



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

BIANCA PIRACCINI SILVA

**CULICIDAE (DIPTERA) CREPUSCULARES DO BAIXO RIO  
PARANAPANEMA, SUL DO BRASIL.**

---

Londrina

2023

BIANCA PIRACCINI SILVA

**CULICIDAE (DIPTERA) CREPUSCULARES DO BAIXO RIO  
PARANAPANEMA, SUL DO BRASIL.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito à obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas (Biodiversidade e Conservação de Habitats Fragmentados).

Orientador: Prof. Dr. João Antonio Cyrino Zequi

Londrina  
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Silva, Bianca Piraccini.

CULICIDAE (DIPTERA) CREPUSCULARES DO BAIXO RIO PARANAPANEMA, SUL DO BRASIL. / Bianca Piraccini Silva. - Londrina, 2023.

72 f. : il.

Orientador: João Antonio Cyrino Zequi.

Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2023.

Inclui bibliografia.

1. Mosquitos - Tese. 2. Mata atlantica - Tese. 3. barragem - Tese. 4. impacto ambiental - Tese. I. Cyrino Zequi, João Antonio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

CDU 59

BIANCA PIRACCINI SILVA

**CULICIDAE (DIPTERA) CREPUSCULARES DO BAIXO RIO  
PARANAPANEMA, SUL DO BRASIL.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito à obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas (Biodiversidade e Conservação de Habitats Fragmentados).

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Dr. João Antônio Cyrino Zequi  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dr. Mario Luis Orsi  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Dr. Carlos Eduardo de Alvarenga Julio  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dra. Rosemary Aparecida Roque  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA

---

Dr. Mario Navarro da Silva  
Universidade Federal do Paraná - UFPR

Londrina, 14 de abril de 2023.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço ao meu orientador e exemplo na profissão, João Antonio Cyrino Zequi, que me fascinou com seu conhecimento sobre o fantástico mundo dos insetos, seu respeito por todos e principalmente seu empenho pela educação de qualidade nas universidades públicas.

À minha mãe Fátima Aparecida Piraccini Silva, ao meu pai Sérgio Luís Silva e meu irmão Roger Piraccini Silva, que mesmo distantes sempre me apoiaram nos meus “estranhos” trabalhos.

Ao meu companheiro de vida e de biologia, João Paulo Bozina Pine, que sempre esteve ao meu lado, me dando forças em momentos que eu não acreditava mais, me auxiliou durante toda a execução deste trabalho e muitos outros. Pelas eternas conversas discutindo evolução, biologia e toda nossa paixão pelos invertebrados.

A todos discentes que passaram pelo Laboratório de Entomologia Médica, em especial aos meus companheiros de estudos e coletas, Alex da Silva Bocaleti, Karina Rossi da Silva, João Vitor de Oliveira, Barbara Maistrovicz, Beatriz Milani Gomes, Willian Scardovelli Vicentin, Edson Kenji Kawabata e Felipe Augusto Reche.

Aos docentes do curso de Biologia, que me inspiraram nesses 14 anos de UEL, em especial aos professores/amigos Carlos Eduardo de Alvarenga Julio, Gislayne Trindade Vilas-Bôas, Laurival Antônio Vilas Bôas. Agradeço à Nazária Bertola Duarte, pela amizade, conversas e risadas nos momentos difíceis e animadores.

Agradeço imensamente aos técnicos do departamento de biologia animal e vegetal, pois foram as pessoas que mais me ensinaram durante meu trajeto, José Goanais, Edson Santana da Silva e ao meu companheiro de campo, risadas e perrengues, Aparecido de Souza.

Ao amigo/irmão Rafael Campos de Barros, parceiro de entomologia, exemplo de dedicação e respeito, sou grata por todos os momentos e dificuldades em campo, viagens a congressos e triagens no laboratório. À Fatima Aparecida Arcanjo, pelos ensinamentos, paciência e carinho. Aos meus amigos que me

trouxeram tanta alegria em tempos difíceis, Caio Augusto Bonifacio, Matheus Gasparino Alho, Giovana Falcão Fredegotto, Heloísa Gonçalves Bergoc e Lucas Fredegotto Corsaletti.

Aos integrantes do Laboratório de Ecologia e Invasões Biológicas, que me acolheram durante minhas coletas, que muito me ensinaram e me propiciaram os melhores momentos durante a realização deste trabalho, em especial ao amigo e professor Mario Luis Orsi, que acreditou no meu trabalho, me serviu de exemplo pela luta pelo meio ambiente, e me ensinou tanto.

E finalmente, aos membros da banca, que me deram a honra de corrigir e melhorar este trabalho com seus ensinamentos e sugestões.

**Dedico este trabalho à  
ciência e educação brasileira.**

SILVA, Bianca Piraccini. **CULICIDAE (DIPTERA) CREPUSCULARES DO BAIXO RIO PARANAPANEMA, SUL DO BRASIL**. 2023. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

## RESUMO

A construção de usinas hidrelétricas (UHE) transforma o rio de um ambiente lótico em lêntico, causando alterações que afetam os mosquitos da família Culicidae (Diptera). A fragmentação da vegetação ripária e influência antrópica nos ambientes marginais favorecem potenciais vetores de patógenos, tornando-se um problema de saúde pública especialmente nos períodos mais quentes do ano. Sendo assim, este estudo buscou avaliar as populações de Culicidae em um ambiente natural e impactado, nas áreas de influência de três UHE: Capivara, Rosana e Taquaruçu durante o verão e inverno de 2019/2020 com auxílio de armadilha luminosa e aspirador. Foram coletados 4.290 mosquitos distribuídos entre 45 morfoespécies e oito gêneros. Utilizou-se de índices para descrever a qualidade do ambiente e verificar o efeito da UHE, tipo de ambiente e influências do clima sobre a comunidade de Culicidae. O fator UHE foi significativo, indicando que as comunidades de Culicidae das três usinas são independentes. Nas estações do ano avaliadas ocorreram diferenças significativas nas populações de Culicidae, especialmente nos pontos de Capivara, onde existe certa similaridade entre as populações no verão, mas são totalmente distintas no inverno. O tipo de ambiente só teve efeito significativo quando avaliado em conjunto com o fator UHE, indicando que o nível de antropização sozinho não explica as diferenças em Culicidae, mas deve ser avaliado no contexto da região, utilizando-se de ferramentas e índices complementares. A qualidade dos ambientes é distinta entre as UHE, em Capivara, a única usina de reservatório de acumulação estudada, os pontos Capivara Natural e Capivara Impactado apresentaram as piores pontuações nos índices BMWP e ASPT e menor riqueza, abundância, índices de diversidade e maior dominância. Os pontos Rosana Natural (RN) e Rosana Impactado (RI) apresentaram as melhores condições entre os dois tipos de ambiente, sendo RN o que apresentou a maior riqueza, abundância e índices de diversidade e qualidade ambiental e a menor dominância. Taquaruçu Natural (TN) e Taquaruçu Impactado (TI) apresentam boas condições ambientais, mas apesar da alta riqueza e abundância, TN obteve menor diversidade devido à dominância de *Mansonia humeralis*. Desta forma, o presente estudo revela o maior impacto de usinas com reservatório de acumulação, tanto na qualidade ambiental quanto na comunidade de Culicidae. Destacam-se os riscos da diminuição de habitat e da proximidade da população humana com possíveis vetores de patógenos (*Anopheles*, *Aedes* e *Culex*) e mosquitos perturbadores de sono, como *Ma. humeralis*. Faz-se necessário o monitoramento de Culicidae em ambientes naturais e impactados de forma dinâmica para entender a relação destes mosquitos com a qualidade do ambiente e criar políticas de vigilância onde necessárias.

**Palavras-chave:** Mosquitos, Mata Atlântica, barragem, usina hidrelétrica, impacto ambiental.

SILVA, Bianca Piraccini. **TWILIGHT CULICIDAE (DIPTERA) FROM THE LOWER PARANAPANEMA RIVER, IN SOUTHERN BRASIL.** 2023. Doctoral Thesis (Biological Sciences) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina 2023.

### **ABSTRACT**

The construction of hydroelectric power plants (HPP) transforms the river from a lotic to a lentic environment, causing changes that affect mosquitoes of the Culicidae (Diptera) family. The fragmentation of riparian vegetation and the anthropic influence on riverside environments favor potential pathogen vectors, becoming a public health issue especially in the hottest periods of the year. Therefore, this study sought to evaluate Culicidae populations in a natural and impacted environment, in influence areas of three HPP: Capivara, Rosana and Taquaruçu, in summer and winter of 2019/2020 using light traps and a handheld vacuum. A total of 4,290 mosquitoes were collected, distributed in eight genera and 45 morphospecies. Indexes were used to describe environmental quality, and to evaluate the effect of HPP, environment type, and season of the year on the Culicidae Community. The HPP factor was significant, indicating that the Culicidae communities of the three plants are independent. There were significant differences in Culicidae populations between the two seasons analyzed, especially in Capivara's sampling points, where there is some similarity between population in summer, but they are totally distinct in winter. The type of environment only had a significant effect when evaluated together with the HPP factor, indicating that the level of anthropization alone does not explain the differences in Culicidae, but must be evaluated in the context of the region, with the use of additional tools and indexes. The environmental quality of each HPP differ from each other, in Capivara, the only in this study with an accumulation reservoir, the sampling points Capivara Natural (CN) and Capivara Impacted (CI) were the places with the worst BMWP and ASPT index scores, and presented the lowest richness, abundance, diversity indexes and greater dominance. Rosana Natural (RN) and Rosana Impacted (RI) sampling points showed the best conditions between the two types of environments, with RN being the one with the highest environmental quality, richness, abundance and diversity indices and the lowest dominance. Taquaruçu Natural (TN) and Taquaruçu Impacted (TI) showed good conditions, but despite the high richness and abundance, TN showed less diversity thanks to the dominance of *Mansonia humeralis*. Thus, the present study reveals the greatest impact of plants with an accumulation reservoir both in the water quality and the Culicidae fauna. This study highlights the risks of habitat reduction and proximity of the human population, which sleep-disturbing mosquitoes such as *M. humeralis* and potential pathogen vectors such as species of the genera *Anopheles*, *Aedes* and *Culex*. It is necessary to monitor Culicidae in both natural and impacted environments, in order to understand the relationship of these mosquitoes with the quality of the environment and to create surveillance policies where necessary.

**Keywords:** Mosquitoes; Atlantic Forest; dam; hydroelectric power plant; environmental impact.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>09</b>
<b>CAPITULO 1 .....</b>	<b>11</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>CAPITULO 2 .....</b>	<b>33</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

A construção de barragens para usinas hidrelétricas envolve a passagem de um ambiente aquático lótico para lântico, modificando as condições físico-químicas local com modificação na biodiversidade original, especialmente da fauna na área de influência do represamento, e assim gerando novas configurações ecológicas (Guimarães et al 2004; Rezende et al. 2009).

Em condições naturais, a dinâmica populacional de mosquitos da família Culicidae encontra-se em equilíbrio, pois estão em comunidades estáveis com as variáveis do ecossistema, no entanto essa dinâmica pode ser alterada em resposta a modificações no ambiente (Guimarães & Arlé, 1984). Esses impactos acabam fornecendo oportunidades para o estabelecimento de populações de mosquitos, principalmente os sinantrópicos, que podem veicular diversos patógenos que afetam a qualidade de vida das populações humanas ou causando incômodos com picadas e desencadeamento de alergias (Lopes et al., 2002; Coelho, 2010; Paula et al., 2012; Tadei et al., 2017)

Os mosquitos cosmopolitas da família Culicidae (Diptera) distribuem-se em duas subfamílias: Anophelinae e Culicinae; possui 41 gêneros, totalizando cerca de 3570 espécies de mosquitos (Wilkerson et al., 2021). O maior endemismo deste grupo, com 31% das espécies conhecidas, se encontra na Região Neotropical (WRBU, 2023).

Vários estudos descrevem a emergência de vetores e doenças durante e após a construção de barragens (Guimarães et al., 1997; Lopes et al., 2002; Coelho, 2010; Tadei et al., 2017). Nestes estudos, ressalta-se aumento de *Anopheles* Meigen, 181 (vetor de plasmódios), *Aedes* Meigen, 1828 (vetor do vírus da dengue, febre amarela urbana, zika, chikungunya e outras arboviroses), *Culex* Linnaeus, 1758 (vetor de filárias), *Haemagogus* Williston, 1896 (vetor do vírus da febre amarela), *Coquillettidia* Dyar, 1905 e *Mansonia* Blanchard, 1901 (vetores de arboviroses) e perturbadores de sono; são associados à macrófitas, que são típicas neste tipo de ambiente com enriquecimento de nutrientes (Sugimoto, 2009; Silva et al., 2010, Paula et al., 2012; Teich et al., 2017).

A diversidade de mosquitos também é influenciada pelas mudanças na vegetação circundante, especialmente quando envolve alterações dos regimes de

fluxo de rio com inundações de terras adjacentes, alterando a vegetação às margens do reservatório. O estado das vegetações marginais modifica a composição da fauna de vetores, em resposta a habitats modificados como reflorestamentos e desmatamentos (Bastos & Saito, 2000; Guimarães et al., 2004; Rezende et al., 2009, Silva; et al., 2010; Tadei; et al., 2017).

Apesar da importância de se conhecer a fauna de mosquitos e potenciais vetores em áreas de influência antrópica, e a forma que este impacto afeta a comunidade de Culicidae, a maioria dos estudos nesta área foi realizada na região norte do Brasil (Cruz et al., 2009; Gomes et al., 2008; Fearnside, 2014; Tadei et al., 2017; Ferreira et al., 2021). O conhecimento desses ambientes na região sul do país ainda é escasso e necessita de avanços (Paula & Gomes, 2007; Sugimoto, 2009), desta forma urge a necessidade da realização desse presente estudo.

Portanto, o trabalho teve como objetivo integrar levantamento ecológico de Culicidae, em área de influência de represamento, com e sem presença direta de populações humanas, relacionar com a integridade de matas ripárias sob influência do reservatório e fauna aquática para contribuir sobre o conhecimento e controle desses vetores.

## CAPÍTULO 01

# A INTEGRIDADE AMBIENTAL NA MODULAÇÃO DA COMUNIDADE DE CULICIDAE EM TRÊS ÁREAS DE REPRESAMENTO NA BACIA DO RIO PARANAPANEMA

### INTRODUÇÃO

Considerada um *hotspot* mundial de biodiversidade, a Mata Atlântica, apresenta grandes variações no relevo, nos regimes pluviométricos e nos mosaicos de unidades fitogeográficas resultando em grande complexidade de microambientes, que suporta um dos mais altos graus de riqueza de espécies e taxas de endemismo no planeta (Myers et al., 2000; Franke et al., 2005; Pinto et al., 2006; Colombo & Joly, 2010). Porém, vem sofrendo uma grande perda florestal, devido a ocupação territorial, com 72% da população brasileira neste bioma, junto à exploração desordenada do extrativismo de recursos naturais e da produção agrícola (Dean, 1996; Franke et al., 2005).

