

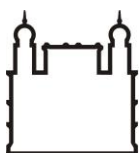
MINISTÉRIO DA SAÚDE  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Mestrado Acadêmico em Biodiversidade e Saúde

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE SIMULIIDAE (DIPTERA)  
EM CÓRREGOS SOB A INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS E  
ANTRÓPICOS DA ÁREA DA UHE PEIXE-ANGICAL, TOCANTINS,  
BRASIL**

**RAQUEL LEITE WAINFAS**

Rio de Janeiro  
Outubro de 2015



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E SAÚDE**

***RAQUEL LEITE WAINFAS***

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE SIMULIIDAE (DIPTERA)  
EM CÓRREGOS SOB A INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS E  
ANTRÓPICOS DA ÁREA DA UHE PEIXE-ANGICAL, TOCANTINS,  
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Saúde

**Orientadora:** Dr<sup>a</sup> Marilza Maia Herzog

**Co-orientador:** Dr. Ronaldo Figueiró

Rio de Janeiro  
Outubro de 2015

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Biomédicas/ ICICT / FIOCRUZ - RJ

W141 Wainfas, Raquel Leite

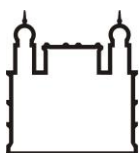
Distribuição espacial e temporal de Simuliidae (Diptera) em córregos sob a influência de fatores abióticos e antrópicos da área da UHE peixe-angical, Tocantins, Brasil / Raquel Leite Wainfas. – Rio de Janeiro, 2015. xii,67 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde, 2015.

Bibliografia: f. 58-67

1. Simulium. 2. Inseto vetor. 3. Impacto ambiental. 4. Ecologia. I. Título.

CDD 595.772



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E SAÚDE**

***RAQUEL LEITE WAINFAS***

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE SIMULIIDAE (DIPTERA)  
EM CÓRREGOS SOB A INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS E  
ANTRÓPICOS DA ÁREA DA UHE PEIXE-ANGICAL, TOCANTINS,  
BRASIL**

**Orientadora:** Dr<sup>a</sup> Marilza Maia Herzog

**Co-orientador:** Dr. Ronaldo Figueiró

**Aprovada em:** 06/10/2015

**EXAMINADORES:**

Prof. Dr. Anthony Érico da Gama Guimarães – **Presidente**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudia Torres Codeço

Prof. Dr. Ricardo Ferreira Monteiro

Prof. Dr. Gustavo Marins de Aguiar (Suplente)

Prof. Dr. Vladimir Fazito do Vale (Suplente)

Rio de Janeiro

Outubro de 2015

## AGRADECIMENTOS

---

À **Prof. Dr<sup>a</sup> Marilza Maia Herzog** por ter me recebido de portas abertas no LSO e aceitado me orientar, acreditando em meu potencial, por todo apoio, ensinamento e paciência ao longo dessa jornada;

Ao **Prof. Dr. Ronaldo Figueiró**, que além de educador se tornou um grande amigo, sempre me aconselhando tanto na vida pessoal, quanto na acadêmica. Por sua perseverança para comigo e pelas aulas de ecologia e estatística via *WhatsApp*, por fazer com que eu acreditasse em mim e no meu potencial;

Aos colegas de profissão e taxonomistas, **MSc Ana Carolina Valente**, **BSc Dante Januzi**, **MSc Érika Nascimento Carvalho** e **BSc Raquel Cesário** pela “superajuda corrida” para as identificações dos exemplares de simulídeos e pelo apoio emocional diante de todas as problemáticas que surgiram no caminho;

À **Dr<sup>a</sup> Samanta Xavier** pela disposição de seu tempo e ensinamento sobre a construção de bancos de dados e mapeamento, além da elaboração de todos os mapas presentes neste trabalho;

À **Thaise Melo**, minha amiga de alma e coração, pela cumplicidade, estando presente nos piores e melhores momentos, me estendendo os ombros e secando minhas lágrimas, mas também compartilhando de muitas gargalhadas, provando que amizade além-laboratório é possível;

Ao **BSc Arion Aranda**, que tenho como um irmão mais velho, pois como tal me dá broncas e conselhos nos momentos necessários, além de todo o ensinamento zoológico e por me ajudar (e muito) no meu amadurecimento ao longo desses dois anos;

À **toda equipe do LSO**, pelo apoio durante os momentos mais árduos e complexos, por compartilharem suas incertezas, mas também suas vitórias. Aos nossos momentos de alegria e festejos; às nossas reuniões científicas, pois assim nos preparamos para o mundo acadêmico e por fim, por me ensinarem a ser mais questionadora e determinada;

Às minhas amigas de turma, **MSc. Pilar Corrêa** e **MSc. Cintia Povill** pela troca de informações, material e fofocas! Pela grande parceria e muitos momentos de descontração;

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde **Prof. Dr. Cleber Galvão** e à **secretaria do PPGBS** pela compreensão e por serem sempre solícitos aos meus pedidos possíveis e impossíveis;

À **Secretaria Acadêmica do IOC** pela diligência na resolução de alguns problemas acadêmicos que surgiram no caminho;

Ao **Laboratório de Biotecnologia Ambiental (UEZO)** por me acolherem nos momentos cruciais para o desenvolvimento da dissertação, me fazendo retornar às lembranças da época da graduação e por me fazerem parte da equipe também;

Ao **Prof. Dr. Anthony Guimarães** e ao **Prof. Dr. Gustavo Aguiar** por terem me aceito em seus laboratórios e me apresentado ao mundo científico, suas dificuldades, e além disso, como contorná-las. Por me mostrarem às maravilhas e minúcias da entomologia e me feito tomar não só gosto, como amor a esses seres tão importantes no caminhar da humanidade;

À minha mãe **Elaine Leite** que se manteve firme ao meu lado, independente dos problemas que surgiram no caminho, que não me deixou em um momento sequer esmorecer diante das dificuldades;

Ao meu irmão **Rafael Leite Wainfas** que embora esteja distante, se faz presente diariamente (seja por *WhatsApp* ou *Skype*) me apoiando e confortando com suas conversas sobre suas vivências no exterior, trazendo muitas risadas e palavras de sabedoria;

Ao meu companheiro **Daniel Pucciariello** por toda a paciência diante dos meus momentos de incerteza, por todo o seu apoio e forças para ajudar a me erguer, tanto profissionalmente, quanto pessoalmente;

Aos meus sogros **Antônio** e **Ceição Pucciariello** por sempre me receberem de braços abertos, sempre me amparando como pais e por acreditarem em todos os meus sonhos;

Aos **meus amigos de longa data do Colégio Salesiano de Rocha Miranda** (Galera do Togo) que estiveram presentes em TODAS as circunstâncias da minha vida, sempre me apoiando, trazendo momentos inesquecíveis e, que serei eternamente grata;

À **VPEIC/Fiocruz** pelo apoio financeiro;

**E a todos que de forma direta ou indireta ajudaram no desenvolvimento desse trabalho**

*“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência”*

*Henry Ford*

## RESUMO

---

Os simuliídeos são de grande importância médica e veterinária por ser um potencial vetor de doenças transmitidas pelo carreamento de agentes etiológicos. Distúrbios físicos causados pela ação antrópica exercem um importante papel na estrutura da sua comunidade fazendo, principalmente, com que novos espaços sejam abertos para a colonização de espécies não autóctones. O objetivo desse estudo foi verificar como os criadouros de simuliídeos expressam respostas demográficas e de dispersão da sua população diante dos impactos causados pela construção da Usina Hidrelétrica Peixe-Angical. Para o trabalho foi disponibilizada amostragem dos simuliídeos do acervo do Laboratório de Simuliídeos do IOC/Coleção de Simuliídeos do IOC (CSIOC). Foi efetuada uma matriz de dados das amostras de simuliídeos (pupas) obtidas em coletas sistemáticas na área impactada no período de 2004 a 2008. As espécies foram ordenadas em relação às características abióticas do ambiente, para que possibilitasse a identificação de padrões de distribuição destes organismos em relação às modificações antropogênicas de seus habitats. Ao final das coletas, 21 espécies foram identificadas e 3 fatores abióticos mostraram-se determinantes para a composição da riqueza, a ocorrência e a distribuição específica de Simuliidae: pH da água, altitude da superfície terrestre e precipitação pluviométrica. Os dados obtidos com o presente estudo contribuem para o conhecimento científico, facilitando o entendimento de como os grandes impactos ambientais apresentam influências nas respostas demográficas de populações de Simuliidae.

