

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA  
Programa de Pós-Graduação em  
Entomologia e Conservação da Biodiversidade – PPGECB

Colonização de insetos aquáticos em riachos com diferentes  
substratos e uso e cobertura do solo

Simone Piris da Silva

Dourados-MS  
Novembro 2021

Universidade Federal da Grande Dourados  
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais  
Programa de Pós-Graduação em  
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Simone Piris da Silva

Colonização de insetos aquáticos em riachos com diferentes substratos e  
uso e cobertura do solo

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.

Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Wedson Desidério Fernandes  
Coorientador: Prof. Dr. Anderson Ferreira

Dourados-MS.  
Novembro 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586c Silva, Simone Piris Da

Colonização de insetos aquáticos em riachos com diferentes substratos e uso e cobertura do solo [recurso eletrônico] / Simone Piris Da Silva. -- 2022.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Wedson Desidério Fernandes.

Coorientador: Anderson Ferreira.

Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. zona ripária. 2. agricultura. 3. macroinvertebrados. 4. aquáticos. 5. litter bags. I. Fernandes, Wedson Desidério. II. Ferreira, Anderson. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

“COLONIZAÇÃO DE INSETOS AQUÁTICOS EM RIACHOS COM DIFERENTES  
SUBSTRATOS E USO DE COBERTURA DO SOLO”.

Por

**SIMONE PIRIS DA SILVA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),  
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
**MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**  
Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

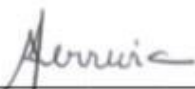


Dr. Wedson Desidério Fernandes  
Orientador/Presidente - UFGD

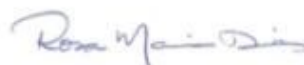


**Participação remota**

Dr.ª Viviana de Oliveira Torres  
Membro titular - UFGD



Dr. Anderson Ferreira  
Coorientador - UFGD



**Participação remota**

Dr.ª Rosa Maria Dias  
Membro titular - UEM

Dissertação aprovada em: 09 de novembro de 2021

## **BIOGRAFIA**

Simone Piris da Silva, natural de Fátima do Sul–Mato Grosso do Sul, nascida no dia 13 de janeiro de 1997, filha de Onofre Piris da Silva e Aparecida Canuto da Silva. Coursou o ensino fundamental e médio na Escola Estadual Vila Brasil em Fátima do Sul, MS.

Graduada em Ciências Biológicas – Licenciatura pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, a Deus por ter me dado forças para superar as dificuldades e pelas bênçãos concedidas.

Aos meus pais, Onofre e Aparecida, que tanto amo, obrigada por sempre estarem do meu lado, me apoiando, por toda dedicação, carinho e amor. A minha irmã, Suelen pelo incentivo constante, apoio, paciência, e pela companhia, você é meu exemplo diário e eu te amo muito. Faltam-me palavras para expressar o quanto vocês são importantes para mim.

Ao meu orientador Wedson Desidério Fernandes, pela orientação, dedicação, auxílio e disposição concedidos durante todo o tempo de execução do meu projeto de mestrado.

Ao meu coorientador Anderson Ferreira, obrigada por acreditar na minha capacidade. Do processo seletivo até a conclusão do mestrado, foi uma longa jornada, e você sempre me conferiu o ânimo necessário para enfrentar e concluir essa etapa. Agradeço imensamente e tenho uma gratidão enorme por você, obrigada pelos ensinamentos diários, pelas reuniões via meet em questões acadêmicas, pela paciência, amizade, esforço, competência, prestatividade e boa vontade em sempre me ajudar e auxiliar no que fosse possível. Minha eterna gratidão.

A professora Dra. Rosa Maria Dias, pelo auxílio com as análises estatísticas, ensinamento e sugestões com a dissertação.

Aos colegas, Emerson Silva, técnico do laboratório de botânica, por toda ajuda, por ter sido motorista em muitas idas e vindas das coletas, pelo auxílio em campo e no laboratório, e ao Dhyeferson Dias por todo auxílio e apoio. Obrigada.

Aos colegas Lucas Ortega, Amanda Caldato, Sarah Grazia e Walkiria pelo auxílio nas coletas.

Ao amigo, Everton Gustavo, pelo auxílio nas coletas e triagem do material, e por todos os momentos divertidos e trabalhosos que tivemos no laboratório. A amiga Mariele Torgeski, por ter me recebido em sua casa, pela amizade, conversas de motivação e fé.

As minha amigas Isabela Chaves e Jaqueline Menezes, que sempre estiveram do meu lado, me apoiando e incentivando, obrigada pela presença e ajuda nas coletas e triagem do material, vocês foram essenciais nesta etapa da minha vida, gratidão.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro para conduzir a pesquisa. E a todos que torceram e contribuíram para a conclusão da minha dissertação de mestrado o meu muito obrigada.

## Sumário

Resumo: .....	8
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1 <i>Invertebrados Aquáticos</i> .....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
3.1 <b>Área de Estudo</b> .....	15
3.2 <b>Seleção e caracterização das microbacias</b> .....	15
3.4 <b>Agrupamento dos riachos</b> .....	16
3.5 <b>Caracterização do habitat</b> .....	16
3.6 <b>Amostragem e identificação dos insetos</b> .....	19
<b>4. ANÁLISES DE DADOS</b> .....	20
<b>5. RESULTADOS</b> .....	21
5.1 <i>Caracterização da assembleia de insetos aquáticos colonizados em diferentes tratamentos em riachos com usos e coberturas do solo</i> .....	21
5.2 <i>Influência do uso e cobertura do solo na colonização dos insetos aquáticos</i> .....	23
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	30
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35
<b>8. ANEXOS (Material Suplementar)</b> .....	43

Resumo: Os ecossistemas de riachos encontram-se vulneráveis devido a diversas alterações antrópicas que ocorrem no uso e cobertura do solo das microbacias, interferindo na composição e abundância dos insetos aquáticos. Este estudo tem como objetivo caracterizar as assembleias de insetos aquáticos, considerando o tempo de colonização em três tipos de substratos (dois tipos de substratos foliares: uma espécie de *Saccharum officinarum* (cana-de-açúcar) que representa a maior parte do cultivo na área de estudo e uma de *Croton urucurama*, espécie nativa comumente encontrada na região e o terceiro substrato composto por cascalho grosso encontrado nos riachos. Estes substratos foram padronizados, individualizados e acondicionados em *litter bags* junto a zona bentônica em oito riachos com diferentes usos e coberturas do solo na zona ripária (SFR-Riachos de floresta ripária; SCM-Riachos de cobertura mista; SAP-Riachos de agricultura e pastagem) localizados na bacia do rio Dourados/MS e retirados em 7, 14, 30, 60 e 90 dias de colonização. Avaliamos as diferenças nas abundâncias e riquezas das famílias de insetos aquáticos em relação aos diferentes tipos de substratos, tempo de colonização e de acordo com o uso e cobertura do solo. Não houve diferença significativa no tempo de colonização dos insetos aquáticos de acordo com o substrato, porém houve uma tendência de diminuir a abundância das famílias de insetos aquáticos no decorrer do tempo de colonização. Houve diferença significativa entre todas as categorias de riachos e no tempo de colonização, na categoria de riacho de floresta ripária houve diferença significativa em todos os tempos de colonização, a categoria de cobertura mista foi significativa apenas nos primeiros tempos de colonização, exceto na categoria de agricultura e pastagem que não apresentou diferença entre o tempo de colonização. As famílias Chironomidae e Elmidae foram as que mais contribuíram para as dissimilaridades, devido sua dominância e presença em todos tempos de colonização. Desse modo, a influência nas assembleias de insetos aquáticos, está relacionada com o uso e cobertura do solo nas zonas ripárias, devido as interações entre o ambiente terrestre e aquáticos, sendo necessário a conservação e preservação da floresta ripária afim de contribuir no estabelecimento dos insetos aquáticos e manutenção dos ecossistemas aquáticos.

**Palavras-chave:** zona ripária, agricultura, macroinvertebrados aquáticos, *litter bags*.



Abstract: Stream ecosystems are vulnerable due to several anthropogenic changes that occur in the use and coverage of the soil in microbasins, interfering with the composition and abundance of aquatic insects. This study aims to characterize the assemblages of aquatic insects, considering the time of colonization in three types of substrates (two kind of foliar substrates: a species of *Saccharum officinarum* (sugar cane) that represents most of the cultivation in the area of study and one of *Croton urucurama*, native species commonly found in the region and the third substrate composed of coarse gravel found in streams. These substrates were standardized, individualized and packed in *litter bags* along the benthic zone in eight streams with different uses and coverage of the soil in the riparian zone (SFR-Streams Riparian forest; SCM-Streams Mixed Cover; SAP-Streams Agriculture and Pasture) located in the Dourados/MS river basin and removed in 7, 14, 30, 60 and 90 days of colonization. We evaluated the differences in abundance and richness of aquatic insect families in relation to different kind of substrates, colonization time and according to the use and coverage of the ground. There hasn't been significant difference in the colonization time of aquatic insects according to the substrate, but there has been a tendency to decrease the abundance of aquatic insect families during the colonization time. There has been a significant difference between all stream categories and colonization time, in the riparian forest stream category there has been a significant difference in all colonization times, the mixed cover category was significant only in the first colonization times, except in the category of agriculture and pasture that showed no difference between colonization time. The Chironomidae and Elmidae families were the ones that most contributed to the dissimilarities, due to their dominance and presence in all times of colonization. Thus, the influence on aquatic insect assemblages is related to land use and land cover in riparian zones, due to the interactions between the terrestrial and aquatic environment, requiring the conservation and preservation of the riparian forest in order to contribute to the establishment of insects and maintenance of aquatic ecosystems.

**Keywords:** riparian zone, agriculture, aquatic macroinvertebrates, *litter bags*.

## 1. INTRODUÇÃO

Riachos são ambientes complexos e heterogêneos, com elevada diversidade de micro-habitats, que influenciam a composição da fauna de vertebrados e invertebrados aquáticos (REZENDE et al., 2014). São influenciados pelas zonas ripárias, ou seja, interface/ecótono entre os ambientes aquáticos e terrestres (MCCLUNEY et al., 2014).

As alterações no uso e na cobertura do solo nas zonas ripárias leva a fragmentação e supressão desses ecossistemas, sendo esta a principal ameaça a biodiversidade aquática (LECHNER et al., 2017). A supressão da floresta ripária, contribui para o aumento da concentração de nutrientes, temperatura, produtividade primária e na diminuição dos níveis de oxigênio nesses ambientes (KROLL e OAKLAND, 2019), facilitando o processo de erosão e entrada de sedimentos homogeneizados, que alteram as características dos ecossistemas aquáticos, resultando na perda de habitats (JONSSON et al., 2017).

Os ecossistemas aquáticos encontram-se vulneráveis devido a diversos impactos antrópicos (DIAS et al., 2020). A agricultura intensiva, altera as paisagens e afeta a integridade dos riachos (LADRERA et al., 2019). Como resultado dessas alterações nas paisagens, ocorre a diminuição significativa de serviços ecológicos e a perda da biodiversidade global (DUDGEON, 2019). Dentre os organismos que são diretamente afetados, podemos citar os insetos, os quais sofrem um forte declínio e diminuição da sua biomassa nos últimos tempos, devido aos impactos antrópicos (HALLMANN et al., 2017; SIMMONS et al., 2019; SÁNCHEZ-BAYO e WYCKHUYS, 2019).

Os ambientes aquáticos presentes em áreas agrícolas, tendem a sofrer impactos na sua diversidade. Por conta da presença e grande abundância nesses ambientes, os insetos aquáticos tendem a serem mais afetados pelas mudanças antropogênicas (SAULINO et al., 2014). Os insetos aquáticos são afetados pelas alterações na cobertura e uso do solo presente nas microbacias e nas zonas ripárias, além de alterar as características físico-químicas da água e dos canais (ASTUDILLO et al., 2016).

Os insetos aquáticos são altamente diversificados e com ampla distribuição em habitats com diferentes características ambientais, são essenciais para o fluxo de energia, ciclagem de nutrientes e degradação da matéria orgânica em ambientes lênticos e lóticos (HUSSAIN e PANDIT ,2012; SHARIFINIA, 2015). São de fácil coleta, os padrões da comunidade podem mudar rapidamente conforme as características abióticas e bióticas

como a heterogeneidade do habitat e da qualidade da água (HENKE e GONÇALVES., 2014).