Restando cerca de 7% da cobertura original, distribuída por fragmentos bastante dispersos, isolados, impactados e fracamente protegidos, sendo que apenas 2% da área do bioma são unidades de proteção integral (Viana & Pinheiro, 1998; Pinto et al., 2006; Ribeiro et al., 2009). No período de 2020-2021 o estado de São Paulo registrou um aumento de 43% no desmatamento da Mata Atlântica e o Paraná é o terceiro estado que mais derrubou florestas, registrando 3.299 ha no mesmo período (Atlântica; INPE, 2022). Importante ressaltar que a Mata atlântica está extremamente ameaçada pelo desmatamento ilegal, prejudicando os últimos remanescentes de um bioma com rica biodiversidade (Atlântica; INPE, 2022; Myers et al., 2000).

Como resultado das ações antrópicas no ambiente, a alteração de paisagens naturais está ocorrendo em velocidade superior, em relação ao observado em uma comunidade natural nos ecossistemas. Causando perda da biodiversidade, alterando a estrutura e quantidade de habitat disponível, tamanho das populações resultando em menor frequência gênica, maior suscetibilidade a invasões, e, além disso, acarreta aumento de casos de arboviroses nas populações locais, devido à

mudança da interação desses vetores com o ambiente antrópico (Guimarães et al., 1997; Franke et al., 2005; Almeida & Louzada, 2009; Gomes et al., 2009; Newbold et al., 2015; Bogoni et al., 2016; Grisotti, 2016).

Entre as modificações causadas pelo homem, destacam-se as grandes barragens de usinas hidrelétricas visto que tem sido a principal fonte energética do país há décadas (Brasil, 2023) e causam grandes alterações ambientais tanto no curso d'água, quanto nas áreas de influência do represamento, provocando novas configurações ecológicas (Guimarães et al 2004, Rezende et al. 2009). Reservatórios inundam matas ciliares, que normalmente são os últimos remanescentes de floresta em matriz explorada, abrigando espécies nativas importantes para aquele ambiente (Fearnside, 2014). Modificam o fluxo do rio, reduz o oxigênio na água, altera sua composição química e compromete sua qualidade, temperatura e conectividade com outros rios (Fearnside, 2001, 2014; Bermann, 2007; Grisotti, 2016).

Essas alterações abióticas resultam em grande impacto na integridade ambiental e na biodiversidade local, que estava adaptada às condições naturais, para sua reprodução, alimentação e ciclo de vida (Fearnside, 2001, 2014; Tadei et al., 2017). Diversos organismos aquáticos são vulneráveis a essas modificações como macroinvertebrados e peixes (Britto & Carvalho, 2006; Castro et al., 2013; Reid et al., 2019; Ferraz et al., 2021).

Os macroinvertebrados são importantes em diversas teias alimentares de outros animais, sendo fundamentais para a dinâmica dos ecossistemas aquáticos (Castro et al., 2013; Wang et al., 2020). Muitos estão associados a macrófitas, que se proliferam em abundâncias nos reservatórios, devido às altas concentrações de nutrientes disponíveis (Coladello et al 2020). Diversos animais utilizam esses bancos de macrófitas como ninhos, locais de reprodução, predação e proteção, muitos macroinvertebrados, inclusive se camuflam em suas raízes, e respondem rapidamente a alterações neste micro-habitat, constituindo uma comunidade indicadora de mudanças ambientais (Castro et al., 2013; Wang et al., 2020).

Entre esses organismos muitas larvas de mosquitos que dependem desse ambiente, podem ter sua comunidade alterada e causar perturbações à população humana local (Gomes et al., 2008; Fearnside, 2014; Tadei et al., 2017). Os mosquitos da família Culicidae são impactados de diversas formas por estes

barramentos, desde diminuição populacional devido à perda de habitat, aumento da abundância de espécies associadas à macrófitas, além disso cria um cenário para maior interação dos Culicidae com o hospedeiro humano e como consequência possibilita a circulação de patógenos. (Lopes et al., 2002; Gomes et al., 2009; Coelho, 2010; Paula et al., 2012; Fearnside, 2014; Tadei et al., 2017).

Com isso, o presente trabalho analisou os graus de impacto de áreas de influência de barragens através de índices ambientais e espécies indicadoras de qualidade ambiental e sua associação com a comunidade de Culicidae local.



Fonte: Orsi et al. (2016) modificado

•UHE Rosana:

Natural (22°36'58.4"S 52°09'50.1"W): Este ponto é cercado por vegetação natural, sem sinais de erosão ou alterações antrópicas nas margens do rio ou na mata ciliar. A água é turva, no entanto não há evidência de poluição, o fundo do rio é composto predominantemente por cascalho, com pouca deposição de lama, existe grande diversidade de habitats submersos como troncos e pedras e presença de macrófitas aquáticas no entorno.

Impactado (22°31'24.6"S 52°08'06.5"W): Este ponto do rio apresenta margens predominantemente ocupadas por gramíneas, com algumas poucas árvores no entorno. A presença humana é composta por comunidades ribeirinhas, que utilizam o espaço para pesca e criação de animais, há evidência de poluição por lixo doméstico e sinais de erosão e alteração das margens. O fundo do rio é composto por areia e lama, e parte do substrato fica exposto quando o nível da água baixa.

•UHE Taquaruçu:

Natural (22°39'9.56"S - 51°25'17.09"W): Este local é cercado por reflorestamento e mata nativa, situado próximo à RPPN Mata do Mosquito. As margens do rio não apresentam sinais da ação humana, sendo a mata ciliar e o ambiente aquático bem preservados. Apesar da turbidez da água, o substrato é formado principalmente por cascalhos e seixos, e as macrófitas estão presentes em baixa quantidade.

Impactado (22°37'14.4"S 51°44'12.3"W): Este ponto é muito utilizado pela população para pesca, e a presença humana é constante. A vegetação no entorno é muito alterada, não havendo remanescentes de mata ciliar, e há sinais de erosão e alterações antrópicas nas margens. O substrato é instável, composto por lama e areia e ficando exposto nos períodos mais secos.

•UHE Capivara

Natural (22°49'02.5"S 51°11'35.4"W): Este ponto é o menor dos remanescentes naturais, sendo a mata ciliar composta principalmente por reflorestamentos circundados por matriz agrícola. Existem pequenos sinais de erosão nas margens, no entanto boa parte é recoberta por gramíneas,

especialmente quando o nível do rio baixa. O fundo é formado principalmente por areia e lama, no entanto ainda existe certa diversidade de habitats submersos como pedras e troncos.

Impactado ( $22^{\circ}49'10.9''S$   $51^{\circ}12'14.8''W$ ): Este ponto apresenta as margens ocupadas por construções residenciais, estando localizado em um condomínio de chácaras. Existem sinais avançados de erosão e assoreamento do rio, sendo este ponto mais suscetível a baixas extremas no nível da água. A mata ciliar é praticamente inexistente, sendo o entorno principalmente ocupado por gramíneas, pedras e lama. As margens são muito modificadas e o substrato é composto principalmente por lama, causando instabilidade no leito do rio.

**Figura 02** - Localização dos seis pontos de coleta de Culicidae, durante o crepúsculo vespertino, com armadilha luminosa e aspirador, no inverno e verão, de 2019/2020, em ambiente natural e impactado, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquarucu do rio Paranapanema.



Fonte: QGIS, o próprio autor

## 2.2 AMOSTRAGEM

O estudo foi realizado durante o inverno e verão de 2019/2020 com duas campanhas em cada estação, nas margens do baixo rio Paranapanema.

Os mosquitos da família Culicidae foram o alvo deste estudo (licença permanente SISBIO 23093), e para sua amostragem foram instaladas, em cada local, três armadilhas luminosa (Pugedo et al., 2005) com pelo menos 30 metros entre cada uma, que permaneceram em campo durante três horas a partir do pôr-do-sol (McPhatter & Gerry; 2017). Além disso, também se utilizou aspirador elétrico durante 30 minutos, totalizando 38 horas de coleta por ponto amostral (ANEXO 02). Ambos os equipamentos aspiram os insetos, com o auxílio de hélice e que são armazenados em sacos de tecido para posterior triagem e identificação dos espécimes (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Forattini, 2002; Wilkerson et al., 2021).

Para verificar a qualidade do ambiente nos locais de amostragem de mosquitos adultos, foi empregado o Protocolo de Avaliação Rápida de Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, proposto por Callisto et al. (2002) e modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987). Tal protocolo avalia um conjunto de parâmetros, que são descritos e pontuados com base na observação das condições de hábitat. A somatória da pontuação de cada parâmetro avaliado fornece um valor que reflete o nível de preservação das condições ecológicas de cada local.

Com o propósito de avaliar a qualidade do ambiente aquático, foi coletada a entomofauna aquática com auxílio de peneira e de rede “D” (malha de nylon 500 µm), posicionadas sobre o substrato e passada contra a correnteza, três vezes em um raio de três metros (ANEXO 02). Os espécimes foram preservados em álcool 70° para posterior identificação a nível de família, com auxílio da literatura pertinente (Froehlich, 2007; Segura et al., 2011; Hamada et al., 2014; Fusari et al., 2018; Martins-Silva, 2022) e depositados no Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina (MZUEL).

## 2.3 ANÁLISES

### 2.3.1 COMUNIDADE DE CULICIDAE

Para descrever a composição da comunidade de Culicidae foram utilizados índices ecológicos de diversidade de Simpson e de Shannon, a dominância de Berger-Parker e a equitabilidade de Pielou.

O índice de diversidade de Simpson, representa a chance de selecionar aleatoriamente dois indivíduos de espécies diferentes dentro de uma amostra, e varia de 0 a 1 (Simpson, 1949). Já o índice de diversidade de Shannon (H) utiliza-se do número de indivíduos e da riqueza de espécies para mensurar a diversidade, chegando a 0 em amostras com uma única espécie e aumentando em comunidades com muitas espécies de abundância similar (Shannon, 1948).

A dominância de Berger Parker indica o quanto a espécie mais abundante representa do total de indivíduos da amostra, podendo chegar ao valor máximo de 1 quando a amostra apresenta apenas uma espécie (Berger & Parker, 1970). A Equitabilidade de Pielou (J') é calculada com base no valor da diversidade de Shannon, e pode variar de 0 a 1, tendo valor máximo numa amostra em que todas as espécies possuem a mesma abundância (Pielou, 1966).

Para comparar a composição da fauna de Culicidae de cada ponto amostral, foram calculados os coeficientes de similaridade de Bray-Curtis e Sorensen, e os valores destes coeficientes foram plotados em dendrograma para permitir a visualização dos resultados. O coeficiente de Bray-Curtis utiliza a abundância das espécies para comparar duas populações, enquanto o coeficiente de Sorensen calcula a similaridade entre amostras utilizando uma matriz de presença/ausência de espécies (Sorensen, 1948; Bray & Curtis, 1957).

### 2.3.2 Integridade Ambiental

Para avaliar o nível de integridade ambiental dos pontos amostrais, foi realizado o Protocolo de Avaliação Rápida de Diversidade de Habitats (Callisto et al., 2002) que pontua os locais utilizando características físicas do ambiente.

Além disso, foi utilizada a entomofauna aquática para discutir sobre o estado de conservação do ambiente através do Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) que considera famílias de macroinvertebrados em 10 grupos, sendo que cada grupo recebe um valor preestabelecido de acordo com sua tolerância à poluição, esses valores são somados e comparados a uma tabela para verificar a classificação do ambiente; e do Índice ASPT (Average Score Per Taxon)

que pontua a qualidade do ambiente aquático; utilizando a mesma tabela de valores atribuídas ao BMWP, no entanto ao final de cada somatório das famílias, o mesmo é dividido pelo número de táxons encontrados naquele local (Hellowell et al., 1978; Junqueira, 1998).

O índice BMWP classifica os ambientes aquáticos em: “Excelentes” quando maiores que 81, “Bom” quando o valor é entre 80 e 61, “Regular” com valores entre 60 e 41, “Ruim” entre 40 e 26 e “Péssimo” quando o valor do índice é igual ou menor a 25. Baseado na somatória da pontuação de cada táxon pode apresentar um desbalanceamento nos valores, dependendo do tamanho do rio, pois muitas vezes rios maiores vão apresentar maior diversidade de famílias. Visando eliminar essa diferença, foi calculado o ASPT, que representa a tolerância média de todas as espécies presentes numa amostra. O ASPT classifica a qualidade de um ambiente aquático como “Excelente” quando a pontuação média é de 5,4 ou mais, “Boa” quando esta se encontra entre 5,4 e 4,81 pontos, “Regular” quando está entre 4,8 e 4,21, “Ruim” quando está entre 4,2 e 3,61 e “Péssima” quando a tolerância média é de 3,6 ou menos (Hellowell et al., 1978; Junqueira, 1998).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 ÍNDICES DE INTEGRIDADE AMBIENTAL

Através do Protocolo de Avaliação Rápida de Callisto et al. (2002), foi mensurada a qualidade dos ambientes ripários. Classificou-se a integridade dos ambientes, por meio de pontuações para diferentes características em: “Naturais”, quando se atribui 61 pontos ou mais, “Alterados”, quando recebem entre 41 e 60 pontos, e “Impactados” quando recebem 40 pontos ou menos. Os pontos amostrais Rosana Natural (RN), Taquaruçu Natural (TN) e Capivara Natural (CN) receberam 82, 78 e 63 pontos respectivamente, categorizados como Naturais; os pontos Rosana Impactado (RI) e Taquaruçu Impactado (TI) receberam 46 e 44 pontos, classificando-os como alterados; e o ponto Capivara Impactado (CI) com apenas 35 pontos está na categoria impactado.

Foram coletadas 27 famílias de insetos presentes na lista de pontuação do BMWP modificado por Junqueira (1998), as famílias são pontuadas de acordo com a tolerância a impactos antrópicos no ambiente aquático, recebendo menores pontuações quanto mais tolerantes os insetos. A pontuação de cada ponto amostral e a abundância de cada família de insetos aquáticos coletada é apresentada a seguir na Tabela 01

O ponto CI apresentou a menor pontuação no índice BMWP, coletado apenas 11 famílias indicadoras, a maioria com pontuação menor ou igual a 5. As famílias Coenagrionidae (Odonata) e Veliidae (Hemiptera) foram as únicas encontradas neste ponto com maiores valores, ambas com 7 pontos.