*Palavras Chave: Simulium, inseto vetor, impacto ambiental, ecologia*



## ABSTRACT

---

Black flies are of great medical and veterinary importance for being a potential vector of etiologic agents that cause human disease. Physical disorders caused by human activities play an important role in community structure, opening new spaces to the colonization of non-native species. The aim of this study was to investigate how the breeding of blackflies express demographic and dispersion of its population on the impacts caused by the construction of Peixe-Angical hydroelectric power plant. For this work, blackflies samples were available by Simuliidae Laboratory/ Simuliidae Collection of Oswaldo Cruz Institute (CSIOC). A data matrix of blackflies samples was developed from collected material (pupae) obtained on systematic sampling in the impacted area from 2004 to 2008. The species were ordered in relation to abiotic characteristics of the environment that would enable the identification of patterns of distribution of these organisms in relation to anthropogenic changes of their habitats. At the end of the sampling, 21 species were identified and 3 abiotic factors were decisive for the composition of wealth, the occurrence and specific distribution of Simuliidae: pH of the water, the earth's surface altitude and rainfall. The data obtained from this study can contribute to scientific knowledge, facilitating the understanding of how the major environmental impacts have influences on demographic responses of populations of Simuliidae.

*Key Words: Simulium, insect vector, environmental impact, ecology*

## ÍNDICE

---

|   |           |
|---|-----------|
| Resumo.....   | vii       |
| Abstract .....  | viii      |
| Índice.....   | ix        |
| Índice de Figuras .....   | x         |
| Lista de Tabelas .....  | xi        |
| Lista de Siglas e Abreviaturas.....   | xii       |
| <b>1 Introdução.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2 Revisão da Literatura .....</b>  | <b>16</b> |
| 2.1 A Família Simuliidae.....   | 16        |
| 2.2 Doenças .....   | 19        |
| 2.2.1 <i>Oncocercose</i> .....  | 19        |
| 2.2.2 <i>Mansonelose</i> .....  | 20        |
| 2.2.3 <i>Pênfigo Foliáceo</i> .....   | 21        |
| 2.3 Usinas Hidrelétricas.....   | 22        |
| 2.4 Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia.....  | 24        |
| 2.4.1 <i>Rio Tocantins</i> .....  | 25        |
| 2.4.2 <i>UHE Peixe-Angical</i> .....  | 26        |
| <b>3 Justificativa.....</b>   | <b>28</b> |
| <b>4 Objetivos .....</b>  | <b>29</b> |
| 4.1 Geral .....   | 29        |
| 4.2 Específicos.....  | 29        |
| <b>5 Material e Métodos .....</b>   | <b>30</b> |
| 5.1 Área de estudo e coleta do material.....  | 31        |
| 5.2 Status da amostragem de Simuliidae e seus metadados .....   | 33        |
| 5.3 Análise estatística .....   | 33        |
| 5.3.1 <i>Análise de Correspondência Canônica (CCA)</i> .....  | 33        |
| 5.3.2 <i>Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS)</i> .....  | 33        |
| <b>6 Resultados Obtidos .....</b>   | <b>35</b> |
| 6.1 Subgêneros e seus representantes .....  | 41        |
| 6.2 Distribuição espacial dos subgêneros .....  | 42        |
| 6.3 Distribuição das espécies de simulídeos e a sua relação com as variáveis ambientais ....                  | 45        |
| 6.4 Diferenças estruturais das comunidades de simulídeos nos períodos de construção da UHE Peixe-Angical..... | 47        |
| <b>7 Discussão .....</b>  | <b>50</b> |
| <b>8 Conclusões.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>9 Referências.....</b>   | <b>58</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Mapa de localização da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia com os Estados de sua abrangência.....  | 25 |
| <b>Figura 2:</b> Foto aérea da barragem da usina hidrelétrica Peixe-Angical – TO, Brasil.....  | 26 |
| <b>Figura 3:</b> Mapa com as localizações dos municípios adjacentes (Peixe, Paranã e São Salvador do Tocantins) à usina hidrelétrica de Peixe-Angical – TO, Brasil .....   | 26 |
| <b>Figura 4:</b> Modelo da matriz de metadados construída para o desenvolvimento do estudo .....   | 30 |
| <b>Figura 5:</b> Mapa de localização da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia com os Estados de sua abrangência e os municípios onde foram realizadas as coletas .....  | 31 |
| <b>Figura 6:</b> Gráfico representativo de espécies presentes em maior abundância por campanha e as fases de instalação da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil .....   | 38 |
| <b>Figura 7:</b> Gráfico com as espécies que ao final do trabalho totalizaram mais de 100 espécimes coletados, nos 14 pontos estabelecidos, nos períodos pré, durante e pós-instalação da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil.....   | 40 |
| <b>Figura 8:</b> Gráfico representativo do total de espécimes coletados por campanha, nos 14 pontos pré-estabelecidos, nas fases de instalação da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil .....  | 40 |
| <b>Figura 9:</b> Gráficos com a distribuição dos subgêneros de acordo com a fase de construção da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil .....  | 41 |
| <b>Figura 10:</b> Mapas com a distribuição espacial dos subgêneros nos pontos positivos para Simuliidae ao longo da construção da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil, com sua hidrografia .....   | 43 |
| <b>Figura 11:</b> Análise de correspondência canônica (CCA) para a distribuição de espécies em relação às variáveis ambientais em áreas sobre influência da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil .....  | 46 |
| <b>Figura 12:</b> Diagrama de ordenação do tipo Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS) construído a partir do índice de dissimilaridade de Bray-Curtis para coletas nos três períodos abrangidos pelo presente estudo (Pré-construção, durante a construção e pós-construção da UHE Peixe Angical) dos anos de 2004 a 2008, Tocantins, Brasil ..... | 48 |
| <b>Figura 13:</b> Diagrama de Shepperd indicando o stress de 0,4107 observado pelo Escalonamento Multidimensional não-métrico (NMDS) utilizado para a ordenação das coletas dos três períodos abrangidos pelo presente estudo (Pré-construção, durante a construção e pós-construção da UHE Peixe Angical) dos anos de 2004 a 2008, Tocantins, Brasil .....    | 49 |

## LISTA DE TABELAS

---

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1:</b> Período de realização das campanhas de coleta de simuliídeos no Rio Tocantins, antes, durante e após a instalação da Usina Hidrelétrica Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil .....   | 32 |
| <b>Tabela 2:</b> Pontos de coleta selecionados para o desenvolvimento deste estudo por serem os mais populosos pelo número de espécimes obtidos e seus municípios e coordenadas correspondentes .....  | 32 |
| <b>Tabela 3:</b> Relação dos pontos totais de coleta por campanha e os pontos positivos para Simuliidae, em área sob influência da UHE Peixe-Angical, no período de 2004 a 2008, Tocantins, Brasil .....   | 35 |
| <b>Tabela 4:</b> Ranking das espécies em relação a sua totalidade por campanha .....   | 36 |
| <b>Tabela 5:</b> Total de exemplares por espécie em cada período no decorrer da estruturação da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil .....  | 39 |
| <b>Tabela 6:</b> Agrupamento de espécies coletadas de acordo com seus subgêneros e seu total correspondente à cada fase de construção da UHE Peixe-Angical, 2004 – 2008, Tocantins, Brasil .....   | 41 |
| <b>Tabela 7:</b> Subgêneros e seus respectivos pontos onde foram coletados ao longo de todas as fases estabelecidas neste estudo (pré-construção, durante e pós-construção da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil) .....   | 43 |
| <b>Tabela 8:</b> Sítios de coleta e suas respectivas espécies ocorrentes ao longo de todas as fases estabelecidas neste estudo (pré-construção, durante e pós-construção da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil) .....   | 44 |
| <b>Tabela 9:</b> Variáveis ambientais atmosféricas utilizadas para análise de correspondência canônica para distribuição de espécies capturadas por campanhas em áreas sobre influência da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil, ao longo de todas as fases estabelecidas neste estudo (pré-construção, durante e pós-construção) ..... | 45 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