As principais fontes de energia nos ecossistemas aquáticos podem ser tanto de origem autóctone quanto alóctone, e a principal fonte de energia em ambientes florestados é a matéria orgânica proveniente da floresta ripária, que fornece recursos alimentares e substratos para a colonização desses organismos, atuando na manutenção da biodiversidade aquática (NAIMAN et al., 2010). Os substratos podem ser, tanto orgânicos (*e.g.*: detritos vegetais, galhos, raízes, macrófitas) quanto inorgânicos (*e.g.*: rochas, cascalhos) (SIEGLOCH., 2016), os quais são utilizados como utilizados como forma de abrigo, para fuga de predadores, proteção e aderência contra correntezas, além de serem utilizados como locais de alimentação dos organismos aquáticos (HAMADA et al., 2014).

A colonização dos substratos permite analisar as mudanças na composição das assembleias dos organismos ao longo do tempo (CARVALHO e UIEDA, 2015). Inicialmente os táxons menos especializados colonizam os substratos, o estabelecimento modifica as características do ambiente, que permite a colonização de táxons mais complexos (BROWER e ZAR, 1984; CARVALHO e UIEDA, 2015). Por conta disso a estrutura das assembleias de insetos aquáticos associados aos substratos tende a se tornar redes tróficas mais complexas, e por isso são um componente importante na estrutura trófica dos ecossistemas de água doce (TAPP e WEBB, 2015).

Dentro das teias tróficas, ao longo do tempo os insetos aquáticos consomem diretamente a matéria orgânica com os produtores primários presentes na água, que servem como recurso alimentar para uma variedade de invertebrados predadores e vertebrados, como peixes (MERMILLOD-BLONDIN et al., 2020). Toda essa avaliação da colonização, permite conhecer as respostas desses organismos aos distúrbios antropogênicos e quais fatores que interferem ou impulsionem as mudanças ao longo de um determinando tempo na estrutura dessas comunidades (DOLÉDEC e CALLISTO., 2018). Todos esses fatores colaboram para as mudanças na composição e colonização dos insetos aquáticos (GRAÇA et al., 2015), sendo imprescindíveis nesses ecossistemas (HAUER e RESH, 2017). Todo o sucesso da colonização é influenciado pela conectividade do habitat (STREIB et al., 2020).

Deste modo, este trabalho visa caracterizar a assembleia de insetos aquáticos, analisar e entender o processo de colonização de insetos aquáticos em distintos tipos de substratos em riachos com diferentes usos e coberturas do solo. O principal objetivo consiste em verificar se o tempo de colonização difere entre os substratos e verificar se o

tempo de colonização difere entre os riachos com diferentes tipos de uso e cobertura do solo, considerando a composição, abundância e a riqueza dos insetos aquáticos. Para isto, verificaremos se: a) há diferenças no tempo de colonização (composição, abundância e a riqueza) de insetos aquáticos entre os substratos? Esperamos que ocorram mudanças no tempo de colonização das famílias de insetos aquáticos nos diferentes substratos, pois acreditamos que inicialmente os substratos serão colonizados por organismos menos especializados, que irão utilizar e modificar as características do substrato permitindo a colonização de organismos mais específicos no decorrer do tempo de colonização. Os substratos foliares apresentariam maior composição, abundância e riqueza de táxons, sendo utilizados como recurso alimentar dos insetos aquáticos do que em relação ao substrato de cascalho, que seria utilizado apenas para adesão.

b) há diferenças no tempo de colonização (composição, abundância e a riqueza) de insetos aquáticos em relação ao uso e cobertura do solo nas microbacias? Neste caso, esperamos que ocorram diferenças no tempo de colonização das famílias de insetos aquáticos nas diferentes categorias de riachos. Acreditamos que na categoria de riachos de floresta ripária, os insetos aquáticos apresentem maior abundância e riqueza de táxons mais sensíveis as perturbações ambientais comparada com as categorias de riachos de cobertura mista e de agricultura e/ou de pastagens que são mais degradados, tendo expectativa de ter maior abundância de táxons mais resistentes e tolerantes.

c) Quais famílias de insetos aquáticos são indicadoras das diferenças entre os riachos, substratos e o tempo de colonização? Esperamos que as famílias responsáveis pelas dissimilaridades sejam representadas pela família Chironomidae pela alta capacidade de colonização e tolerância e pelas famílias do grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) por serem indicadores da qualidade ambiental nos riachos.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 *Invertebrados Aquáticos***

Os macroinvertebrados aquáticos são grupos de organismos que medem mais de 500µm passando mais da metade do seu ciclo de vida na água (MUGNAI et al., 2010), vivem em riachos, lagos, represas, rios e corredeiras (SILVEIRA et al., 2004). Apresentam alta diversidade e a Classe Insecta representa a maior riqueza e abundância dos organismos dentro desse grupo, sendo componentes importantes nas cadeias alimentares, no processamento da matéria orgânica e por fornecer recursos alimentares para os demais elos da cadeia alimentar (BOUCHARD, 2004).

Os insetos aquáticos apresentam diferentes adaptações morfológicas sendo possível explorarem os habitats que são reorganizados pelos materiais disponíveis nos ecossistemas aquáticos (VANNOTE et al., 1980). As alterações nos ecossistemas aquáticos, devido à presença ou ausência da floresta ripária, alteram a morfologia dos riachos, características dos sedimentos, disponibilidade de recursos alimentares e concentrações de nutrientes na água interferindo na composição e diversidade das comunidades de invertebrados aquáticos (SIEGLOCH, 2016).

A entrada de matéria orgânica alóctone é fundamental para a manutenção das assembleias de invertebrados aquáticos, e são influenciados pela disponibilidade de detritos foliares (FONTANA, 2018), a principal fonte de energia em ambientes florestados é a matéria orgânica proveniente da floresta ripária (OSLO et al., 2014). A matéria orgânica entrará no fluxo de energia nos ecossistemas de riachos através da decomposição realizada por fungos aquáticos (GULIS et al., 2003), bactérias e macroinvertebrados, além da velocidade do fluxo de água (CANHOTO, 2002).

A maior parte do material orgânico alóctone em riachos é constituída por folhas (FRANÇA et al., 2009), e esta passa por um processo de decomposição foliar nos ecossistemas de riachos, sendo dividida em três etapas: 1- Lixiviação: onde compostos químicos (carboidratos, aminoácidos, proteínas e alguns lipídeos) são solubilizados através da ação da água, ocorrendo a perda rápida da massa foliar inicial; 2- Condicionamento: ocorre a colonização de microrganismos que promovem as modificações químicas e também estruturais nos detritos foliares, o que aumenta o valor nutricional para o consumo pelos insetos aquáticos; e 3- Fragmentação: resultado da abrasão física da água e consumo e fragmentação pelos invertebrados aquáticos (GESSNER; et al., 1999).

Os invertebrados aquáticos são classificados em grupos tróficos de alimentação funcionais, esta classificação é baseada nas características morfológicas e comportamentais dos organismos, baseada na forma como esses organismos adquirem seus alimentos (CUMMINS e MERRIT, 2005; LIGEIRO et al., 2010). Os invertebrados bentônicos denominados como fragmentadores-detritívoros possuem a habilidade de converter a matéria orgânica particulada grossa (MOPG) em matéria orgânica particulada fina (MOPF) e se alimentam de plantas, madeiras entre outras, liberando nutrientes na coluna d'água. Os fragmentadores-herbívoros se alimentam mastigando as raízes de plantas aquáticas, folhas e caules, juntamente com a abrasão física ocasionada pelo fluxo de água, são capazes de diminuir a matéria orgânica, partículas de folhas em partículas menores. Os coletores-catadores se alimentam de MOPF, apresentam pouca especialização quanto comparado a outros grupos. Os coletores-filtradores apresentam várias adaptações morfológicas como cerdas e brânquias modificadas, e comportamento especializado em construir redes para capturar e filtrar as partículas de MOPF suspensas na água. Os raspadores se alimentam através da raspagem do perífiton que se encontra em rochas e substratos e os predadores que capturam e se alimentam de outros invertebrados aquáticos e pequenos vertebrados vivos (MERRIT et al., 2014).

Dessa forma os invertebrados aquáticos expressam as condições ecológicas do ecossistema que habitam, e são utilizados como uma ferramenta capaz de avaliar o impacto antrópico (ARAÚJO, 2015). São considerados bons indicadores da qualidade ambiental por expressarem respostas através da composição taxonômica e estrutura funcional (LADRERA et al., 2019). Possuem diferentes níveis de tolerância as perturbações ambientais, apresentando organismos sensíveis como indivíduos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, e organismos que são tolerantes as perturbações ambientais, como os organismos das ordens Diptera, Odonata e Coleoptera (CALLISTO, 2000).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

Este estudo foi realizado em oito riachos localizados na bacia do rio Dourados (Figura 1), situada na porção sul do Estado do Mato Grosso do Sul (região Centro-Oeste do Brasil), entre as coordenadas geográficas 21°56'37" e 22°38'06" de latitude S e 53°59'57" e 55°57'26" de longitude W (Paula, 2011). Situa-se na sub-bacia do rio Ivinhema, que, por sua vez, se insere na bacia do rio Paraná. (MATO GROSSO DO SUL, 2005).

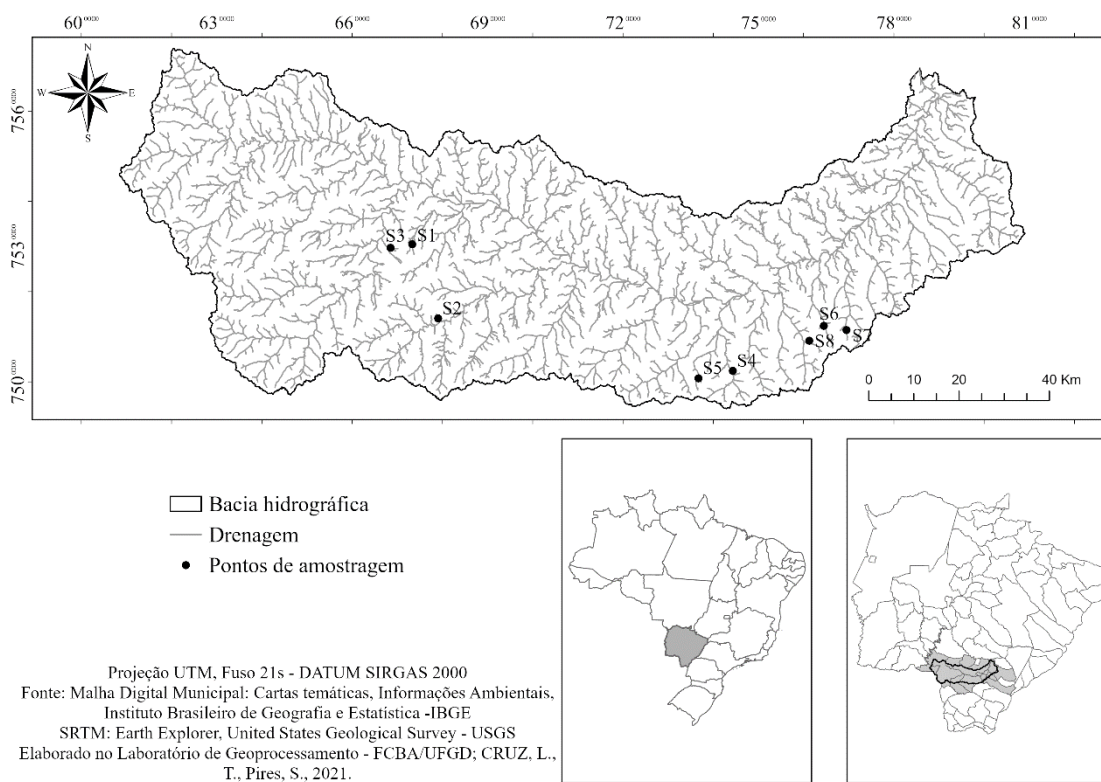


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem em oito riachos na bacia do rio Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

#### 3.2 Seleção e caracterização das microbacias

As microbacias foram selecionadas levando-se em consideração a fitofisionomia da região, delimitando riachos de baixa ordem em áreas cujo principal uso e cobertura do solo fosse agricultura. A contribuição de floresta nas zonas ripárias também foi levada em consideração e buscou-se um gradiente através do percentual de floresta nas zonas ripárias.

Os limites e a rede de drenagem das microbacias de cada ponto amostral foram gerados utilizando o modelo hidrológico ArcSWAT e imagens de satélite do Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDET) SRTM (resolução de 30x30 m) gerados pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e disponibilizados pelo United States Geological Survey (USGS), considerando uma área de contribuição mínima de 100 ha. A partir da coordenada geográfica de cada um dos oito riachos amostrados, foi definida a área de contribuição da drenagem à montante do ponto de coleta. Posteriormente, quando necessário, foi realizada a correção manual dos limites das microbacias amostradas.