O ponto CN teve a segunda menor pontuação no BMWP, considerado de qualidade “Boa”. Foram encontradas 14 famílias indicadoras, assim como em CI, a maioria com valores próximos de 5. As famílias com valores mais altos neste ponto foram Libelulidae (Odonata) com 8 pontos, e Coenagrionidae (Odonata) e Veliidae (Hemiptera) com 7 pontos.

O ponto RI foi considerado pelo índice BMWP de qualidade “Excelente”. Foram encontradas 20 famílias indicadoras neste ponto, sendo considerado de qualidade “Boa” pelo índice ASPT com a segunda maior média, entre os pontos estudados. As famílias com maior pontuação encontradas neste

ponto foram Aeshnidae (Odonata), Hebridae (Hemiptera), Libelulidae (Odonata) e Noctuidae (Lepidoptera) todas com 8 pontos.

O ponto RN apresentou maior pontuação em ambos os índices com 20 famílias indicadoras, sendo o único considerado de qualidade “Excelente” pelos dois índices. As famílias com valores mais altos encontradas neste ponto foram Aeshnidae (Odonata), Hebridae (Hemiptera), Libelulidae (Odonata), Noctuidae (Lepidoptera) e Pyralidae (Lepidoptera) com 8 pontos cada.

O ponto TI também apresentou qualidade “Excelente” pelo índice BMWP. Foram encontradas neste local 21 famílias indicadoras, com uma pontuação média de 4,85 no ASPT. As famílias Aeshnidae (Odonata), Hebridae (Hemiptera), Libelulidae (Odonata) tiveram as pontuações mais altas neste ponto com valor de 8.

O ponto TN apresentou a segunda maior pontuação no índice BMWP, considerado “Excelente” e apresentou 21 famílias indicadoras, classificado como ambiente de “Boa” qualidade pelo ASPT. Este ponto foi o único onde foi coletada a família Hydroscaphidae, com a pontuação máxima de 10, outras famílias indicadoras de boa qualidade foram Aeshnidae (Odonata), Libelulidae (Odonata) e Noctuidae (Lepidoptera) com oito pontos cada.

**Tabela 01** – Insetos aquáticos coletados com peneira e rede D, no inverno e verão, de 2019/2020, em ambiente natural e impactado, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema. Seguindo de valores e legenda dos índices BMWP, ASPT e Protocolo de avaliação rápida (Callisto et al., 2002).

Família	CI	CN	RI	RN	TI	TN
Acrididae	0	1	0	0	3	4
Aeshnidae	0	0	2	3	6	17
Baetidae	32	388	137	155	163	14
Belostomatidae	12	7	44	42	25	65
Caenidae	0	0	7	77	54	2
Ceratopogonidae	1	1	1143	323	66	336
Chaoboridae	0	0	4	0	0	0
Chironomidae	65	321	610	799	421	372
Coenagrionidae	33	39	44	67	46	29
Corethrellidae	0	0	0	3	0	0
Crambidae	0	1	1	2	10	1
Culicidae	7	12	439	205	103	123
Curculionidae	0	0	19	37	9	36
Dryopidae	1	0	2	3	0	2
Dytiscidae	0	1	20	28	19	4
Elmidae	1	3	0	0	1	3
Ephydriidae	0	0	2	0	6	0
Geometridae	0	0	0	0	1	0
Gerridae	106	64	5	6	8	9
Gryllidae	0	0	0	1	0	4
Gyrinidae	0	0	1	0	16	0
Hebridae	0	0	30	46	8	0
Hydraenidae	0	0	0	3	3	0
Hydrochidae	0	0	0	0	4	1
Hydrometridae	0	0	0	0	1	0
Hydrophilidae	8	3	96	128	135	89
Hydroscaphidae	0	0	0	0	0	2
Lampyridae	0	0	7	3	40	16
Leptoceridae	0	0	1	0	0	0
Leptophlebiidae	0	0	2	1	1	0

Libelulidae	0	1	35	57	40	75
Lutrochidae	0	0	0	0	1	1
Megapodagrionidae	0	0	1	0	0	0
Mesoveliidae	3	2	14	2	1	9
Micronectidae	0	0	13	0	4	169
Muscidae	1	3	26	0	0	1
Myrmeleontidae	0	0	0	0	1	0
Naucoridae	0	0	31	36	11	10
Nepidae	0	0	0	1	0	0
Noctuidae	0	0	2	1	0	2
Noteridae	0	0	71	21	70	34
Notonectidae	0	0	58	167	91	57
Pleidae	0	0	5	8	43	13
Psychodidae	0	0	0	0	7	1
Ptilodactylidae	0	0	0	0	0	1
Pyralidae	0	0	0	1	0	0
Sarcophagidae	0	0	2	0	0	0
Scirtidae	0	0	21	35	45	18
Sialidae	0	0	0	1	0	0
Staphylinidae	0	0	0	5	4	4
Stratiomyidae	0	0	34	90	27	4
Tabanidae	0	2	0	0	0	5
Veliidae	10	34	6	14	7	12
BMWP	51	66	103	110	102	108
Taxons	11	14	20	20	21	21
ASPT	4,64	4,71	5,15	5,50	4,86	5,14
Callisto	35	63	46	82	44	78

	BMWP		ASPT		Callisto
Excelente	81+	Excelente	5.4+	Natural	61+
Boa	61-80	Boa	4.81 – 5.4	Alterado	41-60
Regular	41-60	Regular	4.21 – 4.8	Impactado	40 -
Ruim	26-40	Ruim	3.61 – 4.2		
Péssima	25-	Péssima	3.6 -		

### 3.2 COMUNIDADE DE CULICIDAE

Através da amostragem de Culicidae foi coletado um total de 4.290 indivíduos, distribuídos em oito gêneros e 45 morfoespécies; que auxiliaram para a análise da comunidade de mosquitos de cada local (Tabela 02).

**Tabela 02** – Índices ecológicos de Culicidae coletados durante o crepúsculo vespertino, com armadilha luminosa e aspirador, no inverno e verão, de 2019/2020, em ambiente natural e impactado, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema.

Local Ambiente	Capivara		Rosana		Taquaruçu	
	Impactado	Natural	Impactado	Natural	Impactado	Natural
Riqueza	6	6	27	31	21	31
Abundância	21	86	795	1663	411	1314
Simpson	0,571	0,175	0,753	0,824	0,779	0,711
Shannon	1,193	0,438	1,967	2,165	1,900	1,795
Pielou	0,666	0,245	0,597	0,631	0,624	0,523
Berger-Parker	0,619	0,907	0,4101	0,3331	0,3796	0,4901

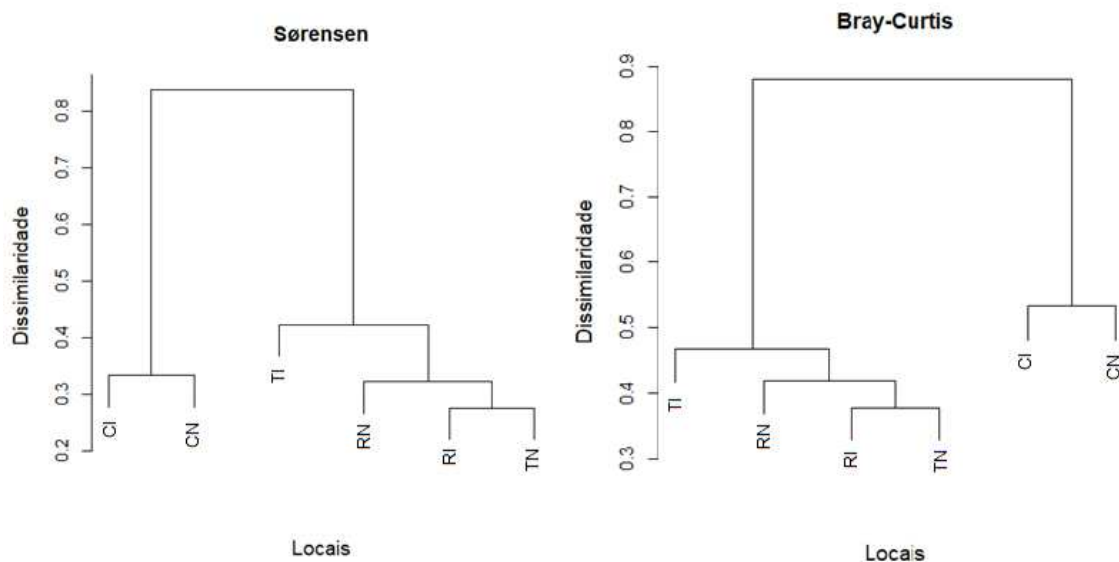
**Fonte:** o próprio autor

Os ambientes naturais apresentaram maior abundância e riqueza em comparação aos ambientes impactados, com exceção de Capivara onde a riqueza observada foi a mesma, e esta UHE apresentou os menores valores desses índices.

O ambiente natural de Rosana se destaca com os maiores valores de diversidade em ambos os índices. Enquanto o ambiente impactado de Capivara exibe o maior valor de equitabilidade por apresentar poucos indivíduos de poucas espécies. Os locais com maiores valores de dominância se encontram em Capivara Natural seguido do Impactado.

Para comparar a composição da fauna de Culicidae entre os seis pontos amostrais foram calculados os índices de similaridade de Bray-Curtis e Sorensen (Figura 03).

**Figura 03** – Índices de similaridade de Bray-Curtis e Sorensen baseado na fauna de Culicidae coletados durante o crepúsculo vespertino, com armadilha luminosa e aspirador, no inverno e verão de 2019/2020, em ambiente natural e impactado, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema.



**Fonte:** o próprio autor

Ao comparar a composição das populações de cada ponto amostral, observa-se a formação de alguns agrupamentos. No índice de Bray-Curtis, que leva em conta as abundâncias das espécies, há maior similaridade entre os pontos RI e TN, estes dois pontos são relativamente similares à RN, e o ponto TI apresenta similaridade moderada com os outros três. Os pontos CI e CN apresentaram baixa similaridade entre si, e foram muito diferentes dos outros quatro pontos.

Considerando apenas a matriz de presença/ausência de espécies foi observado a mesma similaridade entre RI e TN, certa similaridade entre estes pontos e RN, e moderada similaridade do ponto TI com os outros três. Os pontos CN e CI novamente foram muito diferentes dos outros quatro, no entanto, na similaridade de Sorensen, quando comparamos apenas as espécies presentes, estes pontos são mais parecidos entre si.

#### 4. DISCUSSÃO

Observa-se através do protocolo de Callisto et al. (2002) que, mesmo ambientes classificados como naturais, possuem graus de degradação diferentes. Vale destacar que na fragmentação deste bioma, é impossível comparar ambientes perfeitamente iguais, mesmo os agrupamentos de “naturais” e “impactados” não são totalmente equivalentes. O protocolo de avaliação rápida fornece uma maneira de categorizar os ambientes através de alterações físicas no rio e suas margens, que em conjunto com outras ferramentas fornece informações relevantes sobre o ambiente, como o uso organismos bioindicadores como os insetos aquáticos, que apresentam resposta rápida às alterações ambientais (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988; Callisto et al. 2001; Yoshida & Uieda, 2013; Hamada et al., 2014; Carvalho et al., 2016).

Apesar dos índices BMWP e ASPT divergirem sobre alguns locais, reforçam o ambiente natural de Rosana como de excelente qualidade, e o ambiente impactado de Capivara como o mais modificado entre os pontos amostrais, denotando a importância do uso de diversos métodos para avaliar um ambiente (Junqueira, 1998). Capivara possui os menores fragmentos, com raros remanescentes naturais, resultando em ambientes com maiores graus de alteração.

As famílias e Coenagrionidae (Odonata) e Veliidae (Hemiptera) possuem um valor relativamente alto, com 7 pontos no índice BMWP, mesmo assim, foram encontradas em todos os pontos amostrais neste estudo. Muitas famílias com valor intermediário no índice BMWP foram encontradas em todos os pontos amostrais, como Baetidae (Ephemeroptera), Belostomatidae (Hemiptera), Elmidae (Coleoptera), Gerridae (Hemiptera), Gyrinidae (Coleoptera), Hydrophilidae (Coleoptera) e Mesoveliidae (Hemiptera), todas com pontuação igual a 5. Entre as famílias mais tolerantes, com pontuação menor ou igual à 4, Culicidae (Diptera), Chironomidae (Diptera) e Ceratopogonidae (Diptera) estão presentes em todos os pontos amostrais (Baptista et al. 2014; Hamada et al. 2014).

As famílias Aeshnidae (Odonata), Hebridae (Hemiptera) e Noctuidae (Lepidoptera) são indicadoras de boa qualidade ambiental (Baptista et al. 2014; Hamada et al. 2014), e foram encontradas apenas nos pontos considerados de qualidade “Excelente” pelo BMWP, e qualidade “Boa” ou “Excelente” pelo ASPT. A família Libelulidae (Odonata) é considerada indicadora de boa qualidade ambiental,

e foi encontrada em todos os ambientes considerados de qualidade “Boa” e “Excelente” pelo BMWP. O ponto RN, único na categoria “Excelente” pelo ASPT, também foi o único ponto onde foi coletada a família Pyralidae (Lepidoptera) uma indicadora de bons ambientes (Baptista et al. 2014; Hamada et al. 2014).

A presença de espécies indicadoras de boa qualidade em ambientes considerados impactados mostram que mesmo sofrendo com as alterações antrópicas, alguns poucos indivíduos ainda conseguem se manter nesses locais. E a presença de espécies tolerantes nos locais considerados de “Excelente” qualidade, indica que mesmo sendo ambientes mais preservados estes ainda sofrem a barragem e suas consequências (Callisto et al. 2001; Froehlich, 2007; Baptista et al. 2014; Hamada et al. 2014).

A qualidade do ambiente natural de Rosana se deve ao fato de estar localizado no maior fragmento florestal do baixo rio Paranapanema, apresentando alto grau de heterogeneidade estrutural, resultando em maior diversificação de recursos que permite a coexistência de maior número de espécies. Como apresentado, mesmo os ambientes Naturais se distinguem entre si, visto que em remanescentes florestais podem diferir em relação à forma, tamanho, microclima, regime de luminosidade, solo, grau de isolamento e tipo de propriedade; influenciando as comunidades locais. (Gomes et al., 2012).

As hidrelétricas possuem uma diferença entre suas classificações. Enquanto as UHE Taquaruçu e Rosana são classificadas como usinas de fio d’água, a UHE capivara é considerada usina de reservatório de acumulação. Isso significa que as primeiras se aproveitam da força da correnteza dos rios para gerar energia, sem a necessidade de grandes reservatórios, reduzindo assim a estrutura das barragens e dimensão dos alagamentos (Silva Filho, 2003).

