ambiental. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

ROSENBERG, D. e RESH, V. Freshwater Biomonitoring and Benthic. **Chapman e Hall**, New York, 488p, 1993.

RUOCCO, A. M. C. Estudo comparativo dos macroinvertebrados associados as macrófitas e ao sedimento, em uma lagoa marginal do rio Paranapanema, SP. **X Congresso de Ecologia do Brasil**, 2011.

SABINO, J.; CASTRO, R.M.C. Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da floresta Atlântic (Sudeste do Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, V. 50, n.1, p. 23-36, 1990.

SALLES, F. F.; DA-SILVA, E. R.; SERRÃO, J. E. e FRANCISCHETTI, C. N. Baetidae (Ephemeroptera) from Southeastern Brazil: New records and key to nymph genera. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 725-735, 2004.

SANSEVERINO, A. M.; NESSIMIAN, J. L. e OLIVEIRA, A. L. H. A fauna de Chironomidade (Diptera) em diferentes biótopos aquáticos na Serra do Subaio (Teresópolis, RJ). In: Nessimian, J.L. e Carvalho, A.L. (Eds), Ecologia de Insetos Aquáticos. Rio de Janeiro: Serie **Oecologia Brasiliensis** PPGE-UFRJ. Pp. 253-263, 1998.

SANTOS, J. S. **Diversidade beta e fatores atuantes sobre a distribuição das comunidades de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) no contexto de paisagem fluvial**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal da Integração Latino-Americana, UNILA, Foz do Iguaçu, 2023.

SÃO PAULO. Secretaria de Saneamento e Energia. **Programa de fortalecimento dos instrumentos de planejamento do setor de saneamento da Baixada Santista. PLANO REGIONAL INTEGRADO DE SANEAMENTO BÁSICO PARA A UGRHI 7**. São Paulo: SSE, 2010.

SÃO PAULO. Comitê de Bacias Hidrográficas da Baixada Santista. **Plano de Bacia Hidrográfica 2008-2011**. São Paulo, 2008.

SEGURA, M. O. **Coleoptera (Insecta) em sistemas aquáticos florestados: aspectos morfológicos, comportamentais e ecológicos**. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, São Carlos, 2012.

SILVA, C. V. da; HENRY, R. Colonization by macroinvertebrates on an artificial substrate and comparison with a natural substrate in a floodplain: A short time study in the rainy season. **Oecologia Australis**, v. 21, n. 4, 2017.

SPANGLER, P. J. Coleoptera. In: **Aquatic Biota of Tropical South America Part 1. Arthropoda**. San Diego State University, California, pp. 129-220, 1981.

VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W; SEDELL, J.R. e CUSHING, C.E. The River Continuum Concept. **Canadion Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 37 (1), 130-137, 1980.

WHITE, D.S. e R.E. ROUGHLEY. Coleoptera. An introduction to the aquatic insects of North America. En: R.W. Merritt, Cummins, K.W. e M.B. Berg (eds.). **Kendall/Hunt Publishing Company**. Iowa, USA, pp. 571-671, 2008.

WILLIAMS, D. D. e FELTMATE, B. W. Aquatic insects. **CAB international**, 1992.

YANNICELLI, B., PALACIOS, R., e GIMENEZ, L. Swimming ability and burrowing time of two cirolanid isopods from different levels of exposed sandy beaches. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 273, 73–88, 2002.

7. APÊNDICE

Apêndice 1: Valores do Intercepto e do Coeficiente da Análise de GLM.