As informações do uso e cobertura do solo foram retiradas do projeto MapBiomas para que todas as imagens de satélite usadas fossem padronizadas. A caracterização foi realizada através do programa *Landsat*, com 30 metros de resolução espacial. As informações de uso e cobertura do solo foram obtidas no software ArcGIS (versão 10.5.1). Com ele foi quantificado valores percentuais de floresta na área de contribuição das oito microbacias amostradas e em suas respectivas zonas ripárias. O detalhamento do uso agrícola predominante nas microbacias foi realizado a posteriori por meio de verificação em campo. Deste modo foram obtidas as percentagens de uso do solo das microbacias (Anexo 1) e de um buffer de 50 m a partir de cada margem) ao longo do canal (foi calculado um buffer de 50m devido a resolução de 30m da imagem gerada pelo programa Landsat ser de 30 metros de resolução) (Anexo 2).

### **3.4 Agrupamento dos riachos**

Os riachos selecionados foram agrupados de acordo com o uso e cobertura do solo nas zonas ripária (Anexo 2). Sendo classificados em: SFR (Riachos de Floresta Ripária) os riachos S1 S2 e S3 que possuem cobertura florestal acima de 95% nas zonas ripárias; SCM (Riachos de Cobertura Mista) os riachos S4 e S5 que possuem cobertura do solo nas zonas ripárias compostos por floresta e pastagem/agricultura; e SAP (Riachos de Agricultura e Pastagem) os riachos S6, S7 e S8 que possuem cobertura do solo nas zonas ripárias compostos por maiores porcentagens de agricultura e pastagem.

### **3.5 Caracterização do habitat**

Nos trechos de riachos onde foram amostrados os insetos aquáticos realizou-se a caracterização física do canal. Foram tomadas 10 medidas de largura e nestas foram



realizadas três medidas de profundidade (margem esquerda, centro e margem direita). A caracterização do substrato foi realizada, onde foram tomadas as medidas de profundidade (Tabela 1 e Anexo 3).

O substrato foi determinado de forma visual, pelas seguintes categorias: silte (4 – 64  $\mu\text{m}$ ), areia (64  $\mu\text{m}$  – 2 mm), cascalho fino (2 – 20 mm), cascalho grosso (20- 50 mm), bloco (64 – 254 mm), matacão (>256 mm) e rocha matriz (SALLES e JÚNIOR, 2014), folhiço, raízes, macrófitas, madeiras e galhos.

Tabela 1. Coordenadas dos locais amostrados, valores de profundidade e largura (média  $\pm$  desvio padrão) e caracterização do substrato e cobertura do solo em oito riachos na bacia do rio Dourados. O substrato representa as principais categorias encontradas nos riachos. A cobertura representa os principais usos e coberturas do solo nas zonas ripárias.

Códigos	Coordenadas		Profundidade (cm)	Largura (cm)	Substrato	Cobertura
S1	22°19'22.6" S	55°19'03.2" W	18,1 $\pm$ 8	195 $\pm$ 33,9	Cascalho Fino/Folhiço/ Cascalho	Floresta ripária
S2	22°28'14.8" S	55°15'35.6" W	12,1 $\pm$ 16,3	389 $\pm$ 29,3	grosso/Matacão/Argila	Floresta ripária
S3	22°19'49.0" S	55°21'50.8" W	17,4 $\pm$ 12,4	185 $\pm$ 44,4	Rocha matriz	Floresta ripária
S4	22°34'59.1" S	54°41'50.9" W	9,4 $\pm$ 4,5	169 $\pm$ 25,7	Areia	Cana-de-açúcar/Floresta Ripária
S5	22°34'02.0" S	54°37'25.6" W	16 $\pm$ 8,2	123 $\pm$ 26,7	Areia/Cascalho fino	Floresta ripária/Pastagem/Cana
S6	22°28'28.0" S	54°22'47.1" W	17 $\pm$ 10	309 $\pm$ 65	Areia/Macrófitas	Pastagem
S7	22°28'54.4" S	54°22'50.3" W	27,3 $\pm$ 24,4	409 $\pm$ 119	Areia/Macrófitas	Pastagem
S8	22°30'16.9" S	54°27'38.6" W	27,4 $\pm$ 10	379 $\pm$ 47,2	Areia/Silte	Pastagem

### 3.6 Amostragem e identificação dos insetos

As coletas foram realizadas no período de outubro de 2019 a janeiro de 2020. Para amostragem e colonização dos insetos aquáticos, foram selecionados três tipos de substratos, sendo utilizado dois tipos de substratos foliares: 1) espécie agrícola de gramínea C<sub>4</sub> pertencente à família Poaceae, *Saccharum officinarum* (cana-de-açúcar), que representa a maior parte de uso e cobertura do solo nas microbacias; 2) espécie de C<sub>3</sub> pertencente à família Euphorbiaceae, *Croton urucurana* (sangra d'água), árvore nativa comumente encontrada nas zonas ripárias da região e substrato; e 3) Cascalho, substrato rochoso encontrados em riachos da região.

Estes substratos foram individualizados e acondicionados em *litter bags* de 17 cm x 20 cm, confeccionados com malha grossa de abertura aproximada de 10 mm de diâmetro, para permitir a entrada dos insetos aquáticos. Para o preenchimento dos *litter bags* foram coletadas folhas maduras da *C. urucurana* e *S. officinarum* no horto de plantas medicinais na Universidade Federal da Grande Dourados, e no laboratório as folhas foram secas em estufa a 60°C por 72 horas. O conteúdo de cada *litter bags* foi padronizado o peso de 5 gramas para os substratos foliares e 500 gramas para cascalho.

Em cada trecho de riacho foi instalado 15 *litter bags* para cada substrato, totalizando 45 *litter bags* por ponto amostral. Estes foram organizados e distribuídos em duas correntes plásticas, fixadas às margens dos riachos junto a zona bentônica, por meio do estaqueamento, com um total de 360 *litter bags*.

Para verificar a composição de espécies de acordo com o tempo de colonização dos insetos aquáticos, todos os *litter bags* foram instalados no mesmo momento e permaneceram por um período máximo de 90 dias. Foram retirados três *litter bags* de cada substrato em cinco períodos com intervalos de 7, 14, 30, 60 e 90 dias. Após a retirada, os *litter bags* foram acondicionados individualmente em sacos plásticos e fixadas em formol a 4%, etiquetados com a identificação (data, pontos de coleta, tipo de substrato) e armazenados em caixas plásticas organizadoras. No laboratório foram lavadas em água corrente e o material foi retido em peneiras de 500µm. Posteriormente foram acondicionados em potes plásticos transparentes e devidamente etiquetados e conservados em álcool 70%. Os organismos foram triados sob microscópio estereoscópico, contados e identificados até o nível de família.

A identificação foi realizada com auxílio de chaves de identificação (PES et al., 2005; MARIANO e FROEHLICH, 2007; LECCI e FROEHLICH, 2007; MUGNAI et al., 2010; HAMADA et al., 2014) e consultas a especialistas.

#### 4. ANÁLISES DE DADOS

Para descrever a estrutura da assembleia de insetos aquáticos foram utilizados: riqueza taxonômica, adquirido através da contagem direta do número de táxons presentes em cada amostra; abundância adquirido através do total de indivíduos de todos os táxons.

Afim de testar as diferenças na abundância de insetos aquáticos entre os níveis de substratos (cana-de-açúcar, croton e cascalho), grupos de riachos (SFR, SCM e SAF), uso e cobertura do solo e o tempo de colonização (7, 14, 30, 60 e 90 dias), foi realizada a Análise de Variância de Permutação Multivariada (PERMANOVA) (Anderson, 2005) usando o *software* Primer 6 (Anderson et al., 2008). Para realizar esta análise, foi utilizada uma matriz das famílias de insetos aquáticos por *litter bag* individual, com valores de abundância que foram padronizadas e criadas matrizes de dissimilaridade com a distância de Bray-Curtis. Foram geradas 9.999 permutações para avaliar a significância do pseudo-F da PERMANOVA. Quando diferenças foram identificadas, o teste *post hoc* de Tukey foi utilizado.

Para de testar as diferenças na riqueza dos insetos aquáticos entre os substratos, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) bifatorial, onde o tempo de colonização (7, 14, 30, 60 e 90 dias) e as categorias de riachos (SFR, SCM e SAP) foram considerados como fatores. Os dados foram normalizados ( $\text{Log}(x+1)$ ). Os pressupostos de homogeneidade das variâncias e normalidade foram testados. Quando diferenças significativas foram identificadas, o teste *post hoc* foi utilizado. No substrato de cascalho no teste de *pos hoc* de Tukey no tempo de colonização foi retirado o período de 90 dias de colonização, por não haver réplicas.

A fim de identificar as famílias que contribuíram para as diferenças entre os riachos, tempo de colonização e substratos, realizamos uma Análise de Porcentagens de Similaridade (SIMPER) (Clarke, 1993), para o SIMPER, as famílias Chironomidae e Elmidae foram retiradas devido a elevada dominância desses grupos e presença em todos os tempos de colonização.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Caracterização da assembleia de insetos aquáticos colonizados em diferentes tratamentos em riachos com usos e coberturas do solo

Foram obtidos um total de 8.630 organismos, representados por 24 famílias de insetos aquáticos em oito riachos (Tabela 2 e Anexos 4, 5 e 6). Sendo 4.534 indivíduos colonizados no substrato de cana-de-açúcar, 2.471 indivíduos no substrato de cróton e 1.625 indivíduos no substrato de cascalho. Os táxons foram distribuídos nas ordens Diptera, Coleoptera, Odonata, Megaloptera, Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera. Os riachos com cobertura do solo com agricultura e pastagem S6, S7 e S8 foram os únicos a apresentarem as famílias Psychodidae e Tipulidae pertencentes da ordem Diptera. Enquanto que a família Megapodagrionidae foi amostrada apenas nos riachos com cobertura florestal S1, S2 e S3. As famílias com maior ocorrência e abundância em todos os substratos foram Chironomidae e Elmidae (Tabela 2 e Anexo 4, 5 e 6), além de Hydropsychidae, Empididae e Polycentropodidae.

Tabela 2. Abundância (média  $\pm$  desvio padrão) das famílias de insetos aquáticos em *litter bags* de Cana-de-açúcar, Croton e Cascalho, em oito riachos amostrados na bacia do rio Dourados, Ms.

Ordem/Família	Cana	Croton	Cascalho
<b>Diptera</b>			
Empididae	3 $\pm$ 3,8	3,8 $\pm$ 2,5	1,8 $\pm$ 1,1
Tipulidae	1 $\pm$ 0		
Psychodidae	1,5 $\pm$ 0,5		1 $\pm$ 0
Simuliidae	4,5 $\pm$ 6,1	5 $\pm$ 1,4	7 $\pm$ 6,5
Ceratopogonidae	4,8 $\pm$ 3,4	4,6 $\pm$ 4,0	1,3 $\pm$ 0,5
Chironomidae	421,3 $\pm$ 175,3	234,1 $\pm$ 69,8	134,2 $\pm$ 131,8
<b>Coleoptera</b>			
Elmidae	82,8 $\pm$ 63,9	41,1 $\pm$ 26,6	24,3 $\pm$ 25,8
Gyrinidae	8,6 $\pm$ 4,7	12 $\pm$ 0	2 $\pm$ 0
Dytiscidae	1 $\pm$ 0	5 $\pm$ 0	1 $\pm$ 0
<b>Odonata</b>			
Megapodagrionidae	3 $\pm$ 1,6	1 $\pm$ 0	1,5 $\pm$ 0,7
Calopterigidae	8,2 $\pm$ 8,1	4,6 $\pm$ 3,5	6,2 $\pm$ 4,9
Libellulidae	5,2 $\pm$ 3,8	2 $\pm$ 1,4	2 $\pm$ 0
Gomphidae	1,3 $\pm$ 0,4	2 $\pm$ 0,8	1 $\pm$ 0
<b>Megaloptera</b>			
Corydalidae	1,3 $\pm$ 0,4	1 $\pm$ 0	
<b>Ephemeroptera</b>			
Baetidae	3,3 $\pm$ 1,6	1,5 $\pm$ 0,7	2 $\pm$ 0

Caenidae	5 ± 0	5 ± 4,2	1,5 ± 0,7
Leptohyphidae	3,5 ± 2,5	2,5 ± 2,1	2,25 ± 1,2
Leptophlebiidae	5,2 ± 3,0		3 ± 0
<b>Plecoptera</b>			
Perlidae	3,8 ± 2,0	3,3 ± 2,0	2,5 ± 2,1
<b>Trichoptera</b>			
Calamoceratidae	11,6 ± 7,24	7,5 ± 3,8	9,8 ± 8,1
Hydropsychidae	12,4 ± 7,9	5,1 ± 3,4	11,1 ± 17,1
Leptoceridae	6,3 ± 6,8	3,6 ± 3,0	24,6 ± 40,9
Polycentropodidae	6,7 ± 5,4	10,7 ± 6,6	6 ± 5,0
Odontoceridae	2 ± 1	2 ± 0	
<b>Abundância</b>	564,5 ± 239,6	308,8 ± 69,9	203,1 ± 197,6
<b>Riqueza</b>	13 ± 3,2	9,1 ± 2,2	9,5 ± 3,2

---

## 5.2 Influência do uso e cobertura do solo na colonização dos insetos aquáticos

Observamos diferenças significativas entre as categorias de riachos com diferentes usos e coberturas do solo (Pseudo-F = 12,29; P = 0,001), no tempo de colonização dos insetos aquáticos (Pseudo-F = 9,87; P = 0,001), e na interação entre riachos e tempo de colonização (PERMANOVA; Pseudo-F = 2,98; P = 0,001). Não houve diferença entre os diferentes tipos de substratos (Tabela 3), porém podemos observarmos uma tendência de diminuição na abundância das famílias de insetos aquáticos no decorrer do tempo de colonização (Figura 2).