Já a usina de Capivara armazena água para regular seu funcionamento e atender suas demandas energéticas, que representa 33,56% do armazenamento de água do subsistema do Rio Paranapanema, sendo capaz de armazenar 1,95% do volume represável pelos reservatórios do Sistema Sudeste/Centro Oeste paulista (Silva Filho, 2003). Os reservatórios de acumulação inundam grandes áreas de mata ripária, como observado nas áreas de influência da UHE Capivara com poucos ambientes naturais e muito fragmentados e isolados, reduzindo o habitat original, que contribui para o declínio populacional das espécies (Gomes et al., 2012).

Com isso, as áreas de influência de Capivara estão propícias à diminuição drástica do curso d'água, como durante o ano de 2019 em que houve período de estiagem (CPTEC, 2020), afetando o nível da represa Capivara (ANA, 2020), acarretando na seca de alguns locais e ficando totalmente sem água em CI que apesar de ser o ambiente impactado mais próximo de sua contraparte natural, foi o único classificado na pior categoria do Protocolo de Avaliação Rápida.

Essas alterações no fluxo d'água se refletem na diversidade de habitat disponíveis, e conseqüentemente afetam os insetos aquáticos. Muitos grupos são sensíveis a impactos como despejo de efluentes, remoção da mata ciliar e alterações no sedimento, causando impacto direto à entomofauna aquática. O que pode explicar o fato dos pontos amostrais da UHE Capivara apresentarem os piores valores nos índices BMWP e ASPT (Hellowell et al., 1978; Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988; Junqueira, 1998; Junqueira et al., 2000; Yoshida & Uieda, 2013; Hamada et al., 2014; Carvalho et al., 2016). Da mesma forma, estes impactos se refletem na fauna de Culicidae, sendo os pontos da UHE Capivara os que apresentaram os menores índices de diversidade de Simpson e Shannon, e os que apresentaram menor Similaridade de Bray-Curtis e Sorensen com as demais UHE.

Em CI, a área de curso d'água é resultado do alagamento do reservatório, portanto muito suscetível às retenções de água para o funcionamento da usina. Em seu entorno possui diversos condomínios de pequenas chácaras destinados à recreação e pesca. Durante as coletas deste estudo, foi possível observar vários trapiches particulares para a pesca onde a água já não alcança suas estruturas há anos. A vegetação não está totalmente desmatada, porém se restringe a algumas árvores onde ainda não há construções residenciais, e com a baixa do curso d'água, acarretou na dominância de gramíneas. Este local apresentou os menores índices de qualidade ambiental, assim como os menores valores de riqueza e abundância de Culicidae (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988; Junqueira et al., 2000; Queiroz et al., 2008; Yoshida & Uieda, 2013; Hamada et al., 2014; Carvalho et al., 2016; Silva et al., 2016; Guarda et al., 2022).

O ponto Capivara Natural é o menor dos fragmentos, numa região sem grandes remanescentes de mata atlântica, principalmente pelo fato de alagamento das matas ciliares pelo reservatório da UHE Capivara, restando apenas Reservas do Patrimônio Particular Natural, que são um estímulo para propriedades resguardar os últimos remanescentes de biodiversidade. Além da matriz agrícola

rotativa de soja, milho e trigo, o entorno possui várias áreas de reflorestamento com idade entre 15 e 18 anos. O fragmento de mata nativa sofreu corte seletivo de madeira, caça e a frequente aplicação de agrotóxicos a seu redor, que em conjunto ao seu tamanho reduzido, resulta em um amplo efeito de borda (Torezan, 2019). Não existem residências no local, porém possui fluxo de trabalhadores rurais e como já citado, caçadores e pescadores.

O protocolo de Callisto et al (2002) mostra que mesmo estando na mesma categoria de “Naturais” o ponto CN possui valores diferentes dos outros dois, por poucos pontos quase classificado como “Alterado”. Da mesma forma, o índice BMWP indica este ponto natural com qualidade Boa, enquanto os naturais e impactados das outras UHE são indicados como “Excelentes” (Junqueira, 1998). Para Culicidae, o ambiente natural de Capivara apresentou os menores valores de diversidade de Shannon, de Simpson e Equitabilidade, devido à dominância de *Anopheles sp.03*. Isto indica que este ponto, apesar de ser mais preservado em relação à sua contraparte impactada, ainda apresenta baixa qualidade em relação aos pontos amostrais das outras UHE.

Um reflexo de toda essa diferença de diversidade de Capivara em relação às outras UHE se confirma com os índices de similaridade de Bray-Curtis e Sorensen apresentando a UHE Capivara em agrupamento diferente dos demais pontos. Demonstrando assim, o maior impacto de usinas de reservatório de acumulação às usinas de fio d'água na comunidade de Culicidae.

Ambos os pontos amostrais das UHE Rosana e Taquaruçu apresentaram pontuação similar e classificação Excelente no índice BMWP, indicando haver boa qualidade de habitats aquáticos em cada um destes pontos (Junqueira, 1998). Quando foi comparado as populações de Culicidae, há maior similaridade entre os pontos RI e TN, certa similaridade entre estes dois pontos e RN, e moderada similaridade do ponto TI com três anteriores. Demonstrando que ambientes de diferentes UHE e diferentes categorias ainda podem apresentar composição faunística e integridade ambiental similar.

O ambiente Natural de Rosana se mostrou o ponto mais diverso e bem preservado entre todos os amostrados. Este ponto apresentou a maior riqueza, abundância, diversidade de Simpson, de Shannon, e conseqüentemente foi o que recebeu as maiores pontuações no índice BMWP, e sendo o único classificado como “Excelente” pelo índice ASPT (Hellawell et al., 1978; Junqueira, 1998). O ponto RN

está situado no Parque Estadual Morro do Diabo, o último fragmento de grande porte do pontal do Paranapanema. Este Parque apresenta 33.845,33 km<sup>2</sup> com uma ampla diversidade de grandes e pequenos mamíferos, aves e herpetofauna. Possui rios e lagoas em seu interior e tem grande parte de sua área, delimitada pelo rio Paranapanema, onde foi realizado este estudo. Nas margens de uma de suas curvas, existem trechos de águas lânticas e locais de nidificação de vários peixes (Faria & Pires, 2006; Orsi et al., 2016). Dessa forma, este se apresenta como um local com grande heterogeneidade estrutural e diversidade de habitats, tanto para a entomofauna aquática em geral, quanto para Culicidae. A presença humana neste local se restringe a segurança e operadores do parque, pesquisadores e visitas agendadas, e por ser uma grande área de preservação com dificuldade de fiscalização, sofre com a invasão de caçadores e pescadores ilegais.

O protocolo de Callisto et al. (2002) classifica o ambiente impactado de Rosana como “Alterado”. Nesta área há menos urbanização ao redor, sendo explorada por população ribeirinha, comunidade de baixa renda que necessita dos recursos naturais para seu sustento, como a pesca, além de criação de bovinos, aves, suínos e outros animais domésticos. O curso de rio é lântico, com macrófitas e as vegetações das margens com algumas árvores menores onde circulam os animais, e a presença de embarcações estacionadas nas margens, com água parada. Apesar de sua classificação como “alterado”, este ponto foi considerado como “excelente” pelo índice BMWP. O ponto RI apresentou o segundo maior valor de Diversidade de Shannon, e do índice ASPT sendo considerado de Boa Qualidade, indicando que mesmo que o ambiente marginal se apresente alterado, a qualidade do hábitat aquático ainda permanece preservada (Hellawell et al., 1978; Junqueira, 1998; Junqueira et al., 2000; Queiroz et al., 2008; Yoshida & Uieda, 2013; Hamada et al. 2014; Carvalho et al., 2016; Silva et al., 2016; Guarda et al., 2022).

O ambiente natural de Taquaruçu teve a segunda maior pontuação no protocolo de Callisto et al. (2002) sendo classificado como “natural”, e no índice BMWP, considerado de qualidade Excelente. Este ponto se encontra nas proximidades da RPPN Mata do Mosquito com 2.195,89 ha. Suas margens possuem vegetação natural com reflorestamentos ao redor com idade entre 15 e 18 anos (Torezan, 2019). Este fragmento também rodeado de matriz agrícola, de cana e soja, abriga a foz do rio Anhumas, com grande biodiversidade de mamíferos, aves e herpetofauna, o que sem proteção, acarreta área de interesse para caça e pesca

(Orsi et al., 2016). Este ponto tem águas lânticas e com ilhas de macrófitas flutuando visivelmente.

Apesar da ótima qualidade ambiental deste local, e da alta riqueza e abundância de Culicidae, a espécie *Ma. humeralis* Dyar & Knab, 1916 se mostra dominante, impactante seus valores de diversidade de Simpson, Shannon e equitabilidade de Pielou. É comum em ambientes tropicais haver uma ou mais espécies muito abundantes, enquanto as outras espécies são representadas por poucos indivíduos (Rafael et al., 2012), porém é importante registrar a alta abundância dessa espécie nas áreas naturais de Taquaruçu e Rosana, visto que este mosquito causa grande incomodo as pessoas e apresenta aumento populacional em áreas de influência de barragens, acompanhando a proliferação de macrófitas, pois suas larvas utilizam essas plantas como habitat e retiram oxigênio de seu aerênquimas (Tadei et al., 1991; Cruz et al, 2009; Mello et al., 2022).

O ambiente impactado de Taquaruçu consiste em chácaras, com área aberta ao público, e frequente fluxo de atividade pesqueira e tráfego de embarcações. Tanto no meio do rio quanto na margem é visível o deslocamento de bancos de macrófita, nas regiões lânticas das margens há também embarcações abandonadas com acúmulo de água no interior. A presença humana e seu impacto nas margens do rio classificam este ponto como “Alterado” por Callisto et al. (2002), no entanto este ponto foi classificado como Excelente pelo índice BMWP, e de Boa qualidade pelo índice ASPT (Hellowell et al., 1978; Junqueira, 1998). Da mesma forma, apesar de ser considerado impactado, este ponto apresentou maior diversidade de Culicidae que sua contraparte Natural, nos índices de Simpson e Shannon indicando que as alterações físicas no ambiente marginal devem ser avaliadas em conjunto com outros indicadores, como a entomofauna aquática, para ajudar a definir a qualidade do ambiente (Junqueira 1998; Junqueira et al 2000; Callisto et al. 2001; Queiroz et al., 2008; Yoshida & Uieda, 2013; Carvalho et al., 2016; Silva et al 2016; Guarda et al 2022).

## **5. Conclusão**

A qualidade dos ambientes ripários depende de uma diversidade de fatores físicos, químicos e biológicos, podendo ser mensurada através do uso de índices e bioindicadores. Os resultados deste estudo mostram que não existe uma medida única que indique o nível de preservação e a biodiversidade de um local, portanto a melhor maneira de avaliar o nível de impacto de um ambiente é se utilizando de múltiplas ferramentas. O protocolo de avaliação rápida oferece uma maneira fácil de categorizar os ambientes de acordo com suas características físicas, no entanto este deve ser complementado por outras evidências, como as medidas de dominância, diversidade e os índices ecológicos como o BMWP e o ASPT.

Além disso, é possível verificar a diferença na qualidade dos ambientes aquáticos nas áreas de influência da UHE Capivara em relação às outras duas UHE, bem como na composição da fauna de Culicidae, possivelmente pela diferença na forma que os seus reservatórios funcionam e conseqüentemente alteram a dinâmica do rio.

Visto que cada ambiente possui particularidades, se faz importante o monitoramento tanto de ambientes impactados quanto dos considerados preservados, uma vez que as alterações no ambiente ripário afetam diretamente a fauna local, em especial as populações de Culicidae. Tornando um problema de saúde pública para os seres humanos que vivem nessas regiões, reforçando a importância de se monitoradas áreas notoriamente impactadas, tornando isso uma política publica permanente.

## CAPÍTULO 02

# COMUNIDADES DE CULICIDAE EM AMBIENTES NATURAIS E ECOSISTEMAS COM INTERAÇÃO HUMANA EM TRÊS ÁREAS DE REPRESAMENTO NA BACIA DO RIO PARANAPANEMA

### INTRODUÇÃO

Os mosquitos da família Culicidae (Diptera) são os insetos que mais causam incômodo ao ser humano, devido às picadas das fêmeas que necessitam de sangue para o desenvolvimento de seus ovos. São de grande interesse epidemiológico e causam danos econômicos em diversos países onde são vetores de patógenos, como o mosquito-prego *Anopheles*, transmissor de protozoários causadores da malária; enfermidade com 139.211 casos no Brasil em 2021 (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Brasil, 2022). Muitos arbovírus também são disseminados por esses mosquitos, como febre amarela silvestre e urbana, Zika, Chikungunya e dengue, sobretudo em países que sofreram invasão da espécie sinantrópica *Aedes aegypti* (L.) (Wilkerson et al., 2021).

Os mosquitos (Culicidae), também desempenham importante papel na cadeia trófica, servindo de alimento para muitos animais, tanto em ambientes terrestres quanto aquáticos. Suas larvas aquáticas se desenvolvem em vários tipos de criadouros, como ocos de árvores, poças d'água, recipientes artificiais, fitotelmas, rios e riachos; se alimentam de nutrientes deste meio e participam da cadeia alimentar de diversos organismos aquáticos (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Zequi & Lopes, 2001; Britto & Carvalho, 2006; Rueda, 2008; Castro et al., 2013; Medeiros-Sousa et al., 2015; Reid et al., 2019; Ferraz et al., 2021). Os adultos, por serem ótimos voadores, conseguem acessar diversos microambientes além de aproveitar verticalmente todo estrato florestal, permitindo o alcance de muitos criadouros e permitindo que se utilizem de diversos animais para hematofagia, como mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes (Rueda, 2008; Wilkerson et al., 2021).

Os Culicidae são extremamente diversos e possuem grande importância ecológica, seu ciclo de vida depende do aproveitamento de espaços e

criadouros disponíveis, portanto as populações de mosquitos são sensíveis a alterações no habitat. Mudanças na pluviosidade, umidade, temperatura do ambiente e da água, disponibilidade de criadouros como corpos d'água e cavidades com acúmulo de água, nutrientes, e a presença de predadores são fatores que afetam diretamente os Culicidae (Rueda, 2008). Essas alterações podem desencadear um desequilíbrio populacional de mosquitos, como frequentemente relatado em áreas de construções de barragens hidrelétricas, onde ocorre um aumento na abundância de mosquitos sinantrópicos que podem causar muitos danos à população humana (Lopes et al., 2002; Guimarães et al., 2004; Gomes et al., 2009; Coelho, 2010; Paula et al., 2012; Fearnside, 2014; Tadei et al., 2017).