---

|              |   |
|--------------|---|
| a.C.         | Antes de Cristo   |
| AHE          | Aproveitamento Hidrelétrico   |
| ANA          | Agência Nacional de Águas   |
| ANTAQ        | Agência Nacional de Transportes Aquaviários                                     |
| CCA          | Canonical Correspondence Analysis (Análise de Correspondência Canônica)         |
| EFC          | Estrada de Ferro Carajás  |
| Est.         | Estrada   |
| etc.         | Etcetera  |
| Faz.         | Fazenda   |
| Fig.         | Figura  |
| FS           | Fogo Selvagem   |
| Km           | Quilômetros   |
| Larvas imat. | Larvas imaturas   |
| Lat.         | Latitude  |
| Long.        | Longitude   |
| MA           | Maranhão  |
| mm           | Milímetros  |
| MW           | Megawatts   |
| NMDS         | Nonmetric Multidimensional Scaling (Escalonamento Multidimensional Não Métrico) |
| P. emergidas | Pupas emergidas   |
| PA           | Pará  |
| pH           | Potencial Hidrogeniônico  |
| Precipit.    | Precipitação  |
| T.max.       | Temperatura Máxima  |
| T.min.       | Temperatura Mínima  |
| T°           | Temperatura   |
| TO           | Tocantins   |
| U. min.      | Umidade Mínima  |
| U. max.      | Umidade Máxima  |
| U.R.         | Umidade Relativa  |
| UHE          | Usina Hidrelétrica  |
| Vel. Vento   | Velocidade do Vento   |

## 1. INTRODUÇÃO

---

Os simulídeos são insetos pertencentes à ordem Diptera e sub-ordem Nematocera, em geral conhecidos vulgarmente no Brasil como “borrachudos” e “piuns”. Apresentam uma ampla distribuição geográfica onde, aproximadamente 2.200 espécies foram descritas e validadas pela taxonomia para a família Simuliidae (ADLER & CROSSKEY, 2015), sendo que destas espécies, 90 foram registradas para o Brasil, das quais 86 pertencem ao gênero *Simulium* Latreille, 1802 e quatro ao gênero *Lutzsimulium* d’Andretta & Andretta, 1947 (CROSSKEY & HOWARD, 2004). O ciclo biológico de Simuliidae é holometábolo e necessita de ambientes lóticos e terrestres para o seu desenvolvimento completo, sendo ovos, larvas e pupas fases aquáticas e os adultos alados terrestres com longevidade de três a quatro semanas (COSCARÓN & COSCARÓN-ARIAS, 2007).

Os adultos alados são de tamanho relativamente pequeno (2,2mm – 6mm) e as espécies apresentam coloração variada, podendo ser negras, amarronzadas, avermelhadas ou amareladas (COSCARÓN & COSCARÓN-ARIAS, 2007, p.22). Em geral, as fêmeas são biologicamente dependentes do sangue que, muito além de servir como fonte alimentar, serve como fonte de proteínas necessárias para o desenvolvimento e maturação de seus ovários para produção de ovos viáveis para a reprodução e perpetuação da sua espécie. As espécies hematodependentes, além de interferir diretamente na qualidade de vida silvestre por sua voracidade e frequência de picadas, são potenciais vetores de diversos agentes etiológicos de doenças humanas e veterinárias, tais como, bactérias, helmintos, protozoários e vírus. Os simulídeos foram incriminados como vetores de duas das três filárias que acometem ao homem no Brasil: a *Onchocerca volvulus*, agente da Oncocercose, doença que foi descoberta no Brasil em 1974 (MAIA-HERZOG, 1999) e *Mansonella ozzardi* que é a causadora da mansonelose (ADAMI et al, 2014). Além destas, outra moléstia também pode ser acarretada: o Pênfigo Foliáceo Endêmico ou “fogo selvagem”, que é uma doença específica do sistema imunológico e que está associada aos borrachudos e sua picada (SANTOS & LOPES, 2010).

Após o repasto sanguíneo, as fêmeas procuram diversos tipos de substratos - pedras, galhos, folhas, etc., que se encontrem mergulhados totalmente ou parcialmente, em águas movimentadas, de agitação intensa ou moderada, com correntezas em leitos de cachoeiras, rios ou córregos, e aproveitam o remanso, período de retração das águas, para a postura média de 200 a 300 ovos (BABA & TAKAOKA, 1991). O amadurecimento dos ovos leva de cinco a seis dias dependendo da temperatura da água (VIVIANI & ARAÚJO-COUTINHO, 1999 B) e da espécie, além de outros fatores relacionados ao ambiente, como o pH da água, sua condutividade elétrica e os tipos e níveis de nutrientes nela contidos (HAMADA & MCCREADIE, 1999; HAMADA et al, 2002; MCCREADIE et al, 2004; LANDEIRO et al, 2009; FIGUEIRÓ et al, 2012); a altitude e a

velocidade da correnteza da água também podem influenciar (GRILLET & BARRERA, 1997; HAMADA et al, 2002; MCCREADIE & ADLER, 1998; MCCREADIE et al, 2006). Posteriormente, inicia-se a eclosão das larvas, estas se fixam, se soltam e se deslocam sempre a favor da correnteza, por adesão aos substratos com o auxílio de um fio de alta viscosidade produzido pela glândula salivar (COSCARON, 1981), desenvolvendo-se por um período aproximado de 15 dias, formando em seguida um casulo e exúvia, originando a pupa. Após quatro dias da pupa formada, a exúvia se rompe para a liberação do alado, dentro de uma bolha de ar que estoura no exato momento que atinge a superfície da água. (COSCARON, 1981).

As construções e instalações de barragens causam impactos ao meio ambiente, afetando diretamente a dinâmica de população dos organismos lóticos, como os simulídeos (SHELLEY et al, 2001; VALENTE et al, 2012; FIGUEIRÓ et al, 2014, 2015). Os rios que possuem regulação para fins hidrelétricos tem um regime de fluxo alterado que acomete uma gama de fatores abióticos que, por sua vez, podem alterar o resultado das interações bióticas (HILDREW 1992; ZHANG et al, 1998). Com o represamento de ambientes lóticos, uma série de alterações ambientais é acarretada. A introdução de novos fatores abióticos no ecossistema podem proporcionar um meio favorável para criadouros de vetores de doenças parasitárias ligadas à água – Simulídeos, Culicídeos e Moluscos (TELES, 1991; ROCHA 2011; ZARROUG et al, 2014; MELANDRI et al, 2015). Além de interferir na estrutura social da população local, as instalações de barragens são uma ameaça física para o ecossistema, pois afetam o meio ambiente, provocam desequilíbrio para a comunidade biológica, resultando em risco para a saúde coletiva. As chances de acontecimentos para as doenças contagiosas são aumentadas pela entrada de contingente de população flutuante de trabalhadores; as ligadas às águas - transmitidas por vetores - e as causadas pela qualidade da água, provocadas por agentes poluidores, como os metais que se concentram nos peixes utilizados na alimentação regional (CASTRO, 1993).

Os distúrbios químicos ou físicos nos criadouros de simulídeos podem influenciar na flutuação temporal das populações desses insetos e, como consequência interromper o ciclo de vida, levando a diferenças sazonais, como mudança no predomínio de espécies daquele hábitat. Distúrbios físicos, principalmente os causados por ação antrópica, podem exercer um importante papel na estrutura da comunidade, pois ocorre o aumento do tamanho da população do vetor, e como consequência, aumenta-se o número de ataques ao homem, prejudicando, assim, a produtividade agrícola e o turismo. Além de fazer com que novos espaços sejam abertos para a colonização de espécies não autóctones (DELLOME-FILHO, 1991, 1992).

Um dos maiores distúrbios causados pelo homem é o despejo excessivo de matéria orgânica nos cursos d'água, principalmente em razão do tratamento inadequado dos dejetos provenientes de criação de animais domésticos, sendo um dos problemas ambientais influentes para o desequilíbrio

populacional, pois a poluição provoca o enriquecimento do ambiente com consequente aumento da quantidade de alimento, favorecendo o crescimento de larvas de simulídeos (CASTEX et al. 1988). Contudo a disponibilidade de alimento não é o único fator que governa a abundância das populações, em níveis maiores de poluição, outras variáveis bióticas e abióticas, como concentração de oxigênio, podem influenciar de maneira negativa.

Insetos aquáticos são utilizados com frequência como ferramenta de compreensão sobre as alterações ambientais – bioindicadores (TAKEDA et al. 1997, FONSECA-GESSNER & GUERESCHI 2000). Por intermédio deles, é possível se obter respostas de processos ecológicos causados pelas variações hidrológicas, além da compreensão sobre o funcionamento e a estruturação das comunidades límnicas (MOULTON 1998). Com a interrupção do fluxo normal do curso do rio, ocorrem diversas modificações tanto na temperatura quanto na composição química da água, assim como a velocidade da correnteza do rio, alterando a qualidade da água e principalmente o ciclo de desenvolvimento dos simulídeos, que dependem de forma direta dessas características (SANTOS et al. 2010).