Tabela 3. Resultados PERMANOVA com base na similaridade da abundância das famílias de insetos aquáticos.

	Df	Pseudo-F	P(perm)
Categoria de riachos (uso e cobertura do solo)	2	12,29	<b>0,001</b>
Substratos	2	1,57	0,121
Tempo de colonização	4	9,87	<b>0,001</b>
Riachos x Substratos	4	0,97	0,447
Riachos x Tempo de colonização	8	2,98	<b>0,001</b>
Substratos x Tempo de colonização	8	1,23	0,182
Riachos x Substratos x Tempo	15	1,08	0,320

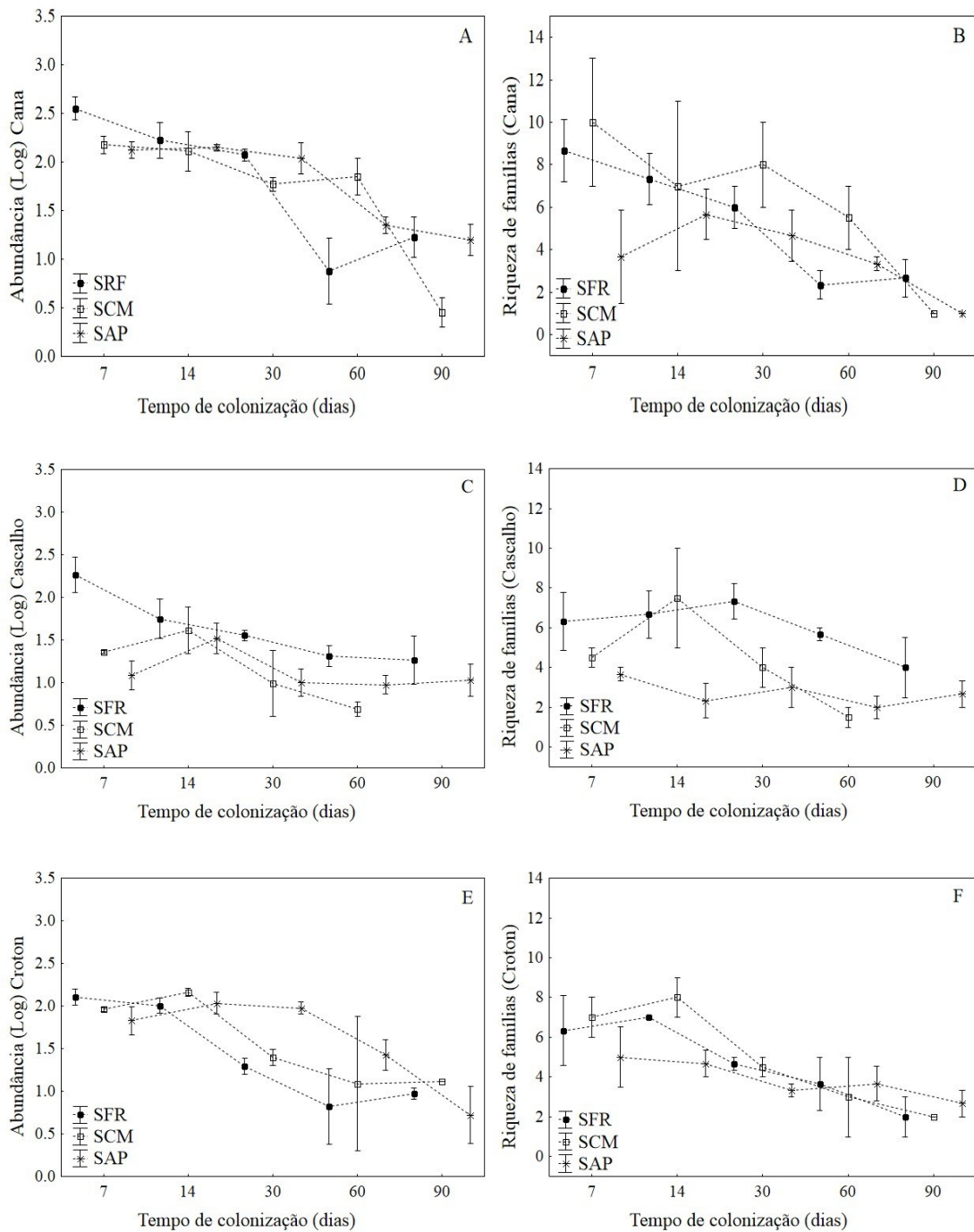


Figura 2. Abundância (A, C e E) e riqueza (B, D e F) de famílias de insetos aquáticos durante o período de colonização em riachos com diferentes usos e coberturas do solo (SFR, SCM e SAP) amostrados na bacia do rio Dourados.



O teste *post hoc*, revelou que a comparação dos pares das categorias de riachos em relação a abundância dos insetos aquáticos é significativamente diferente entre si. Entre as categorias de riachos SFR e SCM, houve diferença significativas na abundância dos insetos aquáticos entre 7, 14 e 90 dias no tempo de colonização (Tabela 4). Entre SFR e SAP, houve diferença significativa na abundância entre os dias 14, 30 e 60. Entre as categorias SCM e SAP, houve diferença significativa na abundância entre os dias 14, 30, 60 e 90 de colonização.

No grupo de riachos SFR, todos os tempos de colonização apresentaram significância entre si. No grupo de riachos SCM, apresentaram diferenças significativas no período de 7 e 14 dias no tempo de colonização e entre os dias 14 e 30. Exceto no grupo de riacho SAP, que não apresentou diferença entre o tempo de colonização.

Tabela 4. Resultados do teste *post hoc* para a comparação entre as categorias de riachos e o tempo de colonização. SFR = riachos de floresta ripária; SCM = riachos de cobertura mista; SAP = riachos de agricultura e pastagem.

Categoria de riachos	Tempo de Colonização									
	7 dias		14 dias		30 dias		60 dias		90 dias	
	t	P(perm)	t	P(perm)	t	P(perm)	t	P(perm)	t	P(perm)
SFR x SCM	1,79	<b>0,018</b>	1,42	<b>0,037</b>	1,46	0,076	0,94	0,437	2,35	<b>0,002</b>
SFR x SAP	1,41	0,076	1,60	<b>0,029</b>	2,82	<b>0,001</b>	2,56	<b>0,001</b>	0,91	0,501
SCM x SAP	1,28	0,132	2,09	<b>0,006</b>	3,27	<b>0,001</b>	2,32	<b>0,007</b>	2,44	<b>0,007</b>

Tempo de Colonização	Categorias de riachos					
	SFR		SCM		SPA	
	t	P(perm)	T	P(perm)	t	P(perm)
7 x 14 dias	2,30	<b>0,001</b>	1,55	<b>0,044</b>	0,81	0,595
14 x 30 dias	2,39	<b>0,002</b>	2,61	<b>0,001</b>	0,58	0,870
30 x 60 dias	1,70	<b>0,031</b>	0,97	0,402	0,58	0,840
60 x 90 dias	1,93	<b>0,008</b>	0,90	0,391	0,46	0,919

Através da análise de variância para a riqueza de insetos aquáticos, observamos que houve diferenças significativas entre as categorias de riachos para os substratos Cascalho e Cana (Tabela 5). Com relação ao tempo de colonização, houve diferença significativa entre todos os substratos.

Tabela 5. Resultados da ANOVA, com base na similaridade da riqueza das famílias de insetos aquáticos em relação aos riachos e ao tempo de colonização considerando os diferentes substratos.

	Cascalho			Cana			Croton		
	Df	F	p	Df	F	p	Df	F	p
Categoria Riachos	2	17.38	<b>0.001</b>	2	3.48	<b>0.04</b>	2	0.45	0.63
Tempo colonização	3	4.02	<b>0.02</b>	4	10.16	<b>0.001</b>	4	7.24	<b>0.001</b>
Riachos x Tempo de colonização	6	2.03	0.10	8	1.59	0.17	8	0.59	0.77

Tabela 6. Resultados do teste *pos hoc* com base na riqueza das famílias de insetos aquáticos na comparação das categorias de riachos nos substratos. SFR = riachos de floresta ripária; SCM = riachos de cobertura mista; SAP = riachos de agricultura e pastagem.

Categorias de riachos	Cascalho	Cana
	p	p
SFR x SCM	<b>0.006</b>	0.67
SFR x SAP	<b>0.001</b>	<b>0.08</b>
SCM x SAP	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>

Tabela 7. Resultados do teste *pos hoc* com base na riqueza das famílias de insetos aquáticos na comparação entre os tempos de colonização nos substratos.

Cascalho		Cana		Croton	
Tempo	p	Tempo	p	Tempo	p
7 x 14 dias	0.84	7 x 14 dias	0.84	7 x 14 dias	0.63
7 x 30 dias	0.76	7 x 30 dias	0.88	7 x 30 dias	0.15
7 x 60 dias	<b>0.01</b>	7 x 60 dias	<b>0.02</b>	7 x 60 dias	<b>0.01</b>
14 x 30 dias	0.91	7 x 90 dias	<b>0.001</b>	7 x 90 dias	<b>0.001</b>
14 x 60 dias	<b>0.02</b>	14 x 30 dias	0.72	14 x 30 dias	<b>0.06</b>
30 x 60 dias	<b>0.02</b>	14 x 60 dias	<b>0.01</b>	14 x 60 dias	<b>0.001</b>
		14 x 90 dias	<b>0.001</b>	14 x 90 dias	<b>0.001</b>
		30 x 60 dias	<b>0.03</b>	30 x 60 dias	0.24
		30 x 90 dias	<b>0.001</b>	30 x 90 dias	<b>0.01</b>
		60 x 90 dias	<b>0.01</b>	60 x 90 dias	0.18

Entre os grupos de riachos SFR e SCM, no período de 7 dias de colonização, as famílias Calopterigidae, Hydropsychidae, Calamoceratidae e Simuliidae foram responsáveis por 60,95% das dissimilaridades cumulativas. Com 14 dias as famílias Hydropsychidae, Calopterigidae e Calamoceratidae perfizeram 39,05% da dissimilaridade, e no período de 90 dias as famílias Leptoceridae, Hydropsychidae, Megapodagrionidae representaram 74,70% das dissimilaridades cumulativas.

Entre os grupos de riachos SFR e SAP, no período de 14 dias, as famílias Calamoceratidae e Hydropsychidae representaram 24,15%. No período de 30 dias, as famílias Calamoceratidae, Hydropsychidae e Polycentropodidae representaram 55,86% da dissimilaridade, e no período de 60 dias, Polycentropodidae, Hydropsychidae, Ceratopogonidae, Calopterigidae, Gomphidae e Simuliidae foram responsáveis por 83,93% das dissimilaridades cumulativas.

Entre os grupos de riachos SCM e SAP, no período de 14 dias de colonização as famílias Hydropsychidae, Empididae, Calopterigidae, Simuliidae representaram 55,78% da dissimilaridade. No período de 30 dias, Hydropsychidae, Ceratopogonidae, Gomphidae e Polycentropodidae foram responsáveis por 65,63%. No período de 60 dias, Calamoceratidae, Hydropsychidae e Gomphidae com 56,05%, e em 90 dias as famílias Hydropsychidae, Polycentropodidae e Leptohiphidae foram responsáveis por 85,71% das dissimilaridades cumulativas.