O desenvolvimento e implantação de barragens, para aproveitamento hidrelétrico, causam vários outros danos ambientais, pois desmatam amplas áreas para a construção do empreendimento além de alagar grandes extensões de mata ciliar, normalmente os últimos remanescentes de mata preservada, e refúgio de vida silvestre. As barragens também alteram o curso dos rios, acarretando a diminuição do fluxo de água, além de criar barreiras ao deslocamento de muitas espécies aquáticas. (Fearnside, 2014; Ferraz et al., 2021).

Para a construção e manutenção da usina, também é necessária a abertura de longas estradas, causando mais desmatamento e facilitando a migração de pessoas, que acabam se alocando nesses locais, desenvolvendo vilarejo e cidades. E apesar da ação antrópica acarretar alterações nesses ambientes, a população humana também é impactada por essa exploração dos recursos naturais, principalmente dos que vivem nos arredores, como comunidades rurais e trabalhadores do próprio empreendimento (Fearnside, 2014). Acarretando o aumento da interação dessas pessoas com mosquitos vetores de diversos patógenos, desde a supressão inicial da vegetação que coloca em contato direto o homem e potenciais vetores de agentes etiológicos, mantidos em circulação em populações de vertebrados silvestres (Lopes et al., 2002; Guimarães et al., 2004; Gomes et al., 2009; Coelho, 2010; Paula et al., 2012; Fearnside, 2014; Tadei et al., 2017).

Quando ocorre a intensificação da ocupação antrópica da área de influencia da barragem, algumas espécies apresentam declínio de sua população devido à diminuição de seu habitat natural, enquanto outras podem se beneficiar do aumento da área alagada ou ainda, algumas espécies podem se aproveitar do

“nicho vazio” em locais impactados, apresentando flexibilidade ao meio antrópico, aproveitando a diminuição de predadores naturais e o aumento de criadouros artificiais como recipientes descartados, calhas, caixa d’água, esgotos e outros locais com água à disposição (Lopes et al., 2002; Gomes et al., 2009; Coelho, 2010; Paula et al., 2012; Fearnside, 2014; Tadei et al., 2017).

Ainda que muitos estudos demonstrem que os impactos ambientais em áreas sob influência de barragens hidrelétricas, causam alterações na comunidade de Culicidae; esses trabalhos são realizados, em sua maioria, na região norte do Brasil, mesmo esses mosquitos destacando-se no âmbito epidemiológico em todo o território brasileiro (Gomes et al., 2008; Cruz et al., 2009; Fearnside, 2014; Tadei et al., 2017; Ferreira et al., 2021).

As regiões sul e sudeste possuem muitos rios divididos por barragens com grande potencial hidrelétrico. Concentram a maioria da população brasileira, consumindo e produzindo grande parte da energia hidrelétrica do Brasil, ostentando a maioria dos empreendimentos hidrelétricos do país (Teodoro et al., 1995; Simões, 2017; EPE, 2022). Sendo assim, se faz importante compreender a dinâmica populacional desses mosquitos em áreas de influência de usinas hidrelétricas em outras localidades do Brasil.

Com isso, o presente trabalho visa contribuir sobre o conhecimento dos efeitos que alterações ambientais, em áreas de influência de reservatório de hidrelétricas exercem na comunidade de Culicidae, na região sul do Brasil. Visando descrever a diversidade e composição de Culicidae em áreas de mata ripária do baixo rio Paranapanema, com e sem influência direta de pessoas. Verificar os efeitos das diferentes UHE, do tipo de ambiente e da estação do ano, sobre a abundância das espécies de Culicidae e identificar as espécies de mosquitos que apresentem alto valor indicador para algum dos fatores.

## ● 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 ÁREAS DE ESTUDO

O Rio Paranapanema possui uma extensão de cerca de 930 km, dividindo os estados de São Paulo e Paraná, apresenta vegetação de Mata Atlântica, com a predominância de Floresta estacional semidecidual, a temperatura varia de 40°C no período mais quente do verão podendo chegar a 10°C no inverno, e a média de precipitação anual está entre 1.100 mm e 1.700 mm (Veloso et al., 1991; Orsi et al., 2016).

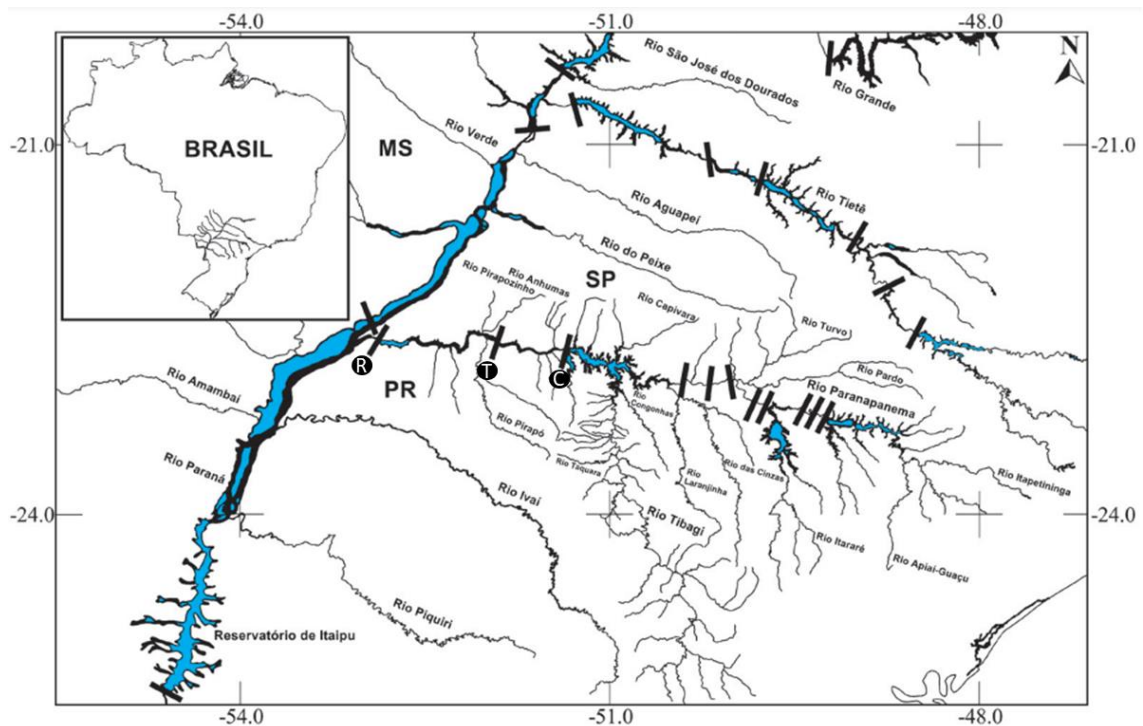
Existem ainda algumas áreas de mata bem preservadas em seu entorno, como o Parque Estadual Morro do Diabo, e a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Mata do Mosquito, no entanto a maior parte do território foi convertida para uso humano, ou alagada pela construção das barragens, restando apenas pequenos fragmentos de mata ciliar cercados por matriz agrícola e urbana (Ditt, 2002; Orsi et al., 2016).

Este estudo foi realizado nas proximidades de três reservatórios de UHE na região do baixo rio Paranapanema, que vai desde Salto Grande até sua foz no Rio Paraná, estendendo-se por 412 km; (Figura 1). A Usina de Rosana situada entre os municípios de Rosana (SP) e Diamante do Norte (PR), com 220 km<sup>2</sup>, a UHE Taquaruçu que se localiza entre Sandovalina (SP) e Itaguajé (PR) com reservatório de 80,1 km<sup>2</sup>, e a UHE Capivara com 576 km<sup>2</sup> de reservatório entre as cidades de Porecatu (PR) e Taciba (SP) (Duke Energy, 2013) (ANEXO 01).

As hidrelétricas possuem uma diferença entre suas classificações. Enquanto as UHE Taquaruçu e Rosana são classificadas como usinas de fio d'água, a UHE capivara é considerada usina de reservatório de acumulação. Isso significa que as primeiras se aproveitam da força da correnteza dos rios para gerar energia, sem a necessidade de grandes reservatórios, reduzindo assim a estrutura das barragens e dimensão dos alagamentos (Silva Filho, 2003). Já a Usina de Capivara armazena água para regular seu funcionamento e atender suas demandas energéticas, que representa 33,56% do armazenamento de água do subsistema do Rio Paranapanema, sendo capaz de armazenar 1,95% do volume represável pelos reservatórios do Sistema Sudeste/Centro Oeste paulista (Silva Filho, 2003). As áreas

de influência de Capivara estão propícias à diminuição drástica do curso d'água, como durante o ano de 2019 em que houve período de estiagem, afetando o nível da represa Capivara (ANA, 2020; CPTEC, 2020).

**Figura 01** - Localização da bacia do rio Paranapanema do Alto rio Paraná. As barras representam as principais barragens de usinas hidrelétricas da região, onde R - UHE Rosana, T – UHE Taquaruçu e C - UHE Capivara. Escala 1:2.000.000.



Fonte: Orsi et al. (2016) modificado

O estudo buscou comparar a fauna de Culicidae em áreas com diferentes graus de conservação, portanto nas áreas de influência de cada UHE foram definidos dois pontos de amostragem: um ponto natural, de mata em bom estado de preservação, e um ponto impactado, em áreas degradadas e com presença humana (Figura 2). Porém, devido à escassez de ambientes preservados nessa região, apesar dessa classificação, cada local apresenta características próprias.

**•UHE Rosana:**

Natural (22°36'58.4"S 52°09'50.1"W): situada no Parque Estadual Morro do Diabo, maior reserva no baixo Paranapanema, com grande

biodiversidade e presença humana restrita a funcionários do parque, pesquisadores e visitas agendadas.

Impactado (22°31'24.6"S 52°08'06.5"W): Comunidade ribeirinha situada na área periurbana de Teodoro Sampaio (SP) que se mantém da pesca e criação de bovinos, aves e animais domésticos. Casas a poucos metros e vegetação marginal com algumas árvores.

•UHE Taquaruçu:

Natural (22°39'9.56"S - 51°25'17.09"W): situada ao lado da RPPN Mata do Mosquito (São Paulo, 2023), com vegetação natural e reflorestamentos (Torezan, 2019), circundada por matriz agrícola. Com grande biodiversidade terrestre e aquática, atrai pescadores e caçadores na região.

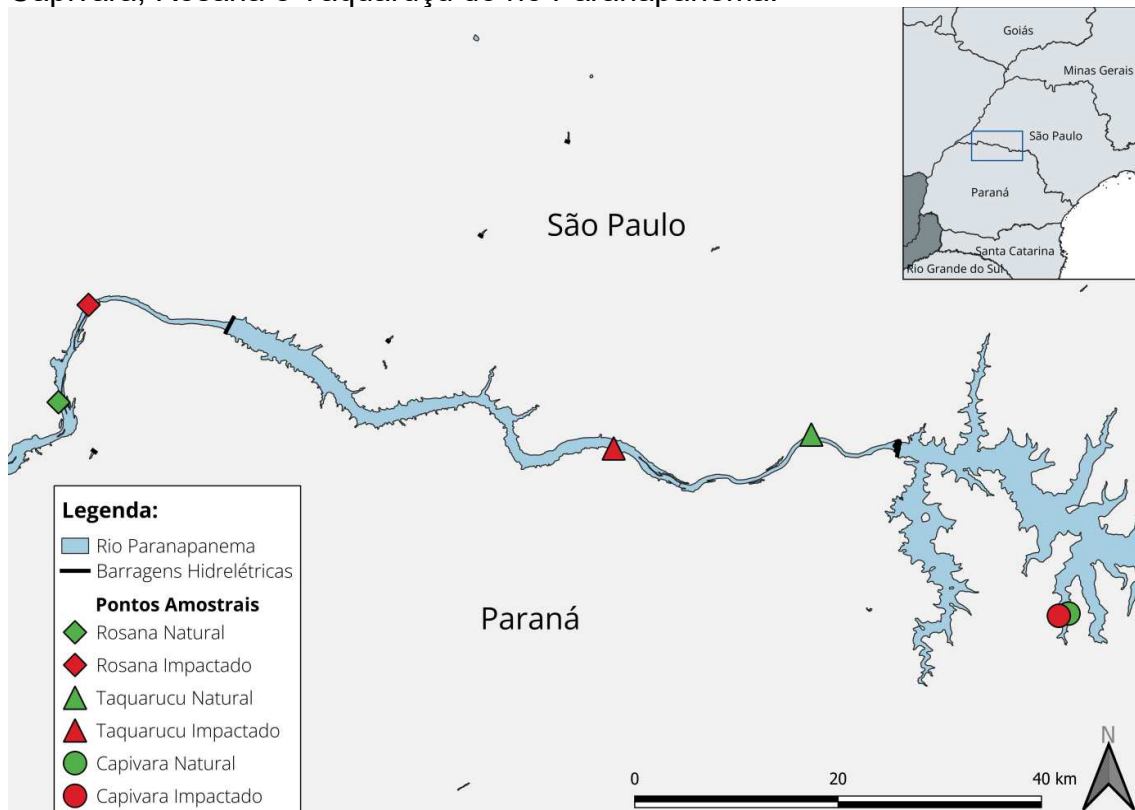
Impactado (22°37'14.4"S 51°44'12.3"W): ambiente com afloramento rochoso e árvores esparsas nas margens do rio. A área é aberta ao público, com chácaras e circulação de pessoas para atividade pesqueira.

•UHE Capivara

Natural (22°49'02.5"S 51°11'35.4"W): situada na RPPN mata do Cici (Alvorada do Sul, PR), circundada por matriz agrícola é o menor dos fragmentos naturais estudados, pois na região do reservatório possui poucos remanescentes naturais. Sua mata ciliar é composta por reflorestamentos e poucas áreas naturais, que em períodos de seca podem ficar expostas e revestidas por gramíneas.

Impactado (22°49'10.9"S 51°12'14.8"W): situado em condomínio fechado de chácaras destinadas à recreação e pesca, com algumas árvores restantes. O curso d'água foi formado devido ao alagamento da região, ficando suscetível ao funcionamento da barragem, com constante flutuação do nível da água.

**Figura 02** - Localização dos seis pontos de coleta de Culicidae, durante o crepúsculo vespertino, com armadilha luminosa e aspirador, no inverno e verão, de 2019/2020, em ambiente natural e impactado, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema.



Fonte: QGis, o próprio autor

## 2.2 AMOSTRAGEM

Os mosquitos da família Culicidae foram amostrados, na beira do rio Paranapanema, durante o crepúsculo vespertino (licença permanente SISBIO 23093). Com o auxílio de termohigrômetro (modelo Incoterm 7666.02) foram monitorados os parâmetros de temperatura e umidade do ambiente no decorrer da coleta. Os dados meteorológicos, horário do pôr do sol e pluviométricos foram obtidos das bases de dados do Instituto das Águas do Paraná (IAP, 2022) e do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE, 2022).