Por mais brandas que sejam as mudanças e intensidade de impacto no hábitat, os simulídeos são capazes de responder às modificações de forma notável (OLIVER et al., 1998). Geralmente, expressam respostas demográficas e dispersivas de maneira mais rápida que alguns organismos que possuem um ciclo de vida mais longo. Para tanto, a preservação destes grupos depende da conservação de hábitats inteiros e do entendimento de forma mais apurada de seus papéis nos processos ecossistêmicos, bem como seu papel na cadeia trófica aquática e terrestre (LEWINSOHN et al., 2005).

Estudos de variações temporais e espaciais demonstram que diversas ordens de insetos aquáticos já sofreram de forma significativa com essas alterações sazonais (TAKEDA, 1991; ABURAYA & CALLIL, 2007) e, assim como esses organismos, os Simuliidae também fazem parte da fauna bentônica e, por não possuírem uma literatura vasta no bioma Cerrado, decidiu-se analisar os impactos causados sobre a população de simulídeos à partir da construção da usina hidrelétrica Peixe-Angical, localizada no estado do Tocantins, a fim de aprofundar o entendimento dos processos ecológicos envolvidos na distribuição dessa família em ambientes modificados pelo homem.



## 2. REVISÃO DA LITERATURA

---

### 2.1 A família Simuliidae

Há quase 200 anos, Verdat (1822) e Planchon (1844) publicaram descrições das larvas de simulídeos e, que de forma superficial, demonstravam a adaptação à filtração exercida pelo seu aparelho bucal (*apud* FIGUEIRÓ, 2010). Mais tarde, em 1925, Puri publicou a morfologia das larvas dos insetos dessa família de maneira mais discriminada e precisa (COLBO & WOTTON, 1981).

Kollar, em 1832, fez a primeira descrição de Simuliidae encontrado no Estado do Rio de Janeiro, no bairro de Ipanema – *Simulium pertinax* –, entretanto, esse relato foi feito de forma dúbia, pois os exemplares provenientes da coleta que foram enviados para estudo na Europa eram poucos e somente fêmeas (*apud* GIL-AZEVEDO & MAIA-HERZOG, 2004).

Em 1903, Adolpho Lutz, pesquisador pioneiro a estudar a família dos simulídeos no Brasil, mencionou em um artigo sobre insetos do Rio de Janeiro e São Paulo, quatro espécies de borrachudos conhecidas vagamente e uma descrita cientificamente por Macquart no ano de 1838 (*Simulium nigrimanum*). Com o passar dos anos, os simulídeos tornaram-se efetivamente objeto de estudo de Lutz, que publicou em 1909 o primeiro trabalho referente ao conhecimento de algumas espécies ocorrentes no Brasil, sendo considerado, no início do século XX, como o responsável pela consolidação de mais de 50% das espécies do Estado.

Mesmo com material e técnicas rudimentares, no referido trabalho, Lutz mencionou 17 espécies (das 35 que ocorriam no Rio de Janeiro), descrevendo cinco nativas: *Lutzsimulium hirticosta* Lutz, 1909, *Simulium exiguum* Roubaud, 1906 (que referia-se na verdade a *S. lutzii* Knab, 1913), *S. rubrithorax* Lutz, 1909, *S. scutistriatum* Lutz, 1909, e *S. varians* Lutz, juntamente com a elaboração de uma chave de classificação para elas. Além de conceituar algumas características morfológicas desses dípteros, ressaltando seus aspectos fisiológicos e biológicos, mencionou também, ataques por vastos enxames de simulídeos nos Estados Unidos e na Hungria que foram fatais entre homens e animais atacados (Lutz, 1909).

Com a necessidade de estender o conhecimento a respeito do grupo, Lutz reuniu colaboradores para obter mais espécimes. Entre eles destacam-se Oswaldo Cruz, Carlos Chagas, Parreiras Horta, Gurgel do Amaral, Arthur Neiva, David Madeira, Von Luetzelburg e J. G. Foetterle. Embora fosse um grupo extenso, a maior parte dos exemplares foram coletados por Lutz no Rio de Janeiro e em regiões adjacentes, além da troca de informações e material com pesquisadores de outros países como Alemanha e Estados Unidos (AMARAL-CALVÃO & MAIA-HERZOG, 2003).

Após intensa coleta e estudos mais aprofundados, em 1910, Lutz publicou um trabalho com novas informações fisiológicas e morfológicas sobre os simulídeos, além de redescrever 14 espécies: *Lutzsimulium hirticosta* Lutz, 1909; *L. pernigrum* (Lutz, 1910); *Simulium auristriatum* Lutz, 1910; *S. distinctum* Lutz, 1910; *S. exiguum* Roubaud, 1906; *S. incrustatum* Lutz, 1910; *S. infuscatum* Lutz, 1909 (sinonímia de *S. pertinax* Kollar, 1832); *S. orbitale* Lutz, 1910; *S. paraguayense* Schrottky, 1909; *S. perflavum* Roubaud, 1906; *S. pertinax* Kollar, 1832; *S. rubrithorax* Lutz, 1909; *S. subnigrum* Lutz, 1910 e; *S. varians* Lutz, 1909 (sinonímia de *S. perflavum* Roubaud, 1906).

A pedido da Inspetoria de Obras contra a Seca, Astrogildo Machado, junto a Lutz, realizou uma viagem científica pelo rio São Francisco e seus afluentes no período de março a outubro de 1912. Nessa expedição, inúmeros insetos foram coletados, principalmente as formas imaturas dos simulídeos. No ano de 1915, o relatório dessa viagem foi publicado apontando informações sobre como os ventos e a umidade do ar influenciam diretamente na capacidade de dispersão desses insetos através do vôo. Além disso, foi feito o registro das espécies coletadas no local da expedição: *Simulium brevibranchium* Lutz & Machado, 1915 (sinonímia de *S. brachycladum* Lutz, 1910); *S. diversifucatum* Lutz, 1910 (sinonímia de *S. subnigrum* Lutz, 1910); *S. incrustatum* Lutz, 1910; *S. orbitale* Lutz, 1910; *S. paraguayense* Schrottky, 1909; *S. pruinatum* Lutz, 1910 (sinonímia de *S. nigrimanum* Macquart, 1838); *S. rubrithorax* Lutz, 1909; *S. spinibranchium* Lutz, 1910; *S. subviride* Lutz & Machado, 1915 (sinonímia de *S. subpallidum* Lutz, 1910) (CROSSKEY & HOWARD, 1996).

No ano de 1917, um novo trabalho publicado por Adolpho Lutz, redescrevia a espécie *Simulium amazonicum*, anteriormente descrita por Emílio Goeldi em 1905. Já no ano de 1918, no período de janeiro a março, outra expedição científica foi realizada, entretanto quem acompanhou Lutz nessa jornada internacional, pois visitaram a Argentina, o Uruguai e o Paraguai, foram Heráclides César de Souza Araújo e Olympio da Fonseca Filho. Os exemplares coletados de simulídeos compreendiam seis espécies: *S. amazonicum*, *S. incrustatum*, *S. orbitale*, *S. pertinax*, *S. rubrithorax* e *S. subviride*. Ainda neste mesmo ano, Lutz publicou um trabalho no qual redescreveu três espécies: *S. inexorabile* Schrottky, 1909 (sinonímia de *S. pertinax* Kollar, 1832); *S. paraguayense* Schrottky, 1909 e; *S. paranaense* Schrottky, 1909.

Dando prosseguimento aos estudos sobre esses insetos nematóceros, em 1922, Lutz referenciou novos dados sobre a biologia, taxonomia e morfologia desses dípteros. Embora ainda não houvesse informações comprobatórias em relação ao papel desses insetos como vetores de doenças humanas, Lutz suscitava essa hipótese, tendo em vista os longos intervalos entre o repasto sanguíneo das fêmeas, favorecendo assim, o desenvolvimento de parasitos.

Adolpho Lutz também contribuiu para o conhecimento da distribuição de espécies de simulídeos em outros países da América do Sul, como por exemplo a Venezuela, tendo descrito duas novas espécies presentes nesse país: *S. lugubre* Lutz & Nuñez Továr, 1928 (sinonímia de *S. mexicanum* Bellardi, 1862) e *S. versicolor* Lutz & Nuñez Továr, 1928 (sinonímia de *S. metallicum* Bellardi, 1859). No mesmo trabalho, publicado em 1928, também abordou novos métodos de conservação e observação desses dípteros.