No grupo de riachos SFR as famílias Calamoceratidae, Calopterigidae e Hydropsychidae, foram responsáveis pelas diferenças entre os períodos de 7 e 14 dias com 46,61% das dissimilaridades cumulativas. Entre os dias 14 e 30 as famílias Calamoceratidae e Hydropsychidae, representaram 40,12%, entre 30 e 60 dias as famílias Calamoceratidae, Hydropsychidae e Calopterigidae representaram 54,66%; entre 60 e 90 dias as famílias Hydropsychidae, Leptoceridae, Polycentropodidae, Calopterigidae e Ceratopogonidae foram responsáveis por 77,31% das dissimilaridades cumulativas.

No grupo de riachos SCM, as famílias Hydropsychidae, Calopterigidae, Simuliidae, Empididae, Ceratopogonidae e Gyrinidae foram responsáveis pelas diferenças entre os períodos de 7 e 14 dias com 81% de dissimilaridade cumulativa, e entre os dias 7 e 30, as famílias Hydropsychidae, Ceratopogonidae, Empididae, Calopterigidae e Simuliidae representaram 71,01% das dissimilaridades cumulativas.

## 6. DISCUSSÃO

Nossos resultados apontaram que a influência do uso e cobertura do solo presente nas zonas ripárias dos riachos e o tempo de colonização foram os responsáveis pelas diferenças significativas na abundância e riqueza das famílias dos insetos aquáticos. Os riachos com maiores porcentagens de floresta ripária apresentaram diferenças em todos os tempos de colonização, os riachos com cobertura mista apenas nos primeiros dias, enquanto que os riachos com o uso e cobertura de agricultura e pastagem nas zonas ripárias não apresentaram diferenças entre todos os tempos de colonização. Além disso que as relações entre os tipos de substratos e o uso e cobertura do solo não influenciaram na colonização.

As famílias Chironomidae e Elmidae foram as que mais contribuíram para as dissimilaridades, apresentando maior ocorrência e abundância em todas as categorias de riachos. A família Chironomidae é considerada generalista e apresenta alta capacidade de colonização em diferentes ambientes, permitindo que colonizem diversos substratos, além de apresentarem níveis de tolerância e respostas a perturbações ambientais (CORDEIRO et al, 2016). Esta alta abundância de indivíduos também foi registrada em diversos estudos (UIEDA e CARVALHO., 2015; VAZ et al., 2019; QUESADA-ALVARADO et al., 2020; MONTELES et al., 2021). Muitos deles destacam sua capacidade para responder a diversos fatores antropogênicos incluindo a remoção da floresta ripária (SERRA et al., 2017; SONODA et al., 2018), por apresentarem táxons que toleram a poluição ambiental (SERRA et al., 2016), e outros táxons que dependem exclusivamente de locais mais florestados para alimentação e refúgio (CORBI e TRIVINHO-STRIXINO, 2017), o que poderia explicar sua maior abundância nos riachos preservados.

A família Elmidae foi amostrada em todas as categorias de riachos, sendo uma família importante em termos de distribuição, por serem cosmopolitas, e por apresentarem grande diversidade, abundância e riqueza de espécies (SANTOS & RODRIGUES, 2015; KODADA et al., 2016). É considerada também como indicadora de qualidade ambiental, por apresentar táxons mais sensíveis a altas temperaturas e baixas concentrações de oxigênio (ELLIOT, 2008), sua dieta é baseada principalmente em algas e detritos de matéria orgânica, sendo classificado funcionalmente como fragmentador (RAMÍREZ e GUTIÉRREZ-FONSECA, 2014; KOHLMANN et al., 2015). O que contribuiu para sua maior abundância nos riachos mais preservados, por terem maiores quantidades de material alóctone. Apesar disso, também tiveram maior ocorrência e

abundância nos riachos não florestados e assoreados, pois essa família possui outros táxons mais tolerantes e generalistas que colonizam diferentes substratos, e vivem de preferência em riachos com substrato arenoso (GONZÁLEZ-CÓRDOBA et al., 2020).

Os resultados não corroboram com a hipótese inicial de que ocorreria diferença significativa na abundância dos insetos aquáticos durante a colonização nos diferentes substratos, porém confirmou que houve diferença significativa em relação a riqueza das famílias de insetos aquáticos. Em relação a abundância apenas observamos a diminuição da abundância das famílias de insetos aquáticos no decorrer do tempo de colonização. Isso pode ser explicado com a teoria da sucessão ecológica degradativa (BEGON et al., 1996), onde a colonização dos substratos se inicia com táxons mais generalistas, em seguida a colonização de táxons mais sensíveis, até atingir o clímax. A partir disso ocorre uma diminuição da comunidade, pois o substrato vai se degradando e, conseqüentemente, diminuindo seus nutrientes, não a sustentando (UIEDA e CARVALHO, 2015; VAZ et al., 2019).

A diferença significativa na riqueza das famílias de insetos aquáticos no substrato de cascalho em comparação com todas as categorias de riachos com diferentes uso e cobertura do solo, indica que a riqueza foi maior logo no início da colonização, e que todos os tempos de colonização considerados se diferiram dos últimos dias de colonização. No substrato de cana-de-açúcar houve diferença entre a categoria de riacho de floresta ripária e agricultura/ pastagem, e cobertura mista com agricultura e pastagem, todos os tempos de colonização se diferiram também com os últimos dias de colonização, em cróton só houve significância nos tempos de colonização nos períodos mais tardios.

Como esperado o substrato de cana-de-açúcar obteve maior riqueza e abundância quando comparado com os outros substratos, isso pode ser explicado pelo fato da decomposição foliar ser mais lenta, por apresentar mono e polissacarídeos fornecendo maior resistência ao processo de lixiviação e provavelmente a ação dos microrganismos, quando comparadas a de croton (LEITE-ROSSI e TRIVINHO-STRIXINO, 2012).

Os organismos demonstraram grande afinidade com os diferentes substratos, e a utilização e a colonização desses substratos, estão relacionados com os hábitos alimentares, por promover a disponibilidade de recursos alimentares, abrigo contra a correnteza da água e predação (SCHMITT, 2016). Os riachos que apresentaram maior cobertura florestal quando comparados aos demais, apresentam maior heterogeneidade nos substratos, ou seja, a estrutura do ambiente é o fator que influencia a composição desses insetos aquáticos e determina as diferenças quanto abundância e riqueza. Essa

heterogeneidade está relacionada com a disponibilidade de recursos alimentares e nichos presente na água, devido as interações dos ecossistemas aquáticos com suas zonas ripárias (TOWNSEND et al., 2006). O aumento na diversidade e nos aspectos funcionais dos insetos aquáticos, é observada como uma resposta ao aumento da heterogeneidade do habitat, que promove maior disponibilidade de micro-habitats e substratos (PILOTTO et al., 2018).

Ao analisarmos as comparações pareadas entre as categorias de uso e cobertura do solo e o tempo de colonização, percebemos que ocorreu diferenças significativas no tempo de colonização e na abundância dos insetos aquáticos entre as categorias de riachos com diferentes usos e coberturas do solo. O que confirma nossa hipótese de que as alterações ocorridas nas abundâncias das famílias de insetos aquáticos e no tempo de colonização foram influenciadas pelo uso e cobertura do solo, presente principalmente nas zonas ripárias nos riachos amostrados.

Essa diferença significativa pode ser explicada, pelo fato das categorias de riachos de floresta ripária (S1, S2 e S3) apresentarem maiores porcentagens de florestas nas suas áreas de microbacia e zona ripárias, e por este motivo tendem a receber maior quantidade de matéria orgânica alóctone, que serve como alimento para os organismo, sendo este um recurso importante para o fluxo de energia nos ecossistemas aquáticos, a presença das florestas agem como uma zona tampão que impede a entrada de sedimentos na água (YOSHIMURA, 2012; TAMBOSI et al., 2015). Isso explica a pouca quantidade de sedimentos finos associados com as *litter bags* e conseqüentemente com seus substratos.

As categorias de riachos de cobertura mista (S4 e S5), e a categoria de riachos de agricultura e pastagem (S6, S7 e S8) em um passado não distante passado, a maior parte da cobertura do solo presentes em suas microbacias e zonas ripárias eram de pastagem, que se entendiam até as margens dos riachos. Com o passar dos anos e com avanço da industrialização, essas áreas foram convertidas em plantio de cana-de-açúcar, ocorrendo a alteração nessas paisagens, porém suas zonas ripárias continuam com cobertura do solo de pastagem. Atualmente esses riachos apresentam baixa porcentagem de floresta ripária, o que contribuiu para a presença e quantidade de sedimentos finos como areia e silte, que na maioria das vezes soterravam as *litter bags*, alterando a disponibilidade dos substratos presentes nas *litter bags* durante o tempo de colonização dos insetos aquáticos. Com a ausência da floresta ripária, e por conta da grande entrada de sedimentos o riacho tende a ser homogêneo (COSTA et al., 2018), mesmos esses riachos serem mais homogêneos, ao



colocarmos substratos no riacho, espera-se que ocorresse a colonização desses insetos aquáticos.

Ao analisarmos as famílias que contribuíram para as diferenças entre as categorias de riachos, tempo de colonização e substrato, assim como esperávamos foram as famílias pertencentes às ordens Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera e Odonata, o que confirma nossa hipótese, de que as famílias responsáveis pelas dissimilaridades sejam representadas pela família Chironomidae pela alta capacidade de colonização e tolerância e pelas famílias do grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) por serem indicadores da qualidade ambiental nesses riachos.

Podemos observar uma tendência nas dissimilaridades dessas famílias através de seus grupos funcionais, de acordo com a forma de aquisição de alimento. Pois inicialmente no período de colonização ocorre o aumento na abundância de fragmentadores, que se alimentam de matéria orgânica, transformando em partículas menores, que geralmente ficam disponíveis para os insetos funcionalmente coletores-filtradores e catadores, que vão servir posteriormente de alimento para os predadores (RAMÍRES e GUTIÉRRES-FONSECA, 2014). A substituição e diminuição desses organismos especialistas para o aumento durante a colonização por generalistas e predadores, ocorre como uma resposta às mudanças no uso e cobertura do solo (PETSCH, 2016; CASTRO et al., 2018).

Nossos resultados demonstram que quanto maior a heterogeneidade de um ambiente maior é a abundância e riqueza dos táxons, por isso as maiores abundâncias e riquezas são encontradas nos riachos da categoria de floresta ripária, por apresentarem maior proporção florestal, apresentaram também maior participação de insetos fragmentadores e coletor-filtradores que estão relacionados com riachos mais florestados, e com o aumento desses organismos tem mais recursos alimentares para os predadores. Esses grupos tróficos e funcionalidade dessas famílias estão relacionadas com a quantidade de matéria orgânica nos riachos (SAULINO, 2012; MONTELES et al., 2021). Assim os riachos predominantemente com agricultura e pastagem tendem a apresentar menor abundância e riqueza de espécies (FERREIRA et al., 2017).

Todas as alterações que ocorrem nos ambientes aquáticos, afetam os insetos aquáticos e o funcionamento dos ecossistemas como a produtividade primária, ciclagem dos nutrientes (TORRES et al., 2014). É necessário que todo uso do solo, seja acompanhado por políticas públicas que promovam a conservação desses ambientes, evitando problemas aos ecossistemas aquáticos (WALLACE et al., 2013). É importante, reforçar a restauração dos canais de riachos, para melhorar e aumentar o número de

habitats, necessários para a fauna de insetos aquáticos e conseqüentemente haverá o aumento dos táxons mais sensíveis (SAULINO et al., 2021).

Enfatizamos também a importância da identificação dos insetos aquáticos em níveis taxonômicos mais refinados, como gênero e espécie, com isso teremos mais informações e detalhamento em decorrência a grande diversidade desses organismos (ANDRADE et al., 2021). Diante disso, este estudo nos proporcionou um maior entendimento da influência do uso e cobertura do solo na zona ripária dos riachos em relação as assembleias dos insetos aquáticos, e a importância da conservação da floresta ripária para o funcionamento dos riachos, e para a presença e estabelecimento de táxons sensíveis, além de proporcionar o aumento da disponibilidade de nichos. E a geração de dados científicos que futuramente poderão embasar novos estudos para a conservação dessas áreas de estudos, com intuito de preservar a fauna aquático e a qualidade ambiental nesses riachos.