Em cada local foram realizadas quatro coletas: duas durante o inverno e duas durante o verão do ano de 2019/2020. Para a amostragem dos mosquitos foi realizada coleta ativa, com auxílio de aspirador elétrico, e coleta passiva, com uso de armadilha luminosa (Pugedo et al., 2005) que utiliza lâmpada de Led para atrair os mosquitos, e os aspira para um saco coletor com o auxílio de hélice ligada à bateria de motocicleta (ANEXO 02).

Foram instaladas três armadilhas em cada ponto amostral com pelo menos 30 metros de distância entre elas, para garantir a independência das armadilhas, segundo recomendação de McPhatter e Gerry (2017). As armadilhas foram ligadas no pôr do sol e permaneceram em campo por mais três horas, e a coleta ativa foi realizada durante 30 minutos totalizando 38 horas de coleta por ponto amostral.

Os mosquitos coletados foram acondicionados em sacos de tecido, colocados em câmara mortífera e posteriormente levados para identificação em laboratório (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Forattini, 2002; Wilkerson et al., 2021). O material coletado será depositado no Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina (MZUEL).

## 2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A comunidade de Culicidae foi avaliada em relação aos diferentes tratamentos: “UHE”, com três variáveis, Capivara, Rosana e Taquaruçu. “Ambiente”, com as variáveis Natural e Impactado, e “Estação”, com as variáveis verão e inverno.

### 2.3.1 Índices ecológicos

Para analisar a estrutura da comunidade de Culicidae foi contabilizada a riqueza e abundância de cada ponto amostral, e estimada a diversidade através dos índices de Shannon e Simpson, a dominância de Berger Parker e a equitabilidade de Pielou.

O índice de diversidade de Simpson (1-D), que varia de 0 a 1, mede a probabilidade de dois indivíduos selecionados ao acaso em uma amostra pertencerem a espécies diferentes (Simpson, 1949). Enquanto o índice de diversidade de Shannon (H) leva em consideração a abundância de indivíduos e a riqueza de espécies, este índice se aproxima de 0 em comunidades com uma única espécie e apresenta valores maiores para comunidades com muitas espécies representadas por alguns indivíduos cada (Shannon, 1948).

A dominância de Berger Parker é calculada pela relação entre a espécie mais abundante e o número total de indivíduos, com valor máximo de 1

quando todos os indivíduos da amostra pertencem à mesma espécie (Berger & Parker, 1970). A Equitabilidade de Pielou (J') se baseia na diversidade de Shannon, e apresenta resultados entre 0 e 1, se aproximando de 1 quando todas as espécies são igualmente abundantes em uma amostra (Pielou, 1966). Para avaliar se há diferença significativa entre as diversidades de Shannon de cada local, foi realizado um teste t de Hutchenson, comparando os índices de par a par (Hutcheson, 1970).

Para comparar a composição da fauna de Culicidae, entre cada ponto amostral nas duas estações, foram utilizados os coeficientes de similaridade de Bray-Curtis e Sorensen. O coeficiente de Bray-Curtis leva em conta a abundância de cada uma das espécies na comparação entre duas populações, já o coeficiente de Sorensen não leva em conta a abundância, e se baseia em uma matriz de presença/ausência para calcular a similaridade (Sorensen, 1948; Bray & Curtis, 1957). Os valores desses coeficientes foram transformados num dendrograma para representação visual dos resultados.

### 2.3.2 Análise multivariada

A análise multivariada, PERMANOVA ( $\alpha=0,05$ ), foi utilizada para avaliar se os fatores “UHE” (Rosana, Taquaruçu e Capivara), “Ambiente” (Natural e Impactado), e “Estação” (Inverno e Verão), ou a interação entre estes fatores, possuem alguma relação com a abundância das espécies de Culicidae. Posteriormente foi aplicado o valor indicador (IndVal) para identificar quais espécies de Culicidae são mais características para cada variável testada. Este método combina a abundância relativa de uma espécie com sua frequência relativa de ocorrência num determinado habitat, gerando um valor indicador desta espécie sobre todos os tipos de habitat (Dufrene & Legendre, 1997).

As análises estatísticas foram realizadas no programa R versão 4.2.1. utilizando o pacote *vegan* (Oksanen et al., 2019) e o pacote *labdsv* (Roberts, 2019).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 ANÁLISE DA COMUNIDADE DE CULICIDAE

Foi coletado um total de 4.290 indivíduos de Culicidae distribuídos entre 45 morfoespécies e oito gêneros. *Mansonia humeralis* foi a espécie mais abundante representando 30,33% da amostra total, seguida por *Coquillettidia* sp. 01 correspondendo a 12,03% e *Mansonia* sp. 04 com 11,75%. Os pontos amostrais de maior abundância e riqueza foram os ambientes naturais de Rosana, seguido por Taquaruçu, enquanto ambos os ambientes de Capivara foram os menos abundantes (Tabela 1).





<i>Culex</i> sp.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Culex</i> sp.11	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Culex</i> sp.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Culex</i> sp.13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Aedes</i> sp. 01	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aedes</i> sp. 02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aedes</i> sp. 03	0	2	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aedes</i> sp. 04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aedes</i> sp. 05	1	0	0	2	0	0	0	0	72	1	1	6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Aedes</i> sp. 06	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Aedes</i> sp. 07	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aedes</i> sp. 08	0	12	0	3	0	13	1	0	9	10	4	172	1	0	31	0	1	2	13	0	1	0	0	0
<i>Aedes</i> sp. 09	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Aedes</i> sp. 10	30	0	0	0	0	0	0	0	3	15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Anopheles</i> sp.01	0	3	0	2	1	0	13	3	6	0	0	0	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anopheles</i> sp.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anopheles</i> sp.03	1	4	0	5	0	17	3	0	6	9	1	6	2	3	10	0	0	0	0	0	78	0	0	0
<i>Anopheles</i> sp.04	0	8	0	0	2	0	50	3	9	1	0	0	129	33	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coquillettidia</i> sp.01	28	129	1	4	0	0	3	0	5	13	73	115	3	4	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coquillettidia</i> sp.02	1	0	2	5	0	0	2	0	26	70	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coquillettidia</i> sp.03	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coquillettidia</i> sp.04	5	0	0	1	0	0	0	0	12	33	4	0	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Abundância</b>	239	1003	26	248	25	47	123	14	394	657	132	379	214	398	284	0	2	3	17	0	81	0	3	1
<b>Riqueza</b>	25	14	5	16	6	6	12	4	22	21	16	17	14	11	17	0	2	2	5	0	4	0	1	1

Fonte: o próprio autor

Foram calculados o índice de diversidade de Simpson (Simpson 1-D), o índice de dominância (Berger Parker), o índice de diversidade de Shannon e o índice de equitabilidade (Pielou) para cada um dos pontos amostrais, que são apresentados na Tabela 02.

**Tabela 02** – Índices ecológicos de Culicidae coletados durante o crepúsculo vespertino, com armadilha luminosa e aspirador, no inverno e verão, de 2019/2020, em ambiente natural e impactado, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema.

Local Ambiente	Capivara		Rosana		Taquaruçu	
	Impactado	Natural	Impactado	Natural	Impactado	Natural
Riqueza	6	6	27	31	21	31
Abundância	21	86	795	1663	411	1314
Simpson	0,571	0,175	0,753	0,824	0,779	0,711
Shannon	1,193	0,438	1,967	2,165	1,900	1,795
Pielou	0,666	0,245	0,597	0,631	0,624	0,523
Berger-Parker	0,619	0,907	0,4101	0,3331	0,3796	0,4901

**Fonte:** o próprio autor

Em Capivara, a riqueza foi igual, entre os dois ambientes, a mais baixa entre todos os pontos, assim como os índices de diversidade, enquanto os índices de dominância de Berger-Parker foram os mais altos. A maior riqueza e abundância foram registradas nos pontos naturais de Rosana e Taquaruçu, seguida pelos pontos impactados de Rosana e Taquaruçu.

O índice de diversidade de Simpson calcula a probabilidade de dois indivíduos aleatórios selecionados em uma amostra pertencerem a espécies diferentes, sendo assim ele resulta em valores maiores em amostras onde a abundância de todas as espécies é relativamente próxima. Este índice foi maior no ponto Rosana Natural (RN), seguido por Taquaruçu Impactado (TI), Rosana Impactado (RI) e Taquaruçu Natural (TN).

Já o índice de Shannon utiliza a abundância de cada espécie e à proporção que cada espécie representa da abundância total, para calcular a diversidade de uma população, sendo que, os pontos que apresentaram maiores

valores foram RN, seguido por RI, TI e TN.

Enquanto a Equitabilidade de Pielou calcula a distribuição das abundâncias entre todas as espécies dentro de uma dada amostra.

O índice de equitabilidade de Pielou foi maior no ponto CI, devido ao fato de terem sido coletados poucos indivíduos de poucas espécies, em seguida os pontos RN e TI com igual equitabilidade, seguidos por RI, TN e CN. Os locais com maiores valores de dominância de Berger-Parker foi em CN, seguido por CI, TN, RI, TI e menor em RN

Os índices ecológicos fornecem uma base descritiva da diversidade de Culicidae, no entanto se faz necessário realizar testes adicionais para verificar se as diferenças entre estes índices são significativas do ponto de vista ecológico, permitindo afirmar que um ponto é mais diverso que outro.

Para comparar a diversidade entre cada um dos pontos amostrais foi realizado um teste t de Hutchenson, que compara Índice de diversidade de Shannon dos pontos amostrais pares, retornando um p-valor ( $\alpha=0,05$ ) indicado na Tabela 03 com os valores significativos destacados com asterisco.

**Tabela 03** – Resultados do teste t de Hutchenson comparando o índice de diversidade de Shannon de Culicidae coletados durante o crepúsculo vespertino, com armadilha luminosa e aspirador, no inverno e verão, de 2019/2020, em ambiente natural e impactado, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema. Legenda: CI – Capivara Impactado, CN – Capivara Natural, RI – Rosana Impactado, RN – Rosana Natural, TI – Taquaruçu impactado, TN – Taquaruçu Natural. (\* diferença significativa)

Pontos Amostrais	CI	CN	RI	RN	TI	TN
CI		0,00229*	0,00109*	0,00012*	0,00231*	0,00642*
CN	0,00229*		0,00000*	0,00000*	0,00000*	0,00000*
RI	0,00109*	0,0000*		0,00003*	0,18788	0,00325*
RN	0,00012*	0,0000*	0,00003*		0,00002*	0,0000*
TI	0,00231*	0,0000*	0,18788	0,00002*		0,06342
TN	0,00642*	0,0000*	0,00325*	0,0000*	0,06342	

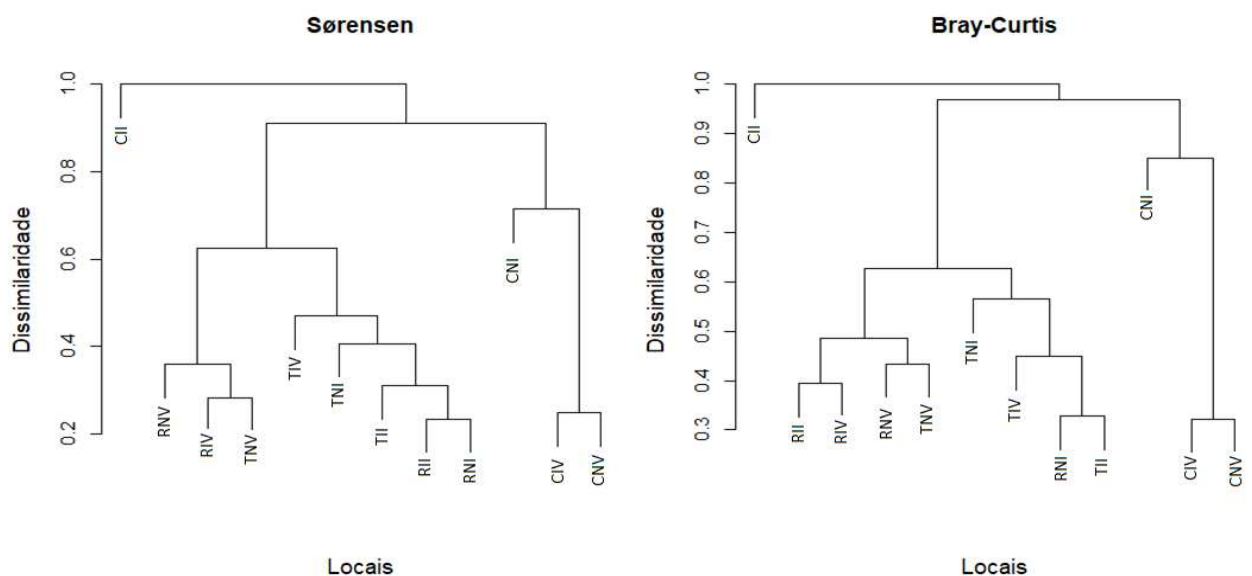
Fonte: o próprio autor

Nota-se que existe diferença significativa na diversidade da maioria dos pontos amostrais, todos os pontos amostrais diferem de CI e CN, entre os restantes apenas o ponto amostral TI não apresentou diferença significativa na diversidade quando comparado aos pontos RI e TN.

### 3.2 FLUTUAÇÃO SAZONAL

Procurou-se verificar a semelhança da composição faunística de Culicidae entre as estações, foram calculados os índices de similaridade de Bray-Curtis e Sorensen, e apresentados em dendrogramas na Figura 03.

**Figura 03** – Índices de similaridade de Bray-Curtis e Sorensen da comunidade Culicidae coletados durante o crepúsculo vespertino, com armadilha luminosa e aspirador, no inverno e verão de 2019/2020, em ambiente natural e impactado, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema. Legenda: CI – Capivara Impactado, CN – Capivara Natural, RI – Rosana Impactado, RN – Rosana Natural, TI – Taquaruçu impactado, TN – Taquaruçu Natural; Siglas das estações V – Verão, I – Inverno.



**Fonte:** o próprio autor

Quando comparadas as populações de cada ponto amostral em diferentes estações, cada um dos índices de similaridade agrupa as amostras de maneira diferente. O índice de similaridade de Bray-Curtis, compara a composição de duas populações, baseado nas espécies presentes e suas abundâncias. Neste

Índice a população CII é a menos similar às outras, as populações CIV e CNV são muito similares entre si, mas diferem do restante, assim como CNI não é similar a nenhuma outra; as populações RII e RIV apresentam certa similaridade entre si, assim como as populações RNV e TNV, e as populações mais similares são RNI e TII. Não existem agrupamentos óbvios de populações por UHE, ambiente ou estação do ano.