Em 1930, César Pinto publicou um compêndio de informações obtidas anteriormente por Lutz, onde relatou aspectos da biologia e morfologia dos simulídeos, além de comentários sobre a vesícula sensorial do terceiro segmento dos palpos maxilares (órgão descoberto por Lutz). Ainda neste trabalho, Pinto reeditou a chave de identificação das fêmeas de *Simulium* encontradas no Brasil, anteriormente publicado por Lutz no ano de 1910; citou também um importante trabalho publicado em 1926 por Breadbane Blacklock que falava sobre a transmissão de *Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) através da picada de *Simulium damnosum* Theobald, 1903; além de destacar a distribuição geográfica desses insetos nos países que compreendem a região neotropical: Argentina, Brasil, Chile, México, Paraguai e Venezuela.

Pinto, no ano de 1932, publicou de forma mais detalhada quais espécies de borrachudos foram encontradas na América Central e do Sul, chegando a pouco mais de cem espécies no total e, tendo o Brasil como o país onde a maioria foi encontrada e estudada, principalmente devido aos trabalhos realizados por Lutz. Até meados dos anos 1936, César Pinto permaneceu com os estudos relacionados à família Simuliidae, publicando alguns trabalhos, entretanto, nos anos seguintes, pouco foi acrescido em relação ao estudo dos simulídeos neotropicais.

Somente então, em 1946, ocorreu um grande avanço sobre a taxonomia e morfologia desses insetos, com trabalhos de Carlos d'Andretta Jr e Maria Aparecida Vulcano, onde algumas espécies antes abordadas por Lutz foram revistas e a partir daí criou-se um novo gênero: *Lutzsimulium* d'Andretta & d'Andretta Jr., 1947 (e.g., D'ANDRETTA & D'ANDRETTA JR., 1947, 1949). Em 1980, foi proposto por P. Wygodzinsky e S. Coscarón, uma reorganização da classificação dos simulídeos neotropicais, sendo estes divididos em subgêneros (e.g., COSCARÓN, 1980; COSCARÓN, 1981; COSCARÓN & WYGODZINSKY, 1984).

Mesmo nos dias de hoje, com o avanço da tecnologia de forma eminente, ainda há controvérsias em relação à situação taxonômica de várias espécies descritas no Brasil, devido à homogeneidade das características morfológicas que o grupo apresenta. Com a diversidade existente no país, há suspeitas da existência de complexos de espécies entre os simulídeos (SHELLEY et al. 1982; 1987), entretanto, descrições apropriadas, chaves de identificação confiáveis e mais estudos sobre o assunto são escassos. Para que haja uma compreensão plena da

espécie em questão, empregam-se conhecimentos citogenéticos, além de microscopia mais apurada, fazendo associação com a biologia de cada espécie (MAIA-HERZOG, 1991).

## 2.2 Doenças

### 2.2.1 *Oncocercose*

A oncocercose é a principal doença causada pelo nematódeo *Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893), que é transmitido através da picada da fêmea do simulídeo. Essa doença é também conhecida como “cegueira dos rios” que, como o próprio nome diz, causa cegueira (ANBALAGAN, 2013). Essa patologia é irreversível para os indivíduos que adquirem a cegueira pela infecção e, por isso, tornou-se um grave problema de saúde pública na África e nas Américas. No Brasil foram registradas ocorrências no Amazonas e em Roraima onde formam um grande foco endêmico disperso pelas comunidades indígenas Yanomami, além de um pequeno foco isolado em Goiás, ocorrido no ano de 1986 (GERAIS & RIBEIRO, 1986; FERREIRA & ROCHA, 1991; HERZOG-NETO et al, 2009; FIGUEIRÓ & GIL-AZEVEDO, 2010). Embora a doença não seja diretamente uma ameaça para a vida, trazem grande sofrimento humano e inaptidão para quem a possui. Os prejuízos econômicos causados pela doença, são enormes, pois em geral afetam as comunidades agrícolas / extrativistas instaladas em regiões de boa drenagem hídricas.

O papel dos simulídeos como vetores da *Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) foi confirmado em 1926, pelo médico inglês Blacklock, em uma expedição à Serra Leoa. Entretanto, para o entendimento sobre a oncocercose e suas medidas de controle, primeiramente é necessário conhecer a ecologia e o comportamento dos vetores, os simulídeos (EZUGBO-NWOBI, 2013). É sabido que diversas espécies de borrachudos possuem hábitos que variam de acordo com os fatores climáticos e, com isso, a distribuição dos casos da doença está diretamente relacionada (OKWA, 2004).

Embora Bearzoti et al (1967) tivessem reportado o primeiro caso de oncocercose no Brasil, estudos a respeito dos simulídeos e sua importância médica só ganharam vigência no nosso país após Moraes e Chaves confirmarem um foco da doença no Estado de Roraima, em 1974. O primeiro caso autóctone da doença fora do foco amazônico, ocorreu em Goiás, no ano de 1986 (GERAIS & RIBEIRO, 1986). Mais adiante, em 1999, Maia-Herzog publicou um histórico sobre a oncocercose no Brasil e sua distribuição e expansão através dos movimentos migratórios de mineradores. Com isso, é importante destacar, que quanto mais próximas de rios as pessoas estiverem trabalhando e se locomovendo, maior será o risco de ser picado por um borrachudo, e assim, aumentar as chances de se infectar (EZUGBO-NWOBI, 2013).

O estudo dos simulídeos teve um aumento significativo no Brasil após a descoberta do foco amazônico da oncocercose, sendo estabelecido a partir do final da década de 80 (SHELLEY et al., 1997), contudo, esses estudos estavam mais direcionados para a região norte do país (GIL-AZEVEDO & MAIA-HERZOG, 2009). Além de se tornar um assunto relevante para a saúde pública, a oncocercose também se tornou um ponto negativo para a economia, principalmente nas grandes regiões férteis situadas em áreas endêmicas (CROSSKEY, 1993). Além disso, foi comprovado que algumas espécies de simulídeos são responsáveis por transmitir helmintos parasitos de ursos, assim como também podem transmitir um protozoário que parasita o sangue de perus e há suspeitas em relação à veiculação do vírus da encefalite equina nas áreas endêmicas (CROSSKEY, 1993).

O ciclo de vida do *O. volvulus* possui três estágios: microfilária, larva e adultos, sendo cinco estádios larvais: L1, L2, L3, L4 e L5; tendo o simulídeo, do gênero *Simulium*, como hospedeiro intermediário e o ser humano como o único hospedeiro definitivo. O início da infecção se dá quando o borrachudo infectado, introduz, através da picada, larvas de terceiro estágio do *O. volvulus*. As fêmeas do parasito se desenvolvem até a fase adulta, permanecendo envolvidas em um capsula fibrosa, enquanto os machos se movem de forma livre através da pele e espaços subcutâneos do hospedeiro. Durante a fase adulta, as fêmeas liberam milhares de microfilárias que medem entre 220mm a 360mm (FORGIONE, 2002), que migram através da pele humana para o órgão de maior afinidade, os olhos. Posteriormente, durante o repasto sanguíneo, a fêmea capta as microfilárias do hospedeiro definitivo, dando continuidade ao ciclo parasitário, pois essas microfilárias penetram seu intestino e migram para o tórax, onde desenvolvem-se até o terceiro estágio e em seguida migram ao aparelho bucal do simulídeo, completando, assim, o ciclo de transmissão e desenvolvimento do parasito. O tempo de permanência da microfilária no ser humano usualmente dura de três a cinco anos, diferentemente da fêmea adulta do parasito, que leva de dois a quinze anos (SOMORIN, 1983; KARAM, 1987; UDALL, 2007).

### 2.2.2 *Mansonelose*

Os simulídeos também são responsáveis pela transmissão de outro agente etiológico no Brasil, a *Mansonella ozzardi* (Manson, 1897) Faust, 1929, causador de uma endoparasitose conhecida como Mansonelose. Seus sintomas variam entre dor nas pernas e articulações a febre, cefaleia, adenite inguinocrural e eosinofilia (GAONA & ANDRADE, 1999), além de especulações sobre algumas lesões corneanas (COHEN et al., 2008).

A *M. ozzardi* (Manson, 1897) Faust, 1929 é uma filária estritamente distribuída no continente americano (TAVARES, 1981; GARRIDO & CAMPOS, 2000), estando presente em praticamente todos os países da América Latina (TAVARES, 1981). No Brasil, esse parasito é

encontrado em regiões de floresta amazônica, às margens do rio Solimões e seus principais afluentes e, também em Roraima e no Mato Grosso (TAVARES, 1981).