As interações entre o ambiente aquático e terrestres são complexas e os estudos de colonização são capazes de ressaltar alguns aspectos dessa relação. Este estudo demonstrou a importância e a influência do uso e cobertura do solo da zona ripária e o tempo de colonização em relação a riqueza e abundância dos insetos aquáticos. Apesar que os resultados foram obtidos apenas em oito riachos, ele se mostrou eficaz no que diz respeito aos nossos objetivos. Estudos futuros podem incluir maior número de riachos e se faz necessário a identificação dos insetos aquáticos em níveis taxonômicos mais refinados. Assim poderemos obter maiores informações sobre a estrutura dos grupos tróficos funcionais, que devem apresentar influencia em relação a disponibilidade de matéria orgânica e alimento presente nos riachos.

Ressaltamos também a importância da floresta ripária em relação a composição dos insetos aquáticos, pois as categorias de riachos amostrados que apresentavam baixa ou ausência de floresta ripária alteraram as características abióticas dos riachos, sendo mais homogêneos principalmente em termos de substratos, com o aumento de porcentagens de areia e silte, que contribuíram para as dissimilaridades, entre as categorias de riachos e o tempo de colonização, a família Chironomidae foi a mais abundante em todas as diferentes categorias de riachos e tempo de colonização, evidenciando sua capacidade de sobreviver em diferentes condições ambientais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, M.J. **Permutational multivariate analysis of variance**. Department of Statistics, University of Auckland, Auckland, v. 26, p. 32-46, 2005.
- ANDERSON, M.J.; GORLEY, R.N; CLARKE, K.R. **PERMANOVA for PRIMER: Guide to software and statistical methods**. Plymouth: PRIMER-E, 2008.
- ARAÚJO, F.E. **Colonização e decomposição de detritos foliares por invertebrados bentônicos em riacho subtropical**. 2015. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Desenvolvimento sustentável) - Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2015.
- ASTUDILLO, M.R.; NOVELO-GUTIÉRREZ, R.; VÁZQUEZ, G.; GÁRCIA-FRANCO, J.; RAMÍREZ, A. **Relationships between Land Cover, Riparian Vegetation, Stream Characteristics, and Aquatic Insects in Cloud Forest Streams, Mexico**. *Hydrobiologia*. v. 768, p. 167–181, 2016.
- BEGON, M.; HARPER, J.L; TOWNSEND, C.R. **Ecology: individuals, populations and communities**. Science Ltd, 1996.
- Bioindicators in Brazilian Subtropical Streams**. *Marine and Freshwater Research*. vol. 68, p. 519-527, 2016.
- BOUCHARD, R,W,JR. **Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest**. Water Resources Center, University of Minnesota, p. 208, 2004.
- BROWER, J.E; J.H, ZAR. **Fied & laboratory methods for general ecology**. Dudenque, W.C. Brown Publishers, 1984.
- CALLISTO, M.; MARQUES, M.M.; BARBOSA, F.A.R. **Deformities in larval Chironomus (Diptera, Chironomidae) from the piracicaba river, southeast Brazil**. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie - EVISA*, v. 27, p. 2699-2702, 2000.
- CANHOTO, C; BÄRLOCHER, F; GRAÇA, M.A.S. **The effects of Eucalyptus globules oils on fungal enzymatic activity**. *Archive für Hydrobiologie*, v. 154, p. 121-132, 2002.
- CARVALHO, E.M.; 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*, 2004.

CASTRO, D.M.P., DOLÉDEC, S.; CALLISTO, M. **Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna streams.** *Ecological Indicators*, v. 84, p. 573-582, 2018.

CLARKE, K. ROBERT. **Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure.** *Australian Journal of Ecology*, v. 18, p. 117-143, 1993.

CORBI, J.J., TRIVINHO-STRIXINO, S. **Chironomid species are sensitive to sugar cane cultivation.** *Hydrobiologia* v. 785, p. 91–99, 2017.

CORDEIRO, G.G., GUEDES, N.D.M., KISAKA, T.B; NARDOTO, G.B. **Avaliação rápida da integridade ecológica em riachos urbanos na bacia do rio Corumbá no Centro-Oeste do Brasil.** *Revista Ambiente & Água*. v. 11, p. 702-710, 2016.

COSTA, W.C., LORANDI, R., LOLLO, J.'A., IMANI, M., DUPAS, F.A. **Surface runoff and accelerated erosion in a peri-urban wellhead area in southeastern Brazil.** *Environ. Earth Science*. v. 77, p. 160, 2018.

CUMMINS, K.W; MERRITT, R.W; ANDRADE, P.C.N. **The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil.** *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, v. 40, p. 69-89, 2005.

DE CASTRO, D.M.P; DOLÉDEC, S.; CALLISTO, M. **Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna streams.** *Ecological Indicators*, v. 84, p. 573-582, 2018.

DIAS, R.M, DE OLIVEIRA, A.G., BAUMGARTNER, M.T., ANGULO-VALENCIA, M.A.; AGOSTINHO, A. A. **Functional erosion and trait loss in fish assemblages from Neotropical reservoirs: The man beyond the environment.** *Fish and Fisheries*, v. 22(2), p. 377-390, 2020.

DUDGEON, D. **Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene** *Current Biology*. v. 29, 960–967, 2019.

ELLIOTT, J. M. **The Ecology of Riffle Beetles (Coleoptera: Elmidae).** *Freshwater Reviews*, v. 1, p. 189–203, 2008.

FERREIRA W.R; HEPP L.U; LIGEIRO R. **Partitioning taxonomic diversity of aquatic insect assemblages functional feeding groups in neotropical savanna headwater streams.** *Ecological Indicators*. v.72, p. 365–373, 2017.

FONTANA, L.E. **Efeito de *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae) sobre o funcionamento de riachos no sul do Brasil.** Dissertação (Mestrado em ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2018.

- GESSNER, M.O; CHAUVET, E; DOBSON, M. **A perspective on leaf litter breakdown in stream.** *Oikos*, v. 85, p. 377–384. 1999.
- GONZÁLEZ-CÓRDOBA, M.; ZÚÑIGA, M.D.C; MANZO, V. **A família Elmidae (Insecta: Coleoptera: Byrrhoidea) na Colômbia: riqueza e distribuição taxonômica.** *Jornal da Academia Colombiana de Ciências Exatas, Físicas e Naturais*, v. 44, p. 522-553, 2020.
- GRAÇA, M.A.S.; FERREIRA, V.; CANHOTO, C.; ENCALADA, A.C.; GUERRERO-BOLAÑO, F.; WANTZEN, K.M.; BOYERO, L. **A conceptual model of litter breakdown in low order streams.** *International Review of Hydrobiology*, v. 100, p. 1-12, 2015.
- GULIS, V; SUBERKROPP, K. **Leaf litter decomposition and microbial activity in nutrientenriched and unaltered reaches of a headwater stream.** *Freshwater Biology*, v. 48, p. 123-134, 2003.
- HALLMANN, C.A., SORG, M., JONGEJANS, E., SIEPEL, H., HOFLAND, N., SCHWAN, H., STENMANS, W., MÜLLER, A., SUMSER, H., HÖRREN, T., GOULSON, D., DE KROON, H. **More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas.** *PloS one*, 2017.
- HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L.; QUERINO, R.B. **Insetos aquáticos na Amazônia Brasileira: taxonomia, biologia e ecologia.** Manaus: Editora do INPA, 2014.
- HAUER, F.R.; LAMBERTI, G.A. **Macroinvertebrates. In: Methods in Stream Ecology.** Academic Press/Elsevier. v. 1, p. 297–319, 2017.
- HUSSAIN, Q.A.; PANDIT, A.K. **Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors.** *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, v. 4, p. 114-123, 2012.
- JÄCH, M., KODADA, J., BROJER, M., SHEPARD, W.D.; ČIAMPOR JR, F. **Coleoptera: Elmidae and Protelmidae.** Brill, 2016.
- JONSSON, M., BURROWS, R.M., LIDMAN, J., FALTSTROM, E., LAUDON, H., SPONSELLER, R.A. **Land use influences macroinvertebrate community composition in boreal.** *Ambio*, v. 46, p. 311-323, 2017.
- KOHLMANN, B., ARROYO, A., SPRINGER, M., VASQUEZ, D. **Agrorural ecosystem effects on the macroinvertebrate assemblages of a tropical river.** In: *Biodiversity in Ecosystems - Linking Structure and Function.* InTechOpen, Rijeka, p. 299–333, 2015.

KROLL, S.A.; OAKLAND, H.C. **A Review of Studies Documenting the Effects of Agricultural Best Management Practices on Physiochemical and Biological Measures of Stream Ecosystem Integrity.** *Natural Areas Journal*. v. 39, p. 39-58, 2019.

LADRERA, R.; BELMAR, O.; TOMÁS, R.; PRAT, N.; CAÑEDO-ARGÜELLES, M. **Agricultural Impacts on Streams near Nitrate Vulnerable Zones: A Case Study in the Ebro Basin, Northern Spain.** *Plos One*, v. 14, p. 1-17, 2019.

LECCI, L.S.; FROEHLICH, C.G. **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo.** 2007.

LECHNER, A.M., SPROD, D., CARTER, O.; LEFROY, E.C. **Characterising landscape connectivity for conservation planning using a dispersal guild approach.** *Landscape Ecology*, v. 32, p. 99-113, 2017.

LEITE-ROSSI, L.A.; TRIVINHO-STRIXINO, S. **Are sugarcane leaf-detritus well colonized by aquatic macroinvertebrates?** *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 24, p. 303-313, 2012.

LIGEIRO, R; MORETTI, M.S; GONÇALVES, J.F; CALLISTO, M. **What is more important for invertebrate colonization in a stream with low-quality litter inputs: exposure time or leaf species?** *Hydrobiologia*. v. 654, p. 125–136, 2010.

MARIANO, R.; FROEHLICH, C.G. **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo.** 2007.

MATO GROSSO DO SUL. Secretária de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Instituto de Meio Ambiente Pantanal. Gerência de Recursos Hídricos. **Bacia hidrográfica do rio Dourados: relatório de qualidade das águas superficiais – 1999 a 2004.** Campo Grande, MS, 2005.

MCCLUNEY, K.E.; POFF, N.L.; PALMER, M.A.; THORP, J.H.; POOLE, G.C.; WILLIAN, B.S.; WILLIANS, M.R.; BARON, J.S. **Riverine macrosystems ecology: sensitivity, resistance, and resilience of whole river basins with human alterations.** *Frontiers in Ecology and the Environment*. v. 12, p. 48-58, 2014.

MERMILLOD-BLONDIN, F.; MARMONIER, P.; TENAILLE, M.; LEMOINE, D.G.; LAFONT, M.; VORSTE, R.V.; SIMON, L.; VOLATIER, L. **Bottom-up processes control benthic macroinvertebrate communities and food web structure of fishless artificial wetlands.** *Aquatic Ecology*, v. 54, p. 575–589, 2020.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; BERG, M.B. **An introduction to the aquatic insects of North America.** Kendall Hunt Publishing, 2008.

- MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; CAMPBELL, E.Y. **Uma Abordagem Funcional Para a Caracterização de Riachos Brasileiros. In: Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia.** Editora do INPA: Manaus, Brazil. p. 69-88, 2014.
- MONTELES, J.S.; GERHARD, P.; FERREIRA, A.; SONODA, K.C. **Agriculture impacts benthic insects on multiple scales in the Eastern Amazon.** Biological Conservation, v. 255, p. 108998, 2021.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN J.L.; BAPTISTA D.F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro.** Technical Books Editora, Rio de Janeiro, 2010.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.
- NAIMAN, R.J.; DECAMPS, H.; MCCLAIN, M.E. **Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities.** Elsevier, 2010.
- OLSEN, D.A.; MATTHAEI, C.D.; TOWNSEND, C.R. **Patch history, invertebrate patch dynamics and heterogeneous community composition: perspectives from a manipulative stream experiment.** Marine and Freshwater Research, v. 58, p. 307-314, 2007.
- PAULA, S.M. **Qualidade da água do rio Dourados-MS – parâmetros físico-químicos, microbiológicos e higiênico sanitários.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Grande Dourados, 2011.
- PES, A.M.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L. **Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil.** Revista Brasileira de Entomologia. v. 49, p. 181-204, 2005.
- PETSCH, D.K. **Causes and consequences of biotic homogenization in freshwater ecosystems.** Internacional Review Hydrobiology, v. 101, p. 113-122, 2016.
- PILOTTO, F., NILSSON, C., POLVI, L.E., MCKIE, B.G. **First signs of macroinvertebrate recovery following the enhanced restoration of boreal streams used for timber floating.** Ecological Applications, v. 28, p. 587–597, 2018.
- QUESADA-ALVARADO, F.; SOLANO-ULATE, D. **Colonização de macroinvertebrados aquáticos em três tipos de substratos artificiais, em um rio tropical.** Journal of Tropical Biology, v. 68, p. 68-78, 2020.