Quando se leva em conta apenas a presença ou ausência das espécies é possível verificar se as espécies encontradas em cada local e estação são similares usando o índice de Sorensen. Primeiramente nota-se a diferença das espécies de CII em relação a todas as outras, assim como CNI não é similar às outras. Em seguida forma-se um agrupamento com as populações CIV e CNV, que são similares entre si e diferentes das populações de Rosana e Taquaruçu. Entre as populações das UHE's Rosana e Taquaruçu formam-se dois agrupamentos, um com as populações encontradas no verão (RNV, RIV e TNV) e outro com as populações encontradas no inverno (RII, RNI, TII e TNI). No agrupamento de populações do inverno, as amostras de Rosana são mais similares entre si do que com as de Taquaruçu, enquanto no agrupamento de populações do verão as amostras RIV e TNV são mais similares entre si do que com RNV. O ponto TIV apresentou moderada similaridade com os outros pontos de Taquaruçu e Rosana, e não se enquadraram nos mesmos grupos.

Para avaliar se os fatores "UHE" (Rosana, Taquaruçu e Capivara), "tipo de ambiente" (Natural ou Impactado), e "estação do ano" (Inverno ou Verão), possuem efeito sobre as abundâncias de Culicidae, foi realizada a análise multivariada PERMANOVA ( $\alpha=0,05$ ), utilizando estes fatores, bem como a interação entre eles. Os resultados são apresentados na Tabela 04 com os valores significativos destacados com asterisco.

**Tabela 04** Análise multivariada PERMANOVA para os efeitos dos fatores e interação entre UHE, Ambiente e Estação sobre a abundância de Culicidae coletados durante o crepúsculo vespertino, com armadilha luminosa e aspirador, no inverno e verão de 2019/2020, em ambiente natural e impactado, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema. Legenda: GL= graus de liberdade, SQ=soma dos quadrados, \*=diferença significativa)

Fatores	GL	SQ	R <sup>2</sup>	F	p-valor
UHE	2	0,0957	0,17463	2,6507	0.000999 ***
Ambiente	1	0,02257	0,04119	1,2505	0,234765
Estação	1	0,04355	0,07948	2,4128	0.007992 **
UHE:ambiente	2	0,06911	0,12611	1,9142	0.005994 **
UHE:estação	2	0,04398	0,08026	1,2182	0,190809
ambiente:estação	1	0,02449	0,0447	1,3569	0,164835
UHE:ambiente:estação	2	0,03196	0,05833	0,8853	0,635365
Residual	12	0,21662	0,3953		
Total	23	0,54799	1		

**Fonte:** o próprio autor

Para verificar se há alguma espécie característica de alguma UHE, tipo de ambiente ou estação do ano foi realizado o cálculo do valor individual (IndVal) que indica qual a significância da relação entre a espécie e as variáveis. As espécies que apresentaram valor indicador significativo ( $p \leq 0,05$ ) e maior que 75% estão apresentadas a seguir (Tabela 05) em relação à variável a qual eles estão relacionados e seu valor indicador.

**Tabela 05** – Resultados significativos do cálculo de IndVal das espécies de Culicidae coletados durante o crepúsculo vespertino, com armadilha luminosa e aspirador, no inverno e verão, de 2019/2020, em ambiente natural e impactado, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema (%).

Características		<i>Aedeomyia squamipennis</i>	<i>Aedes</i> sp. 05	<i>Aedes</i> sp. 08	<i>Aedes</i> sp. 09	<i>Coquillettidia</i> sp.02	<i>Coquillettidia</i> sp.04	<i>Culex</i> sp.02	<i>Culex</i> sp.04	<i>Culex</i> sp.05	<i>Culex</i> sp.08	<i>Culex</i> sp.09	<i>Mansonia</i> sp. 02
Estação	Verão		100						83,33				
UHE	Rosana	92,86		83,15			90,91			97,22		89,77	
	Taquaruçu												75
Ambiente/ Estação	Impactado/ Verão				85,71								
UHE/ Estação	Rosana/ Inverno									100		87,5	
	Rosana/ Verão		94,12			87,61				91,67			
	Taquaruçu/ Verão							100					98,44
UHE/ Ambiente	Rosana/ Impactado			75,82									
	Rosana/ Natural					88,5							
	Taquaruçu/ Natural												92,97

Fonte: o próprio autor

#### 4. DISCUSSÃO

As comunidades de Culicidae com os maiores índices de diversidade, segundo o índice de Simpson, foram encontrados em RN e TI, enquanto o índice de Shannon destaca RN e RI. Estes índices consideram as espécies raras de forma diferente, enquanto o índice de diversidade de Shannon estima valor intermediário às espécies raras, o índice de Simpson concede um valor baixo às espécies raras e um valor alto às espécies mais abundantes (Magurran, 2004). Como RI apresenta mais espécies raras, seu índice de diversidade de Shannon supera o de TI.

Apesar de TN apresentar valores altos de riqueza e abundância, sua diversidade apresenta índices ligeiramente menores, assim como equitabilidade, devido a *Ma. humeralis* Dyar & Knab, 1916 ser uma espécie dominante neste ambiente, representando 49% do total de indivíduos coletados neste ponto. Nos ambientes tropicais há comumente uma ou mais espécies dominantes, enquanto boa parte das espécies é rara, apresentando poucos indivíduos (Rafael et al., 2012). Porém é importante registrar a alta abundância dessa espécie nas áreas naturais de Taquaruçu e Rosana, visto que sua população apresenta relação direta com presença e macrófitas aquáticas e pode crescer rapidamente em áreas de represamento e se transformar em grande incômodo para as pessoas (Cruz et al, 2009; Mello et al., 2022; Tadei et al., 1991).

No entanto, em casos de ambientes mais impactados, esta dominância pode ser ainda mais pronunciada (Didham et al., 1996) como observado em ambos os ambientes de Capivara, onde há apenas poucas espécies. Além disso, estes locais apresentam os menores valores de riqueza, abundância e para ambos os índices de diversidade, entre todos os pontos amostrais.

O ambiente natural de Capivara apresenta menor equitabilidade e maior dominância, devido ao fato de uma única espécie, *Anopheles* sp.03, dominar este local, representando mais de 90% da abundância total. Este gênero merece atenção, visto que vários estudos observaram descontrole da população destes mosquitos em áreas inundadas por reservatórios (Guimarães et al., 2004; Gomes et al., 2008; Cruz et al., 2009; Fearnside, 2014; Tadei et al., 2017; Ferreira et al., 2021). Já o ambiente Impactado, apesar de apresentar alta dominância devido à *Aedes* sp.08 (com apenas 13 indivíduos), possui valor de equitabilidade também alto,

devido ao fato de apresentar poucos indivíduos de cada espécie, mesmo a mais dominante, com valores de riqueza, abundância e diversidade igualmente baixos.

Um reflexo de toda essa diferença de diversidade de Capivara em relação às outras UHE se confirma com o Teste t de Hutchenson, demonstrando a diferença significativa nesses valores, e com os índices de similaridade de Bray-Curtis e Sorensen apresentando a UHE Capivara em agrupamento diferente dos demais pontos, e mesmo entre si expressando pouca similaridade. Demonstrando assim, o maior impacto de usinas de reservatório de acumulação às usinas de fio d'água na comunidade de Culicidae.

Entre as UHE Rosana e Taquaruçu, a maioria dos ambientes apresenta alguma diferença significativa entre si, em relação ao Teste t de Hutchenson, apenas TI não apresenta diferença significativa com os outros locais; indicando como esses ambientes são diversos.

Através da PERMANOVA verifica-se que o fator Ambiente só influencia na abundância da comunidade de Culicidae, se considerar a sua interação com as UHE, nos mostrando que em cada UHE os ambientes impactados e naturais se diferem. Os fatores independentes que influenciam a abundância de espécies de Culicidae são UHE e Estação. Demonstrando que as áreas de influência de cada UHE apresentam características e capacidades de suporte diferentes entre si, além disso, há variação desses mosquitos entre as estações verão e inverno, condizente com a biologia da família que necessita de ambientes úmidos e quentes para seu melhor desenvolvimento (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Forattini 2002).

Após a confirmação da PERMANOVA que as estações influenciam na abundância desses mosquitos, buscou-se comparar as similaridades dos locais durante o verão e inverno. Utilizou-se o índice de Sorensen, para agrupar essas comunidades utilizando o critério de presença ou ausência das espécies de Culicidae. Em Capivara, há a formação do agrupamento, durante o verão, em ambos os ambientes. Demonstrando que na época chuvosa, e conseqüente cheia do rio, essas populações se mantêm. Enquanto no período de estiagem (Inverno), o ambiente CI não forma agrupamentos, visto que é o único local onde houve seca total do curso d'água, demonstrando que essa alteração está influenciando a comunidade de Culicidae local (ONS, 2023).

Entre as populações das UHEs Rosana e Taquaruçu formam-se dois agrupamentos, um com as populações encontradas no verão e outro com as

populações encontradas no inverno. Durante o inverno é grande a similaridade entre as áreas de Rosana. Já durante o verão, a composição de espécies não forma agrupamentos por UHE.

Através dos índices de similaridade de Bray-Curtis, podem ser observados alguns agrupamentos em relação à composição e abundância das espécies de mosquitos. Ambas as estações em RI, apresentaram maior relação, demonstrando que esse local mantém espécies e abundâncias similares durante diferentes períodos. É seguido do agrupamento dos ambientes naturais de Rosana e Taquaruçu, com grande similaridade entre suas populações.

Em Capivara, assim como no método anterior, é visível o agrupamento entre os ambientes durante o verão, em ambos os ambientes. Enquanto o ambiente impactado se mantém isolado durante período de seca (Inverno), reforçando a influência da diminuição do curso d'água à comunidade de Culicidae e sua recorrência em usinas de acumulação de água.

Por meio do IndVal, foi observado que algumas espécies apresentam especificidade em relação aos fatores já descritos.

Vale ressaltar as espécies com alto valor durante o verão, que foram *Aedes* sp. 05 e *Culex* sp.04. Ambos os gêneros se beneficiam das estações chuvosas, com baixa significativa na sua abundância durante períodos que podem secar seus criadouros (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Forattini 2002; Alencar et al., 2015).

Dois espécies de *Culex* se beneficiam da diminuição da abundância de mosquitos durante o inverno em Rosana, sendo *Culex* sp.08 coletado apenas nessas condições (Harbach, et al., 2012 Harbach, 2015).

As espécies com mais afinidade a ambientes naturais, foram *Coquillettidia* sp.02 em Rosana e *Mansonia* sp. 02 em Taquaruçu. Ambas pertencem à tribo Mansoniini, que apresenta mosquitos de ambiente essencialmente silvestre, mas que podem se beneficiar do aumento de macrófitas em reservatórios, devido à biologia de suas larvas e resultar em grandes problemas à população da área de influência de hidrelétricas (Tadei et al., 1991; Cruz et al, 2009; Mello et al., 2022).

As espécies com maior valor em ambiente impactado, pertencem ao gênero *Aedes*, em conjunto com verão aparece *Aedes* sp. 09 e em conjunto à Rosana, *Aedes* sp.08, sendo que várias espécies desse gênero apresentam hábitos sinantrópicos podendo promover a veiculação de patógenos localmente e apresenta

grande flexibilidade de adaptação a ambientes modificados pelo homem (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Forattini 2002; Harbach, et al., 2012; Alencar et al., 2015; Teich et al., 2017; Lahondère & Bonizzoni, 2022).

## 7. CONCLUSÃO

Levando-se em consideração todos esses aspectos, infere-se que, as UHE do baixo Paranapanema, apresentam condições ambientais e níveis de impactos antrópicos variados, que permitem o desenvolvimento de comunidades de Culicidae com composição diversa.

A clara diferença entre reservatório de acumulação e fio d'água é demonstrada em vários aspectos, evidenciando que, mesmo com a heterogeneidade estrutural da floresta estacional semidecidual, com ampla diversificação de seus recursos no habitat, o impacto da fragmentação resulta em habitats ainda menores e mais isolados e vem causando a perda de diversidade, associada à proximidade do ambiente antrópico, podendo elevar o protagonismo de espécies com maior potencial de transmissão de agentes etiológicos.

Destacam-se os riscos da diminuição de habitat em conjunto com a proximidade da população humana, gera um potencial aumento de interação de pessoas com mosquitos perturbadores do sono, como *Ma. humeralis*, e vetores de patógenos como algumas espécies de *Anopheles*, *Aedes* e *Culex*. É possível que essas arboviroses e outras doenças continuem sofrendo adaptações, portanto procura-se destacar a importância do levantamento da distribuição de Culicidae em ambientes naturais e em locais com diferentes graus antrópicos, para assumir corretas políticas de vigilância epidemiológica, mitigação, caso necessário, além de contribuir ao estudo das relações dos mosquitos Culicidae com o meio e sua dinâmica atualizada, com fins de buscar qualidade de vida as populações expostas a esse ambiente e também entender a relação ambiente, ações antrópicas e comportamento de Culicidae.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBA-TERCEDOR, J.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). **Limnetica**,4(5): 1-56
- ALENCAR, J. et al. 2015. Culicidae community composition and temporal dynamics in Guapiaçu ecological reserve, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brazil. **PLoS One**, 10 (3)
- ALMEIDA, S. D. S. P.; LOUZADA, J. N. 2009 Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do Cerrado e sua importância para a conservação. **Neotropical entomology**, 38 (1): 32-43
- ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO 2020. Boletim Diário. <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/paranapanema/boletins/diario/17-03.2020/view> (Acesso em dezembro de 2022)
- ATLÂNTICA, SOS MATA; INPE 2022 - Instituto nacional de pesquisas espaciais. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. Período 2020–2021**. Relatório técnico. São Paulo.
- BAPTISTA, V. A. et al. 2014. Influência de fatores ambientais na distribuição de famílias de insetos aquáticos em rios no sul do Brasil. **Ambiente & Sociedade**,17: 155-176
- BASTOS, F. P.; SAITO, C. H. 2000. Abordagem energética na educação ambiental. **ADVIR** 13: 11-19
- BERGER, W. H.; PARKER, F. L. 1970. Diversity of planktonic foraminífera in deep sea sediments. **Science** 168: 1345-1347
- BERMANN, C. 2007. Impasses and controversies of hydroelectricity. **Estudos avançados**. 21: 139-153
- BOGONI, J. et al. 2016. Landscape features lead to shifts in communities of medium-to large-bodied mammals in subtropical Atlantic Forest, **Journal of Mammalogy**, 97(3): 713–725
- BRASIL, ministério da saúde 2022. Panorama epidemiológico da malária em 2021: buscando o caminho para a eliminação da malária no Brasil, **Boletim Epidemiológico da Secretaria de Vigilância em Saúde**, 17(53)

BRASIL, Ministério de Minas e energia 2023. Empresa de pesquisa energética: Hidrelétricas. <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes> (Acesso em março de 2023)

BRASIL; MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE 2022. Monitoramento dos casos de arboviroses até a semana epidemiológica 29 de 2022. **Bol Epidemiol**, 53: 1-14

BRAY, J. R; CURTIS, J. T. 1957. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin". **Ecological Monographs**.27(4): 325–349

BRITTO, S. G. de C.; CARVALHO, E. D. 2006. Ecological attributes of fish fauna in the Taquaruçu Reservoir, Paranapanema River (Upper Paraná, Brazil): composition and spatial distribution. **Acta Limnologica Brasiliensia**,18(4): 377-388

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

CALLISTO, M. et al. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 14: 91-98

CARVALHO E. M. et al. 2016. Avaliação Multimétrica E Integrada Da Qualidade Da Água Em Riachos De Cerrado. **Anais do 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**. PUCRS, Porto Alegre, 13p

CASTRO, D. M. P. et al. 2013. Influence of peak flow changes on the macroinvertebrate drift downstream of a Brazilian hydroelectric dam. **Brazilian Journal of Biology**, 73: 775-782.