A microfilária deste nematódeo é encontrada no sangue periférico, podendo ser identificada através de suas características morfológicas ou por meio da biologia molecular (MORALES-HOJAS et al., 2001). A mansonelose é uma doença com características clínicas ainda pouco estabelecidas, principalmente pelos indivíduos infectados não apresentarem sintomas aparentes, embora em alguns casos, alterações dermatológicas e lesões oculares, acompanhadas de prurido e conjuntivite tenham sido apresentados (BRANCO et al., 1998; ADAMI et al., 2008).

### 2.2.3 *Pênfigo Foliáceo*

Três fatores são importantes ao se estudar a etiologia do Pênfigo Foliáceo: o imunológico, o genético e o ambiental. Sabe-se que é uma doença provocada por autoanticorpos patogênicos antiepiteliais responsáveis pelo fenômeno da acantólise<sup>1</sup>, porém o que a desencadeia ainda é um fator desconhecido, embora algumas espécies de simulídeos sejam julgadas como responsáveis pela gênese dessa doença. O aparecimento de bolhas superficiais ou profundas pelo corpo, e que após um tempo se rompem levando a perda de pele, deixando áreas erodadas, recobertas por escamas finas e crostas (FERREIRA & ROCHA, 1991) são características específicas dessa doença e, por isso, também é conhecida como Fogo Selvagem (FS).

O primeiro registro dessa doença no Brasil foi feito no ano de 1903 por Paes Leme. Contudo, somente na década de 1930, o número de casos aumentou de forma significativa especialmente no Estado de São Paulo (CAMPOS, 1939; CAMPOS, 1942). Na atualidade, os focos da doença situam-se principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Goiás e Mato Grosso (SAMPALHO, 2007).

Através de estudos epidemiológicos demonstrou-se que a incidência do Fogo Selvagem (FS) tinha tendência a diminuir, de acordo com a melhoria das condições de vida das populações, como foi observado no Estado de São Paulo (PROENÇA, 1977; CUNHA, 1988) e, com isso, foi possível analisar que a doença se desencadeava através de agentes ambientais (DIAZ et al., 1989).

No início da doença geralmente cabeça, pescoço e regiões seborreicas são acometidos, em seguida, evolui no sentido crânio-caudal, de forma simétrica. A maioria dos pacientes apresentam lesões na face e/ou no couro cabeludo. O FS não afeta mucosa oral, palmas das mãos e planta dos pés. Na maior parte dos casos, a doença é expressada de forma gradual, com lesões cutâneas que evoluem por semanas ou meses. Enquanto, uma menor porcentagem dos pacientes, tem o início de

---

<sup>1</sup> Separação das células da camada espinhosa da epiderme que resulta em atrofia da camada de células falciformes.  
**Fonte:** Aulete Digital. Disponível em <<http://www.aulete.com.br/acantolise>> Acesso em: 10/iii/2015; 14:02

forma mais aguda, com lesões bolhosas abrangentes que chegam a atingir muitas áreas do tegumento (CUNHA, 2009).

### 2.3 Usinas Hidrelétricas

Tales de Mileto, filósofo grego, matemático e astrônomo, além de considerar a água como sendo a origem de todas as coisas, foi o responsável pela descoberta da eletricidade há aproximadamente 500 a.C. Ao friccionar âmbar a um pedaço de pele de carneiro, observou que alguns fragmentos de madeira e palha eram atraídos pelo próprio âmbar. Porém, somente no século XVII, Otto Von Guericke, iniciou de forma sistemática os estudos sobre a eletrificação por atrito, tendo inventado em 1672 uma máquina capaz de gerar cargas elétricas através da rotação de uma esfera de enxofre em atrito com terra seca (BORGES & SILVA, 2011).

Com o passar do tempo, esses geradores foram aperfeiçoados, tornando-se a principal fonte de energia, principalmente para a iluminação, onde eram distribuídos inicialmente através de condutores de ferro, em seguida, de cobre e em 1850 por fios recobertos por uma camada isolante de guta-percha<sup>2</sup> vulcanizada. Diante desses conhecimentos, em 1875, um gerador foi instalado em Gare du Nord<sup>3</sup> em Paris, para que as lâmpadas do arco da estação ficassem acesas. A partir de então, turbinas a vapor foram feitas, para a movimentação dos geradores, incentivando à utilização de energia hidrelétrica. O que trouxe, finalmente como retorno, em 1886, a instalação da primeira hidrelétrica localizada entre Canadá e Estados Unidos, nas cataratas do Niágara (BORGES & SILVA, 2011).

Atualmente, o funcionamento de uma usina hidrelétrica se dá através de turbinas acopladas a um gerador que converte a sua carga de giros aliada à velocidade em energia elétrica. Geralmente, para a realização desse processo, uma barragem é construída num rio, para que se forme um reservatório (MEC, 2015), o que leva, na maioria dos casos, a inúmeros impactos ambientais, econômicos e também socioculturais (BORGES & SILVA, 2011).

Como fonte de geração de energia elétrica, a hidráulica é considerada a segunda maior do mundo, perdendo apenas para o petróleo. Com uma participação de aproximadamente 20% em caráter mundial, no Brasil, sua produção é de mais de 90%. Canadá, Estados Unidos, Brasil, China e Rússia, são respectivamente os cinco maiores produtores de energia hidrelétrica, tornando-se responsáveis por mais de 50% de toda a produção mundial (IEA, 2000).

---

<sup>2</sup> Substância vegetal obtida a partir do látex da árvore *Palaquium zeylanicum*, com coloração acinzentada semelhante à borracha, porém não apresentando suas propriedades elásticas. **Fonte:** *Wikipedia*. Disponível em <[pt.wikipedia.org/wiki/Guta-percha](http://pt.wikipedia.org/wiki/Guta-percha)>. Acesso em: 12/iii/2015; 15:20

<sup>3</sup> Estação de trem mais movimentada da Europa e a terceira mais movimentada do mundo. **Fonte:** *Wikipedia*. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Gare\\_du\\_Nord](http://pt.wikipedia.org/wiki/Gare_du_Nord)>. Acesso em: 12/iii/2015; 15:26

No Brasil, água e energia estão diretamente relacionados, seu potencial hidrelétrico é estimado em torno de 260GW, dentre os quais 40,5% localizam-se na Bacia Hidrográfica do Amazonas e, o restante distribuem-se nas demais bacias: Paraná com 23% do potencial, Tocantins com 10,6% e São Francisco com 10%. As bacias do Atlântico Leste e do Uruguai representam 5% cada, enquanto que as bacias do Atlântico Norte/Nordeste e Sudeste somam um potencial de 5% apenas. O desenvolvimento econômico do país tem crescido de forma expressiva devido à contribuição da energia hidráulica, atendendo às atividades agrícolas, industriais e comerciais, assim como também à sociedade, melhorando sua qualidade de vida (ANEEL, 2002).

Para que haja a geração de energia elétrica, é essencial que uma ampla área seja inundada, formando um grande reservatório. Historicamente, essas áreas determinadas para a inundação, tratam-se de áreas produtivas e com grande biodiversidade e, que além de tudo, exigem o deslocamento dos animais silvestres e das pessoas domiciliadas (representadas como "atingidos pelo reservatório"). Com isso, intensifica-se o fluxo migratório tanto dos atingidos, quanto pelas pessoas ligadas à construção do empreendimento. A partir dessa condição, é possível verificar o aumento das doenças sexualmente transmissíveis, como também o número de acidentes e agressões na região (ANEEL, 2002).

Quando um reservatório é estabelecido, alterações nas características da água são evidentes, além do surgimento de microclimas, que podem favorecer ou prejudicar algumas espécies e, muitas vezes, até extingui-las. Uma das características que se alteram é a velocidade da água, que está diretamente relacionada ao fornecimento de alimento para os seres que ali se desenvolvem. O ciclo de vida de muitas espécies depende também da temperatura da água, que na maioria dos casos se modifica. Outros fatores que influenciam na produtividade dos criadouros incluem variações hidroquímicas (pH e condutividade), hidrológicas e competição entre espécies, além daquelas nocivas à saúde humana, como parasitas e transmissores de doenças endêmicas (EZUGBONWOBI, 2013).