Taxon	Intercepto	Coeficiente
Stenochironomus.sp.	-1,402099457	0,081615437
Tanypodinae.sp.1	-1,835915197	-0,135737419
Pentaneurini.sp.1	0,866221648	-0,013305186
Pentaneurini.sp.2	-1,758979889	0,001700159
Rheotanytarsus.sp.	-0,725173549	0,072167709
Tanytarsini.sp.	-0,622645458	0,02821195
Chironomini.sp.	0,067911766	0,014116783
Orthocladinae.sp..1	-2,185057138	-0,016509115
Simulium.sp.	1,095901244	-0,031117025
Ceratopogonidae.sp.	-4,384622254	-0,002260941
Thaumaleidae.sp.	-5,079939338	0,043426224
Dixidae.sp.	-3,060307121	-0,0133203
Empididae.sp.	-4,090632376	0,048631808
Nectopsyche.sp.	-2,443733818	0,046173938
Oecetis.sp.	-6,352049122	0,056483143
Atanatolia.sp.	-0,985368979	-1,539141798
Triplectides.sp.	-2,351596678	0,016996857
Notalina.sp.	-2,637453185	0,012278711
Phylloicus.sp.	-2,834452132	0,008628795
Polycentropus.sp.	-1,815552095	0,040183031
Grumicha.sp.	-2,781671005	-0,001943507
Helichopsyche.sp.	-1,956112007	0,041028492
Macronema.sp.	-4,56950867	0,048499745
Smicridea.sp.	-1,822256292	0,030543066
Atopsyche.sp.	-2,020195302	-0,089798323
Cotulma.sp.	-5,064240548	0,024175587
Neotrichia.sp.	-27,39748452	0,40185303
Hydroptila.sp.	-4,384622254	-0,002260941
Rhyachopsyche.sp.	-7,130550317	0,097733752
Caenis.sp.	-6,352049122	0,056483143
Baetidae.sp.1	-3,585870092	-0,007432748
Apobaetis.sp	-0,7403841	0,00223868
Baetodes.sp.	0,038055134	-0,077296963
Americabaetes.sp.	-6,082979924	0,086525721
Tupiara.sp.	-2,483925769	0,01121631
Cloeodes.sp.	1,507920063	-0,005289562
Askola.sp.	-9,884052602	0,171301787
Traverella.sp.	-4,02548688	0,056247484
Thraulodes.sp.	-2,879851291	0,002728627
Needhamela.sp.	-2,264839255	-0,141877711
Hagenulopsis.sp.	-0,886554201	0,030508661
Farrodes.sp.	1,321500252	0,009347395
Perissophleboides.sp.	-0,688483296	0,021001422
Miroculis.sp.	1,407979572	-0,030684632
Tricorythopsis.sp.	-8,521630727	0,126381539
Leptohyphes.sp.	-6,371693669	0,084105067
Trichorythodes.sp.	-2,870324419	0,052974441
Hydrachna.sp.	-2,666042105	0,001268929
Dryopidae.sp.	-8,075444755	0,110206122
Curculionidae.sp.	-5,064240548	0,024175587
Cylloepus.sp.	-1,292488946	-0,402700339
Heterelmis.sp.	-1,169073622	0,011457049
Macrelmis.sp.	-3,704159281	0,058795449
Microcylloepus.sp.	-0,934499747	0,011597266

Continua

(Continuação)

Phanocerus.sp.	-4,328849603	0,063002514
Psephenus.sp.	-0,883687791	0,039699559
Ptiliidae.sp.	-2,061082617	-0,014964393
Ptilodactylidae.sp.	-27,39748452	0,40185303
Staphylinidae.sp.	0,08883361	-0,074909736
Heteragrion.sp.	-6,088377947	0,073238875
Hetaerina.sp.	-3,578775403	0,022411341
Argia.sp.	-4,423855834	0,054517788
Hebridae.sp.	-3,485126306	0,055780978
Mesoveliidae.sp1.	-2,922808871	-0,065214469
Veliidae.sp1.	-1,748831817	0,013339348
Pleidae.sp.	-4,371093368	0,024175587
Naucoridae.sp.1	-2,769540517	-0,032389496
Anacroneuria.sp.	-0,7383163	0,001004782
Kempnyia.sp.	-5,118277989	0,06068456
Macrogynoplax.sp.	-1,872372333	0,032448521
Gripopteryx.sp.	-3,569407621	-0,071640231
Paragripopteryx.sp.	-3,125918909	-0,010935258
Tupiperla.sp.	-3,297159135	0,043134225
Macrobrachium.acanthurus	-3,047207758	0,030980694
Macrobrachium.iheringi	-4,27790235	0,054061469
Lepidocyrtus.sp.	-1,952844543	-0,048493331
Naididae.sp.	-4,119178697	0,042348179
Nematoda	-6,352049122	0,056483143
Corydalus.sp.	-5,064240548	0,024175587
Pyralidae.sp.	-5,064240548	0,024175587
Dugesiidae.sp.	-5,064240548	0,024175587
Cirolanidae.sp.	-0,985368979	-1,539141798