- RAMÍREZ, A.; GUTIÉRREZ-FONSECA, P.E. **Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: a critical analysis and review of existing literature.** *Revista de Biología Tropical*, v. 62, p. 155-167, 2014.
- REZENDE, R.S.; SANTOS, A. M.; HENKE-OLIVEIRA, C.; GONÇALVES JR, J.F. **Effects of spatial and environmental factors on benthic a macroinvertebrate community.** *Zoologia (Curitiba)*, v. 31, p. 426-434, 2014.
- SALLES, F.F.; FERREIRA-JÚNIOR, N. **Habitat e hábitos.** In: *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia.* HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L.; QUERINO, R.B. Editora do INPA: Manaus, Brazil. p. 39-49, 2014.
- SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K.A. **Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers.** *Biological Conservation*, v. 232, p. 8–27, 2019.
- SANTOS, I.G.A.D.; RODRIGUES, G.G. **Colonização de macroinvertebrados bentônicos em detritos foliares em um riacho de primeira ordem na Floresta Atlântica do nordeste brasileiro.** *Iheringia. Série Zoologia*, v. 105, p. 84-93, 2015.
- SAULINO, H. H. L. **Entomofauna aquática do Ribeirão das Anhumas (Bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, SP): influência do represamento e do uso da terra na estrutura da comunidade.**, 2012.
- SAULINO, H.H.L.; CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; GORNI, G.R.; CORBI, J.J. **Chironomid pupal exuviae communities support the “field of dreams” hypothesis after the riparian vegetation recovery in headwater urban streams.** *Ecological Indicators*, v. 127, p. 107766, 2021.
- SAULINO, H.H.L.; CORBI, J.J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. **Aquatic insect community structure under the influence of small dams in a stream of the Mogi-Guaçu river basin, state of São Paulo.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 74, p. 79-88, 2014.
- SCHMITT, R. **Uso de Microhabitats por Imaturos de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em Riachos de Clima Subtropical.** Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- SERRA, S.R.Q.; GRAÇA, M.A.S.; DOLEDEC, S.; FEIO, M.J. **Discriminating permanent from temporary rivers with traits of chironomid genera.** *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, v. 53, p. 161–174, 2017.



SERRA, S.R.Q.; GRAÇA, M.A.S.; DOLEDEC, S.; FEIO, M.J. **Synthesising the trait information of European Chironomidae (Insecta: Diptera): Towards a new database.** *Ecological Indicators*, v. 61, p. 282–292, 2016.

SHARIFINIA, M. **Macroinvertebrates of the Iranian running waters: a review.** *Acta Limnology Brasiliensia*, v. 27, p. 356-369, 2015.

SIEGLOCH, A.E.; SCHMITT, R.; SPIES, M.; PETRUCIO, M.; HERNÁNDEZ, M.I.M. **Effects of small changes in riparian forest complexity on aquatic insect bioindicators in Brazilian subtropical streams.** *Marine and Freshwater Research*, v. 68(3), p. 519-527, 2016.

SIEGLOCH, A.E.; SCHMITT, R.; SPIES, M.; PETRUCIO, M.; HERNÁNDEZ, M. I. M. **Effects of Small Changes in Riparian Forest Complexity on Aquatic Insect** 41

SILVEIRA, M. P; QUEIROZ, J.F.de; BOEIRA, R.C. **Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos.** Comunicado técnico n. 19, Embrapa, 2004.

SIMMONS, B.I.; BALMFORD, A.; BLADON, A.J.; CHRISTIE, A.P.; DE PALMA, A.; DICKS, L.V.; GALLEGO-ZAMORANO, J.; JOHNSTON, A.; MARTIN, P.A.; PURVIS, A.; ROCHA, R.; WAUCHOPE, H.S.; WORDLEY, C.F.; WORTHINGTON, T.A.; FINCH, T. **Worldwide insect declines an important message, but interpret with caution.** *Ecology and Evolution*, v. 9, p. 3678–3680, 2019.

SONODA, K.; MONTELES, J.S.; FERREIRA, A.; GERHARD, P. **Chironomidae from Eastern Amazon: Understanding the difference of land-use on functional feeding groups.** *Journal of Limnology*, v. 77, p. 196–202, 2018.

STREIB, L.; KATTWINKEL, M.; HEER, H.; RUZIKA, S.; SCHÄFER, R.B. **How does habitat connectivity influence the colonization success of a hemimetabolous aquatic insect? -A modeling approach.** *Ecological Modelling*, 2020.

TAMBOSI, L.R.; VIDAL, M.M.; FERRAZ, S.F.B.; METZGER, J.P. **Funções ecológicas das florestas nativas e o Código Florestal.** *Estudos Avançados*, v. 29, p. 151–62, 2015.

TAPP J.L.; WEBB E.B.; **Aquatic invertebrate food base for waterbirds at wetland reserve program easements in the lower Mississippi Alluvial Valley.** *Wetlands*, v. 35, p. 183–192, 2015.

TORRES, P.J.; RAMÍREZ, A. **Land use effects on leaf litter breakdown in low-order streams draining a rapidly developing tropical watershed in Puerto Rico.** *Revista de Biología Tropical*, v. 62, p. 129-142, 2014.

UIEDA, V.S.; CARVALHO, E.M. **Experimental manipulation of leaf litter colonization by aquatic invertebrates in a third order tropical stream.** Brazilian Journal of Biology, v. 75, p. 405-413, 2015.

VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W; CUMMINS, K.W; SEDELL, J.R.; CUSHING, C.E. **The river continuum concept.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 37, p. 130-137, 1980.

VAZ, A.A.; PELIZARI, G.P.; GOMES, D.B.; SMITH, W.S. **Colonização de folhas por invertebrados aquáticos em um riacho tropical: há diferenças entre espécies nativas e *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) nas épocas chuvosa e seca?** Biotemas, v. 32, p. 51-64, 2019.

WALLACE, A.M.; CROFT-WHITE, M.V.; MORYK, J. **Are Toronto's streams sick? A look at the fish and benthic invertebrate communities in the Toronto region in relation to the urban stream syndrome.** Environmental Monitoring and Assessment. v. 185, p. 9, 2013.

YOSHIMURA, M. **Effects of Forest Disturbances on Aquatic Insect Assemblages: Forest Disturbances and Aquatic Insects.** Entomological Science. v. 15, p. 145–154, 2012.

## 8. ANEXOS (Material Suplementar)

Anexo 1. Porcentagem de uso e cobertura do solo das microbacias amostradas na bacia do rio Dourados.

Riachos	Floresta	Pastagem	Soja/Milho	Cana-de-açúcar	Eucalipto	Área Urbana
S1	97,5	0	2,4	0	0	0
S2	69,8	0	30,1	0	0	0
S3	42,6	6,4	51,0	0	0	0
S4	7,0	6,3	12,3	55,3	9,8	9,3*
S5	5,0	9,5	0	85,5	0	0
S6	1,0	11,0	0	88,0	0	0
S7	1,0	30,0	0	69,0	0	0
S8	2,0	28,0	0	70,0	0	0

\*presença da usina de cana-de-açúcar.

Anexo 2. Percentagem de uso e cobertura do solo nas zonas ripárias (buffer de 50 m) nos riachos da bacia do rio Dourados, MS.

Riachos	Floresta	Pastagem	Soja/Milho	Cana-de-açúcar	Área Urbana
S1	100	0	0	0	0
S2	100	0	0	0	0
S3	96,1	3,9	0	0	0
S4	35,3	5,1	8,7	49,6	1,1
S5	41,4	35,0	0	23,5	0
S6	16,1	68,9	0	14,9	0
S7	9,0	80,8	0	10,1	0
S8	6,9	47,6	0	45,4	0

Tabela 3. Caracterização do substrato (%) e valores de profundidade e largura (média ± desvio padrão) em oito riachos na bacia do rio Dourados, MS.

	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8
Argila	10,0	20,0	6,7		6,7			
Silte				3,3		20,0	6,7	60,0
Areia		3,3	3,3	73,3,	46,7	43,3	33,3	20,0
Cascalho grosso		36,7						
Cascalho fino	56,7		6,7	13,3	23,3			
Bloco		13,3						
Matacão	3,3	20,0		3,3				
Rocha Matriz		6,7	83,3					
Folhiço	26,7			6,7	13,3			20,0
Raízes					6,7			
Macrófitas						36,7	60,0	
Madeira/galhos	3,3				3,3			
Profundidade (cm)	18,1 ± 8	12,1 ± 16,3	17,4 ± 12,4	9,4 ± 4,5	16 ± 8,2	17 ± 10	27,3 ± 24,4	27,4 ± 10
Largura (cm)	195 ± 33,9	389 ± 29,3	185 ± 44,4	169 ± 25,7	123 ± 26,7	309 ± 65	409 ± 119	379 ± 47,2

Anexo 4. Abundância das famílias de insetos aquáticos em *litter bags* de Cana-de-açúcar nos riachos amostrados na bacia do rio Dourados, Ms. GFA= grupo funcional alimentar; Pred= predador; Col-Cat= coletor-catador; Col-Filt= coletor-filtrados; Frag= fragmentador; Rasp= raspador.

Ordem/Família	GAF	SFR			SCM			SAP	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
<b>Diptera</b>									
Empididae	Pred	2	3	1	2	13	1	1	1
Tipulidae	Pred							1	
Psychodidae	Col-Cat						1		2
Simuliidae	Col-Filt		3	1	3	1		18	1
Ceratopogonidae	Pred		1		7	10		5	1
Chironomidae	Col-Cat	371	831	498	266	315	266	341	483
<b>Coleoptera</b>									
Elmidae	Frag	68	223	30	87	129	85	28	13
Gyrinidae	Pred		11		2	13			
Dytiscidae	Pred	1						1	
<b>Odonata</b>									
Megapodagrionidae	Pred	5	3	1					
Calopterigidae	Pred	7		2	2	22			
Libellulidae	Pred		10			8	2	1	
Gomphidae	Pred	1						2	1
<b>Megaloptera</b>									
Corydalidae	Pred	1	2		1				
<b>Ephemeroptera</b>									
Baetidae	Col-Cat	2	3			5	6	1	3
Caenidae	Rasp	5							
Leptohyphidae	Col-Cat			1				6	
Leptophlebiidae	Rasp	8	7	2		8		1	
<b>Plecoptera</b>									
Perlidae	Pred	7			1	5	3	3	
<b>Trichoptera</b>									
Calamoceratidae	Frag	18	9	13	5	23		2	
Hydropsychidae	Col-Filt	26	4	3	21	15		9	9
Leptoceridae	Pred	1	16			2			
Polycentropodidae	Col-Filt	1	3	1		4	16	10	12
Odontoceridae	Frag	1		3					

Anexo 5. Abundância das famílias de insetos aquáticos em *litter bags* de Croton nos riachos amostrados na bacia do rio Dourados, Ms. GFA= grupo funcional alimentar; Pred= predador; Col-Cat= coletor-catador; Col-Filt= coletor-filtrados; Frag= fragmentador; Rasp= raspador.

Ordem/Família	GAF	SFR			SCM		SAP		
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
<b>Diptera</b>									
Empididae	Pred	3	1	7	3	7		2	
Tipulidae	Pred								
Psychodidae	Col-Cat								
Simuliidae	Col-Filt		4		6				
Ceratopogonidae	Pred		4		9				1
Chironomidae	Col-Cat	201	267	158	205	199	173	339	331
<b>Coleoptera</b>									
Elmidae	Frag	49	68	26	39	89	30	8	20
Gyrinidae	Pred					12			
Dytiscidae	Pred	5							
<b>Odonata</b>									
Megapodagrionidae	Pred	1	1						
Calopterigidae	Pred	10	5	2		5			1
Libellulidae	Pred					1		3	
Gomphidae	Pred	1			3		2	2	
<b>Megaloptera</b>									
Corydalidae	Pred							1	
<b>Ephemeroptera</b>									
Baetidae	Col-Cat		2						1
Caenidae	Rasp	8		2					
Leptohiphidae	Col-Cat		4				1		
Leptophlebiidae	Rasp								
<b>Plecoptera</b>									
Perlidae	Pred					5	4		1
<b>Trichoptera</b>									
Calamoceratidae	Frag	7	4	6		13			
Hydropsychidae	Col-Filt	2	3	3	6	13	4	4	6
Leptoceridae	Pred	3	7	1					
Polycentropodidae	Col-Filt	2					11	12	18
Odontoceridae	Frag	2							

Anexo 6. Abundância das famílias de insetos aquáticos em *litter bags* de Cascalho nos riachos amostrados na bacia do rio Dourados, Ms. GFA= grupo funcional alimentar; Pred= predador; Col-Cat= coletor-catador; Col-Filt= coletor-filtrados; Frag= fragmentador; Rasp= raspador.