Além de todos esses fatores que alteram a estrutura do ambiente, perigos de rompimento das barragens e outros acidentes correlatos também são incontestáveis, podendo causar inúmeras complicações. A exemplo disso, tem-se o acidente ocorrido em 1979 em Macchu, na Índia, onde 2.500 pessoas pereceram, devido à uma falha da construção da barragem (ELETRONUCLEAR, 2001). Já no Brasil, existem diversos exemplos de grandes impactos socioambientais em razão de empreendimentos hidrelétricos, como Sobradinho, no Nordeste do País e, Balbina e Tucuruí, na Amazônia (BORGES & SILVA, 2011).

Por esses motivos, é necessário que se faça uma avaliação integrada entre o rio e a bacia, pois os efeitos posteriores variam conforme a extensão do empreendimento. A consciência sobre os efeitos cumulativos deve ser tomada, para que haja um planejamento das obras, levando em



consideração a conservação ambiental e a manutenção da qualidade de vida da população (NUNES et al., 2008).

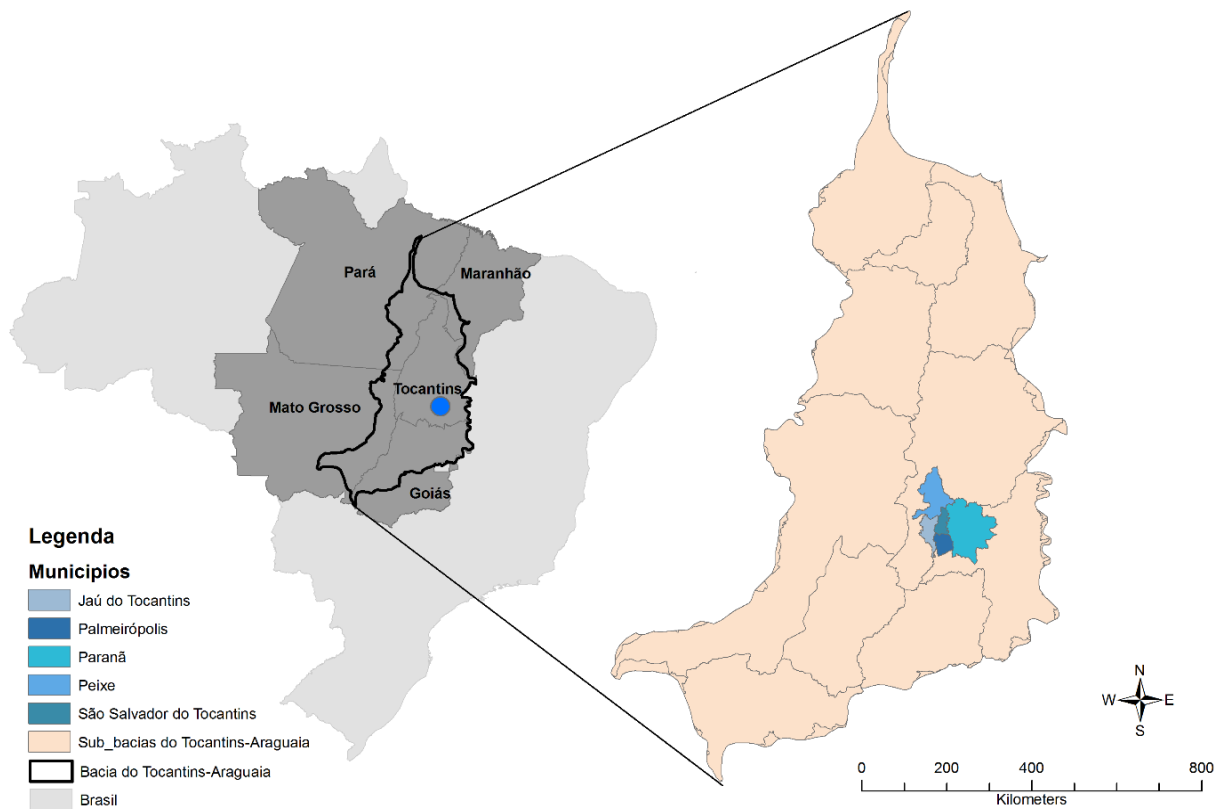
Um empreendimento hidrelétrico pode provocar não só malefícios, como os impactos ecológicos e irreversíveis na área do entorno, mas produz também benefícios que vão além da geração de energia elétrica; a contenção de cheias, o transporte hidroviário, a recreação e o turismo também acompanham a construção das hidrelétricas (BORGES & SILVA, 2011).

## **2.4 Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia**

Com mais de 960.000Km<sup>2</sup>, a bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia (Figura 1) é considerada como a maior bacia totalmente brasileira, abrangendo o território de seis estados: Goiás (21%), Tocantins (30%), Pará (30%), Maranhão (4%), Mato Grosso (15%) e Distrito Federal (0,1%). Sua configuração segue no sentido Sul-Norte, onde os rios Tocantins e Araguaia se unem na parte setentrional da região, desaguando na Baía da Ilha de Marajó (ANA, 2015).

A região hidrográfica dessa bacia apresenta um grande potencial tanto para a agricultura irrigada (ANA, 2015), quanto para o fluxo hidroviário (ANTAQ, 2013). Atualmente, devido ao cultivo de arroz por inundação, 62% da demanda total da localidade se concentra na sub-bacia do Araguaia, tendo uma área estimada de mais de 230 mil hectares. Já com relação à hidrovia, obras de melhoria viabilizam o alcance das regiões Norte e Centro-Oeste do país, fazendo uma ligação do centro do Brasil aos portos de Belém (PA) e Vila do Conde (PA), assim como Itaqui (MA) e Ponta da Madeira (MA) por meio da Estrada de Ferro Carajás (EFC), conforme a Agência Nacional de Águas (2005).

De acordo com Eiten (1994 apud MACHADO et al, 2008) e Pedroso (2004), a área que a bacia do Tocantins-Araguaia abrange caracteriza-se pelos biomas Floresta Amazônica, ao norte e noroeste e, Cerrado nas demais áreas. Apresentando diversos fatores como o clima tropical, com variação da precipitação de 750 a 2000mm por ano, o cerrado é considerado em todo o mundo como uma das áreas mais favorecidas para a produção de alimentos devido à intensidade da luz solar, assim como o solo, a topografia e a água. Com isso, a região constitui-se como zona potencial para o crescimento econômico.



**Figura 1:** Mapa de localização da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia com os Estados de sua abrangência; Destaque para os municípios onde a amostragem utilizada no estudo foi obtida. **Imagem:** Desenvolvida pelo *software* ArcGis

#### 2.4.1 Rio Tocantins

Do ponto de vista geomorfológico, o Rio Tocantins é bastante peculiar devido à natureza de seus terrenos e às diferenças pluviométricas, além da sua extensão que soma cerca de 2400Km, sendo considerado o segundo maior rio que corre integralmente em território brasileiro, perdendo somente para o Rio São Francisco (CARVALHO, 2009).

Devido à sua extensão, sua denominação varia conforme a região. Em sua nascente que fica localizada em Goiás entre os municípios de Ouro Verde e Petrolina, o rio surge com o nome de Rio Padre Souza. Após o encontro ao Araguaia na região do “Bico do Papagaio”, situada entre Tocantins, Maranhão e Pará é nomeado Tocantins-Araguaia. E, finalmente, é chamado de Rio Tocantins após a união dos rios Maranhão e Paranã entre os municípios de Paranã e São Salvador do Tocantins (GOMES & TEIXEIRA NETO, 1993).

As condições de navegabilidade de seu leito variam em razão das corredeiras, cachoeiras e pela pouca profundidade em certos trechos no período de seca. Desta forma distingue-se três trechos a pontuar no seu trajeto, sendo o Alto Tocantins, que vai da nascente até a cachoeira de Lajeado no Tocantins, medindo 1.050km, o Médio Tocantins que vai da cachoeira de Lajeado à

cachoeira de Itaboca com 980km e, por fim, que vai da cachoeira de Itaboca até a foz medindo 370km. Nesse percurso observa-se uma diversidade ou multiplicidade natural que vai do clima ao solo, vegetação, fauna e regiões (OLIVEIRA, 2009).

#### 2.4.2 UHE Peixe-Angical

A Usina Hidrelétrica Peixe-Angical (Fig. 2) está localizada no Rio Tocantins, entre os municípios de Peixe, Paranã e São Salvador do Tocantins (Fig. 3). Possuindo um volume total de 2,74 bilhões m<sup>3</sup>, anualmente gera energia capaz de abastecer uma cidade com cerca de quatro milhões de habitantes.