COELHO, L. L. 2010. **Fatores entomológicos envolvidos na transmissão de malária em comunidades da área de abrangência da Hidrelétrica de Curuá-una, Santarém, Pará, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

COLADELLO, L. F. et al. 2020. Macrophytes' abundance changes in eutrophicated tropical reservoirs exemplified by Salto Grande (Brazil): Trends and temporal analysis exploiting Landsat remotely sensed data. **Applied geography**, 121:102-242.

COLOMBO, A. F.; JOLY, C. A. 2010. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. **Brazilian Journal of Biology**, 70(3): 697-708

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. 1994. **Principais mosquitos de Importância sanitária no Brasil**. Editora Fiocruz, Rio de Janeiro. 228 p.

CPTEC CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS 2020. Previsão Numérica de Tempo. <https://www.cptec.inpe.br/> (Acesso em dezembro de 2022)

CRUZ, R. M. B. et al. 2009. Mosquito abundance and behavior in the influence area of the hydroelectric complex on the Madeira River, Western Amazon, Brazil. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, 103(11): 1174-1176.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, 2022. Hidrologia. <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/> (Acesso em: dezembro de 2022)

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

DIDHAM, R. K. et al. 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. **Trends in ecology & evolution**, 11(6): 255-260

DITT, E. H. 2002. **Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema**. Annablume.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. 1997 Species Assemblages and Indicator Species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, 67(3): 345-366

DUKE ENERGY. 2013 **ABC da Energia. A história da Duke Energy no rio Paranapanema**. Duke Energy, São Paulo. 39p.

EPA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1987. **Biological criteria for the protection of aquatic life**. Division of Water Quality Monitoring and Assessment. Ed. Columbus, Ohio.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) 2022. Acesso à Informação. <https://www.epe.gov.br/pt> (Acesso em Dezembro de 2022)

FARIA, H. H.; PIRES, A. S 2006. **Parque Estadual do Morro do Diabo: plano de manejo**. Editora Viena, Santa Cruz do Rio Pardo

FEARNSIDE, P. M. 2001 Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. **Environmental management**, 27(3)

FEARNSIDE, P. M. 2014. Análisis de los Principales Proyectos Hidro-Energéticos en la Región Amazónica. **Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR), Centro Latinoamericano de Ecología Social (CLAES), & Panel Internacional de Ambiente y Energía en la Amazonia**, Lima, Peru, 55 p.

- FERRAZ, J. D. et al. 2021. Taxonomic loss and functional reduction over time in the ichthyofauna of the Taquaruçu Reservoir, lower Paranapanema River, Southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, 19.
- FERREIRA, F. A. S. et al. 2021. Diversity and spatio-temporal variation of Anopheles (Diptera: Culicidae) before and after the construction of the Jirau hydroelectric plant, state of Rondônia, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** 65.
- FORATTINI, O. P. 1996. **Culicidologia médica: identificação, biologia, epidemiologia**, Vol. I, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo
- FORATTINI, O. P. 2002. **Culicidologia médica: identificação, biologia, epidemiologia**, Vol. II, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 860 p
- FRANKE, C. R. et al. 2005. **Mata Atlântica e biodiversidade**. Editora da UFBA, Salvador.
- FROEHLICH, C.G. (org.). 2007. Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline> (Acesso em Setembro de 2022)
- FUSARI, L. M. et al. 2018. Order Diptera. In: **Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates**. Academic Press, p 607-623.
- GOMES, A. de C. et al. 2008. Epidemiological and ecological aspects related to malaria in the area of influence of the lake at Porto Primavera dam, in western São Paulo State, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, 50: 287-295
- GRISOTTI, M. 2016. The construction of health causal relations in the Belo Monte dam context. **Ambiente & Sociedade**, 19: 287-304
- GUARDA, P. M. et al. 2022. Monitoramento e avaliação da qualidade hídrica do Rio Formoso-TO, Brasil usando índices de macroinvertebrados. **Research, Society and Development**. 11(11): e54111133351-e54111133351.
- GUIMARÃES A. E.; ARLÉ, M. 1984. Mosquitos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, estado do Rio de Janeiro, Brasil. I. Distribuição estacional. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 79: 309-323.
- GUIMARÃES, A. E. et al. 1997. Prevalência de anofelinos (Diptera: Culicidae) no crepúsculo vespertino em áreas da usina hidrelétrica de Itaipu, no município de Guairá, Estado do Paraná, Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**.92(6): 745-754.

GUIMARÃES, A. E. et al. 2004. Ecology of Anopheline (Diptera, Culicidae), malaria vectors around the Serra da Mesa Reservoir, State of Goiás, Brazil: 1- Frequency and climatic factors. **Caderno de Saúde Pública**. 20(1): 291-302

HAMADA, N. et al. 2014. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Editora do INPA, Manaus.

HAMMER, Øyvind et al. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**,4(1):1-9.

HARBACH, R. E. et al. 2012. Phylogeny of mosquitoes of tribe Culicini (Diptera: Culicidae) based on morphological diversity. **Zoologica Scripta**,41(5): 499-514

HARBACH, R.E. 2013. Mosquito Taxonomic Inventory. <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/> (Acesso em janeiro de 2022)

HELLAWELL, J. M. et al. 1978. **Biological surveillance of rivers; a biological monitoring handbook**.

HUTCHESON, K. A. 1970. Test for Comparing Diversities Based on the Shannon Formula. **Journal of Theoretical Biology**, 29: 151-54

IAP - INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ, 2022. Sistema de Informações Hidrológicas. <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/> (Acesso em: dezembro de 2022)

JUNQUEIRA VM, CAMPOS SCM. 1998. Adaptation of BMWP method for water quality evaluation to rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brasil). **Acta Limnol. Bras.** 10(2):125-3

JUNQUEIRA, M.V. et al. 2000. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. **Acta Limnol. Bras.**, 12:73-87.

LAHONDÈRE, C.; BONIZZONI, M. (2022). Thermal biology of invasive Aedes mosquitoes in the context of climate change. **Current Opinion In Insect Science**, 51.

LOPES, J. et al. 2002. Immature Culicidae (Diptera) collected from the Igapó lake located in the urban area of Londrina, Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 45(4): 465-471

MAGURRAN, A.E. 2004. **Measuring Biological Diversity**. Blackwell Science Ltd, Oxford.

MARTINS-SILVA, M. J. 2022. Checklist of Aquatic Heteroptera genera (Insecta: Hemiptera) from Brazilian Savanna (Cerrado Biome), with family and genera identification key. **EntomoBrasilis**, 15: e986-e986.

MCPHATTER, L.; GERRY, A. C. 2017. Effect of CO<sub>2</sub> concentration on mosquito collection rate using odor-baited suction traps. **Journal of Vector Ecology**. 42: 44-50

MEDEIROS-SOUSA, A. R. et al. 2015. Diversity and abundance of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in an urban park: Larval habitats and temporal variation. **Acta tropica**, 150, 200-209.

MELLO, C. F. et al. 2022. Spatial distribution and interactions between mosquitoes (Diptera: Culicidae) and climatic factors in the Amazon, with emphasis on the tribe Mansoniini. **Scientific Reports**, 12(1): 16214.

MYERS, N. et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403 (6772): 853-858.

NEWBOLD, T. et al. 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. **Nature** 520: 45–50

OKSANEN, J., F. et al. 2019. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan> (acesso em dezembro de 2022)

ONS OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO 2023. Dados Hidrológicos. [https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/dados\\_hidrologicos\\_vazoes.aspx](https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/dados_hidrologicos_vazoes.aspx) (Acesso em fevereiro de 2023)

ORSI, L.M. et al. 2016. **Ovos, larvas e juvenis dos peixes da bacia do rio Paranapanema**. Triunfal gráfica e editora, Assis 136 p.

PAULA, M. B. de et al. 2012. Effects of artificial flooding for hydroelectric development on the population of *Mansonia humeralis* (Diptera: Culicidae) in the Paraná River, São Paulo, Brazil. **Journal of Tropical Medicine**, 2012

PAULA, M. B.; GOMES, A. de C. 2007. Culicidae (Diptera) em área sob influência de construção de represa no Estado de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, 41: 284-289.

PIELOU, E.C. 1966. The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections. **Journal of Theoretical Biology**. 13: 131-144

PINTO, L. P. et al. 2006. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. In: **Essências em Biologia da Conservação**, São Carlos, Brasil, p.69-96.

PUGEDO, H. et al. 2005. HP: um modelo aprimorado de armadilha luminosa de sucção para a captura de pequenos insetos. **Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical**, 38(1): 70–72

QUEIROZ, J. F. et al. 2008. **Organismos bentônicos: biomonitoramento de qualidade de águas**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna.

RAFAEL, J. A. et al. 2012 (Org.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Holos Editora Ribeirão Preto.

RÊGO, F. D. et al. 2020. Biodiversity of hematophagous diptera (Culicidae and Psychodidae) in a small hydroelectric power station and surrounding area in the state of Minas Gerais, Brazil. **Journal of medical entomology**, 57(1)312-317.

REID, A. J. et al. 2019. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. **Biological Reviews**, 94(3): 849-873

REZENDE, H. R. et al. 2009. Efeitos da implantação da Usina Hidrelétrica de Rosal, Rio Itabapoana, Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, sobre anofelinos, planorbídeos e flebotomíneos. **Rev Soc Bras Med Trop**, 42(2): 160-164

RIBEIRO, M. C. et al. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, 142(6): 1141-1153

RIBEIRO, M. C. et al. 2011. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. In **Biodiversity hotspots**. Springer Berlin Heidelberg, 405-434.

ROBERTS, D. W. 2019. labdsv: **Ordination and Multivariate Analysis for Ecology**, Ebook. <https://cran.r-project.org/web/packages/labdsv/labdsv.pdf>.

RUEDA, L. M. 2008. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. **Freshwater animal diversity assessment**, 477-487.

SEGURA, M. O. et al. 2011. Chave de famílias de coleoptera aquáticos (Insecta) do estado de são paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, 11: 393-412.

SHANNON, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. **The Bell System Technical Journal**, 27(3): 379-423

SILVA FILHO, D. 2003 **Dimensionamento de Usinas Hidroelétricas através de técnicas de otimização evolutiva**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo.

SILVA, J. D. S. et al. 2010. Biodiversity and influence of climatic factors on mosquitoes (Diptera: Culicidae) around the Peixe Angical hydroelectric scheme in the state of Tocantins, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz.**, 105(2): 155-162

SILVA, K. W. dos S. et al. 2016. Aplicação dos índices biológicos Biological Monitoring Working Party e Average Score per Taxon para avaliar a qualidade de água do rio Ouricuri no Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**,7(3): 13-22

SIMPSON, E. H. 1949. Measurement of diversity. **Nature**, 63: 688.

SORENSEN, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Kongelige Danske Videnskabernes Selsk. **Biol. Skar.** 5(4): 1–34.

SUGIMOTO, R. S. 2009. **Variações da fauna de mosquitos (Díptera: Culicidae) em área de implantação de uma hidrelétrica no rio Paranapanema, SP/PR.** Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo

TADEI, W. P. et al. 1991. Evolução das populações de *Anopheles* e de *Mansonia*, na área de influência da UHE de Tucuruí (Pará). **Ciência e Cultura.** 43(7): 639-640

TADEI, W. P. et al. 2017. Adaptive processes, control measures, genetic background, and resilience of malaria vectors and environmental changes in the Amazon region. **Hydrobiologia.** 789: 179-196

TEICH, V. et al. 2017. *Aedes aegypti* e sociedade: o impacto econômico das arboviroses no Brasil. **JBES: Brazilian Journal of Health Economics/Jornal Brasileiro de Economia da Saúde**, 9(3)

TEODORO, U. et al. 1995. Culicídeos do lago de Itaipu, no rio Paraná, Sul do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, 29: 6-14

TOREZAN, J M D. org. 2019. **Amostragem e monitoramento de fauna e flora na floresta estacional.** Eduel, Londrina.

VELOSO, H. P. et al. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Ibge.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, 12(32): 25-42

WANG, Jun et al. 2020. What explains the variation in dam impacts on riverine macroinvertebrates? A global quantitative synthesis. **Environmental Research Letters**, 15(12): 124028

WILKERSON, R. C. et al. 2021. **Mosquitoes of the World.** Johns Hopkins University Press.

WRBU –THE WALTER REED BIOSYSTEMATICS UNIT 2023. Systematic catalog of Culicidae. <http://www.wrbu.org> (acesso em Janeiro de 2023).

YOSHIDA, C. E.; UIEDA, V. S. 2013. Índices bióticos mono e multimétricos de avaliação da qualidade da água em riachos de Mata Atlântica. **Bioikos**, 27(2): 79-88.

ZEQUI, J. A. C.; LOPES, J. 2001. Culicideofauna (Diptera) encontrada em entrenós de taquara de uma mata residual na área urbana de Londrina, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 18: 429-438

# ANEXOS



**Anexo 01** Áreas onde foram realizadas coletas de Culicidae durante o crepúsculo vespertino, com armadilha luminosa e aspirador, no inverno e verão, de 2019/2020, nas áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema. A. Rosana Natural, B. Rosana Impactado, C. Taquaruçu Natural, D. Taquaruçu Impactado, E. Capivara Natural, F. Capivara Impactado.



1.C



1.D





**Anexo 02** – Material de coleta de Culicidae e Insetos aquáticos em áreas de influência das UHE Capivara, Rosana e Taquaruçu do rio Paranapanema. A. Armadilha luminosa, B. Aspirador entomológico, C. Rede D.