Ordem/Família	GAF	SFR			SCM		SAP		
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
<b>Diptera</b>									
Empididae	Pred	1	1		1	4	2	2	
Tipulidae	Pred								
Psychodidae	Col-Cat						1		
Simuliidae	Col-Filt	4	17		10	3	1		
Ceratopogonidae	Pred		1	1		2			
Chironomidae	Col-Cat	363	317	110	25	65	27	115	52
<b>Coleoptera</b>									
Elmidae	Frag	27	84	11	14	30	20	4	5
Gyrinidae	Pred		2			2			
Dytiscidae	Pred					1			
<b>Odonata</b>									
Megapodagrionidae	Pred	2		1					
Calopterigidae	Pred	3	12	4	1	11			
Libellulidae	Pred							2	
Gomphidae	Pred			1	1		1		
<b>Megaloptera</b>									
Corydalidae	Pred								
<b>Ephemeroptera</b>									
Baetidae	Col-Cat						2		
Caenidae	Rasp	2		1					
Leptohyphidae	Col-Cat	1	4				2	2	
Leptophlebiidae	Rasp	3				3			
<b>Plecoptera</b>									
Perlidae	Pred	4					1		
<b>Trichoptera</b>									
Calamoceratidae	Frag	22	11	11	1	4			
Hydropsychidae	Col-Filt	28	47	1	4	4	1	3	1
Leptoceridae	Pred	72	1	1					
Polycentropodidae	Col-Filt	6	1	4					13
Odontoceridae	Frag								

Anexo 7. Resumo dos resultados SIMPER para as dissimilaridades entre as categorias de riachos SFR, SCM e SAP e o tempo de colonização. Reportados os resultados significativos do *pos hoc* da PERMANOVA.

<b>SFR x SCM 7 dias</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Contrib%</b>	<b>Cum.%</b>
Calopterigidae	17,26	19,34	19,34
Hydropsychidae	15,03	16,85	36,19
Calamoceratidae	11,07	12,40	48,59
Simuliidae	11,02	12,35	60,95
Empididae	7,96	8,92	69,87
Ceratopogonidae	5,16	5,78	75,65
Gyrinidae	4,59	5,14	80,80
Leptophlebiidae	3,62	4,06	84,86
Caenidae	2,85	3,20	88,05
Baetidae	2,35	2,64	90,69
<b>SFR x SCM 14 dias</b>			
Hydropsychidae	15,77	16,89	16,89
Calopterigidae	11,28	12,08	28,97
Calamoceratidae	9,41	10,08	39,05
Empididae	9,21	9,87	48,91
Simuliidae	8,25	8,83	57,75
Ceratopogonidae	7,43	7,95	65,70
Gyrinidae	7,41	7,93	73,63
Leptophlebiidae	5,78	6,19	79,82
Megapodagrionidae	3,58	3,83	83,65
Caenidae	3,20	3,42	87,07
Leptoceridae	2,89	3,10	90,17
<b>SFR x SCM 90 dias</b>			
Leptoceridae	37,80	37,80	37,80
Hydropsychidae	22,62	22,62	60,42
Megapodagrionidae	14,29	14,29	74,70
Calamoceratidae	8,93	8,93	83,63
Perlidae	4,76	4,76	88,39
Gyrinidae	3,57	3,57	91,96
<b>SFR x SAP 14 dias</b>			
Calamoceratidae	13,70	13,96	13,96
Hydropsychidae	10,00	10,19	24,15
Calopterigidae	7,64	7,79	31,94
Polycentropodidae	7,63	7,77	39,71
Leptophlebiidae	7,39	7,53	47,24
Empididae	7,28	7,42	54,66
Megapodagrionidae	6,67	6,79	61,45
Caenidae	5,78	5,89	67,34
Leptoceridae	5,25	5,35	72,69



Baetidae	4,40	4,48	77,17
Perlidae	4,26	4,34	81,51
Leptohyphidae	3,58	3,65	85,16
Gyrinidae	2,90	2,96	88,12
Simuliidae	1,85	1,88	90,00
<b>SFR x SAP 30 dias</b>			
Calamoceratidae	27,14	28,45	28,45
Hydropsychidae	16,46	17,26	45,70
Polycentropodidae	9,69	10,16	55,86
Empididae	7,52	7,88	63,73
Calopterigidae	6,45	6,77	70,50
Perlidae	5,01	5,25	75,75
Gyrinidae	4,31	4,52	80,27
Ceratopogonidae	3,35	3,52	83,78
Baetidae	3,03	3,18	86,96
Leptohyphidae	2,93	3,08	90,03
<b>SFR x SAP 60 dias</b>			
Polycentropodidae	16,49	17,16	17,16
Hydropsychidae	16,04	16,69	33,85
Ceratopogonidae	13,40	13,94	47,79
Calopterigidae	11,98	12,47	60,26
Gomphidae	11,39	11,85	72,10
Simuliidae	11,37	11,83	83,93
Leptohyphidae	6,04	6,29	90,22
<b>SCM x SAP 14 dias</b>			
Hydropsychidae	16,78	17,59	17,59
Empididae	12,65	13,26	30,85
Calopterigidae	12,18	12,77	43,62
Simuliidae	11,60	12,16	55,78
Ceratopogonidae	8,84	9,27	65,05
Gyrinidae	7,52	7,89	72,93
Polycentropodidae	5,86	6,14	79,07
Gomphidae	4,38	4,60	83,67
Perlidae	3,63	3,81	87,47
Baetidae	2,80	2,94	90,41
<b>SCM x SAP 30 dias</b>			
Hydropsychidae	23,47	24,80	24,80
Ceratopogonidae	16,01	16,92	41,72
Gomphidae	12,47	13,18	54,90
Polycentropodidae	10,15	10,73	65,63
Empididae	7,78	8,22	73,85
Calamoceratidae	6,39	6,75	80,60
Libellulidae	4,70	4,96	85,57
Perlidae	3,55	3,75	89,32

Gyrinidae	3,25	3,43	92,75
<b>SCM x SAP 60 dias</b>			
Calamoceratidae	23,39	23,82	23,82
Hydropsychidae	20,82	21,21	45,03
Gomphidae	10,82	11,02	56,05
Perlidae	8,15	8,30	64,35
Simuliidae	7,28	7,42	71,76
Polycentropodidae	6,71	6,84	78,60
Ceratopogonidae	6,34	6,46	85,06
Leptohiphidae	6,21	6,32	91,38
<b>SCM x SAP 90 dias</b>			
Hydropsychidae	42,86	42,86	42,86
Polycentropodidae	25,00	25,00	67,86
Leptohiphidae	17,86	17,86	85,71
Ceratopogonidae	9,52	9,52	95,24

Anexo 8. Resumo dos resultados SIMPER sobre as dissimilaridades nos tempos de colonização, nos riachos SFR e SCM. Reportados os resultados significativos do *pos hoc* da PERMANOVA.

<b>SFR 7 x 14</b>	<b>Av.Diss</b>	<b>Contrib%</b>	<b>Cum.%</b>
Calamoceratidae	15,04	16,51	16,51
Calopterigidae	13,78	15,13	31,64
Hydropsychidae	13,63	14,97	46,61
Leptophlebiidae	7,12	7,82	54,42
Simuliidae	6,43	7,06	61,48
Caenidae	6,15	6,76	68,24
Empididae	5,65	6,20	74,44
Megapodagrionidae	4,43	4,87	79,31
Leptoceridae	4,38	4,81	84,12
Leptohiphidae	2,79	3,06	87,18
Gyrinidae	2,42	2,65	89,83
Polycentropodidae	2,13	2,34	92,17
<b>SFR 14 x 30</b>			
Calamoceratidae	24,71	27,09	27,09
Hydropsychidae	11,89	13,03	40,12
Calopterigidae	8,64	9,47	49,59
Megapodagrionidae	5,76	6,31	55,91
Leptophlebiidae	5,58	6,11	62,02
Empididae	4,99	5,47	67,49
Gyrinidae	4,88	5,35	72,84
Caenidae	4,17	4,58	77,42
Leptohiphidae	3,72	4,08	81,49
Leptoceridae	3,60	3,94	85,44
Ceratopogonidae	2,47	2,70	88,14

Polycentropodidae	2,07	2,26	90,41
<b>SFR 30 x 60</b>			
Calamoceratidae	27,13	28,70	28,70
Hydropsychidae	12,99	13,74	42,45
Calopterigidae	11,54	12,21	54,66
Polycentropodidae	8,53	9,02	63,69
Ceratopogonidae	6,28	6,65	70,33
Empididae	5,21	5,52	75,85
Gyrinidae	4,34	4,59	80,44
Perlidae	3,88	4,11	84,55
Leptohiphidae	2,96	3,14	87,69
Megapodagrionidae	2,75	2,91	90,60
<b>SFR 60 x 90</b>			
Hydropsychidae	17,95	18,43	18,43
Leptoceridae	17,89	18,37	36,80
Polycentropodidae	15,23	15,64	52,44
Calopterigidae	14,46	14,85	67,29
Ceratopogonidae	9,76	10,02	77,31
Calamoceratidae	6,25	6,42	83,72
Simuliidae	5,38	5,53	89,25
Megapodagrionidae	3,90	4,00	93,26
<b>SCM 7 x 14</b>			
Hydropsychidae	14,90	17,73	17,73
Calopterigidae	13,41	15,95	33,67
Simuliidae	11,14	13,26	46,93
Empididae	10,24	12,18	59,11
Ceratopogonidae	9,70	11,54	70,65
Gyrinidae	8,73	10,39	81,04
Calamoceratidae	4,55	5,41	86,45
Leptophlebiidae	2,60	3,09	89,54
Gomphidae	2,33	2,77	92,31
<b>SCM 14 x 30</b>			
Hydropsychidae	17,85	19,89	19,89
Ceratopogonidae	13,67	15,23	35,12
Empididae	11,14	12,41	47,53
Calopterigidae	11,07	12,33	59,87
Simuliidae	10,00	11,14	71,01
Gyrinidae	8,14	9,07	80,07
Gomphidae	6,06	6,75	86,82
Calamoceratidae	3,19	3,56	90,38

---



Figura 3. Fotos das *litter bags* nos de riachos de floresta ripária (SFR), na bacia do rio Dourados.



Figura 4. Fotos das *litter bags* nos de riachos de cobertura mista (SCM), na bacia do rio Dourados.



Figura 5. Fotos das *litter bags* nos de riachos de agricultura e pastagem (SAP), na bacia do rio Dourados.



Figura 6. Fotos dos riachos de Floresta Ripária (SFR), na bacia do rio Dourados.



Figura 7. Fotos dos riachos de Cobertura Mista (SCM) na bacia do rio Dourados.

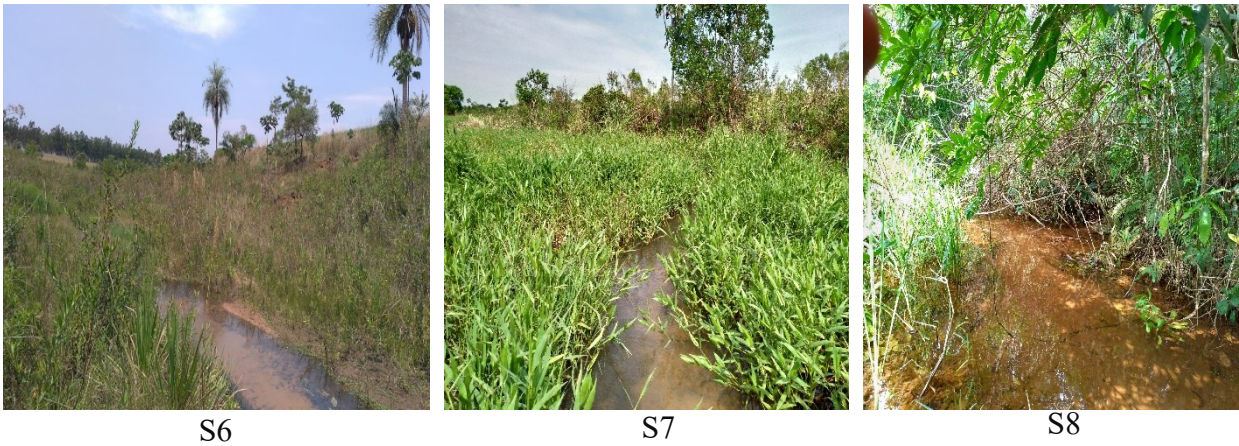


Figura 8. Fotos dos riachos de Agricultura e Pastagem (SAP), na bacia do rio Dourados.