**Figura 2:** Foto aérea da barragem da usina hidrelétrica Peixe-Angical – TO, Brasil. **Fonte:** Eletrobrás - Furnas



**Figura 3:** Mapa com as localizações dos municípios adjacentes (Peixe, Paranã e São Salvador do Tocantins) à usina hidrelétrica de Peixe-Angical – TO, Brasil. **Fonte:** Extraído de Google Maps™

Com a finalidade de atender a uma crescente demanda de energia, foi realizada a implantação da Usina Hidrelétrica Peixe-Angical, que do ponto de vista mercadológico, é altamente estratégico devido à sua proximidade com a subestação de Gurupi e da linha de transmissão da interligação Norte/Sul. Dessa maneira, os montantes de energia que são gerados em Peixe, são introduzidos de forma física tanto no sistema Sul/Sudeste/Centro Oeste como no Norte/Nordeste (ENERPEIXE, 2000).

Em relação ao meio ambiente, a estrutura para o desvio do rio foi planejada de forma detalhada, com um arranjo típico de usinas de baixa queda, utilizando três blocos monolíticos<sup>4</sup> com casas de força e tomada d'água incorporadas em concreto armado, funcionando com três turbinas do tipo Kaplan<sup>5</sup> e geradores síncronos<sup>6</sup>, numa potência de quase 500 Megawatts, nove comportas de vertedouros, além do sistema de transposição de peixes. Para o aproveitamento das características morfológicas do sítio de implantação, a área de montagem e o vertedouro são contíguos às estruturas das casas de força e tomadas d'água.

Para o funcionamento da usina algumas etapas se sucederam ao longo de cinco anos. Em janeiro de 2001, a Licença Prévia para a construção da hidrelétrica foi emitida e, após diversas análises e estudos, a Licença de Instalação foi concedida no período de abril de 2002, porém, ao final de 2002 houve a suspensão das obras, que só foram retomadas ao final de 2003. Durante o ano de 2004, a Casa de Força foi construída e, em abril de 2005, iniciou-se a segunda fase do desvio do rio; a Licença de Operação foi outorgada em 13 de janeiro de 2006. Em seguida, no dia 14 de janeiro de 2006, o enchimento do reservatório de 294,1Km<sup>2</sup> foi iniciado, tendo sua finalização três meses depois. A primeira unidade geradora começou a funcionar efetivamente em 27 de junho de 2006 e, a terceira unidade (última) em 16 de setembro de 2006 (CRUZ & SILVA, 2012; ENERPEIXE, 2012).

---

<sup>4</sup> Conhecido como sistema de argamassa armada, o bloco monolítico é um sistema baseado na continuidade de paredes estruturais. **Fonte:** *Reforma Fácil*. Disponível em <<http://www.reformafacil.com.br/bloco-monolitico-para-a-construcao>>. Acesso em 20/iii/2015; 15:21.

<sup>5</sup> Turbina hidráulica adequada para operar entre quedas de até 60m. **Fonte:** *Wikipedia*. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Turbina\\_Kaplan](http://pt.wikipedia.org/wiki/Turbina_Kaplan)>. Acesso em 20/iii/2015; 15:26.

<sup>6</sup> Também conhecido como alternadores, os geradores síncronos são máquinas usadas para converter potência mecânica em elétrica. O nome "síncrono" se deve à forma operacional da máquina: uma velocidade constante de rotação sincronizada com a frequência da tensão elétrica alternada. **Fonte:** *Wikipedia*. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina\\_s%C3%ADncrona](http://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_s%C3%ADncrona)>. Acesso em 20/iii/2015; 15:31.

### **3. JUSTIFICATIVA**

---

Na região Neotropical, estudos sobre a ecologia de Simuliidae ainda são escassos (FIGUEIRÓ & GIL-AZEVEDO 2010), sendo restritos a alguns estudos na Amazônia (HAMADA et al. 2002), Mata Atlântica (PEPINELLI et al. 2005, FIGUEIRÓ et al. 2006) e apenas três no Cerrado (LANDEIRO et al. 2009, FIGUEIRÓ et al. 2012, 2014), de forma que maiores estudos são necessários para o entendimento dos processos ecológicos envolvidos na distribuição de Simuliidae em ambientes modificados, tendo em vista sua importância como indicadores ambientais e como vetores de patógenos que acometem ao homem e outros animais.

## **4. OBJETIVOS**

---

### **4.1 Geral**

Verificar como os impactos da construção da UHE Peixe-Angical sobre os criadouros de simulídeos expressam respostas demográficas e dispersivas de sua população.

### **4.2 Específicos**

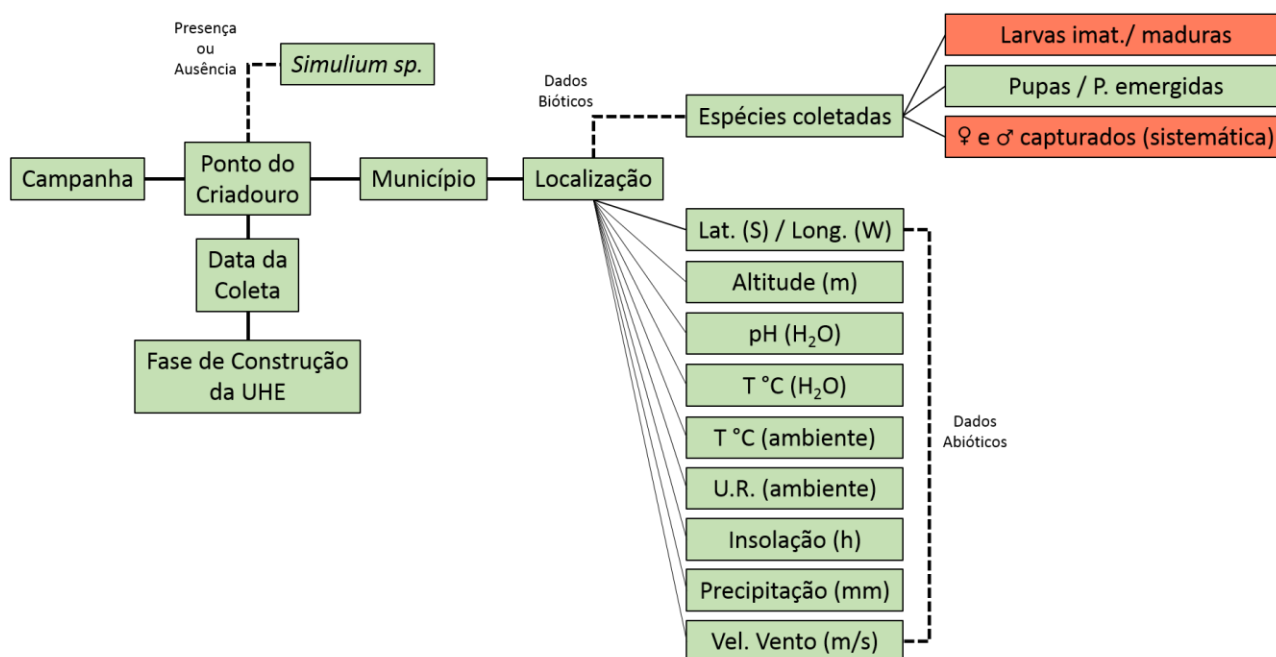
- a) Identificar o conjunto das espécies de Simuliidae presentes na área de entorno da UHE Peixe-Angical e os principais fatores abióticos que influenciam sua distribuição;
- b) Estimar a abundância e a riqueza de simulídeos da área de influência da UHE Peixe-Angical;
- c) Identificar o conjunto das espécies de Simuliidae que está mais associado às modificações antrópicas.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

Uma extensa matriz de dados (Figura 4) foi elaborada a partir do *software* Excel de maneira a viabilizar a inserção do maior número de dados provenientes do projeto “Monitoramento de População de Vetores de Doenças na Área de Influência do AHE Peixe Angical (Os Simulídeos – Verificação de Possíveis Espécies Ligadas à Oncocercose e ao Pênfigo Foliáceo, Peixe, TO) ”.

Seu desenvolvimento foi feito de acordo com os metadados coletados ao longo de um período de quatro anos (2004 – 2008) em cinco municípios do estado do Tocantins (Jaú do Tocantins, Peixe, Palmeirópolis, Paranã e São Salvador do Tocantins), que ficam na região de influência no entorno da UHE Peixe-Angical. Ao final do desenvolvimento dessa matriz, foi observado um total de 216 pontos positivos para simulídeos ao longo dos anos de coleta. Com isso, quatorze pontos de coleta (distribuídos pelos cinco municípios) foram selecionados de acordo com a quantidade de espécimes (pupas e pupas emergidas) obtidos.

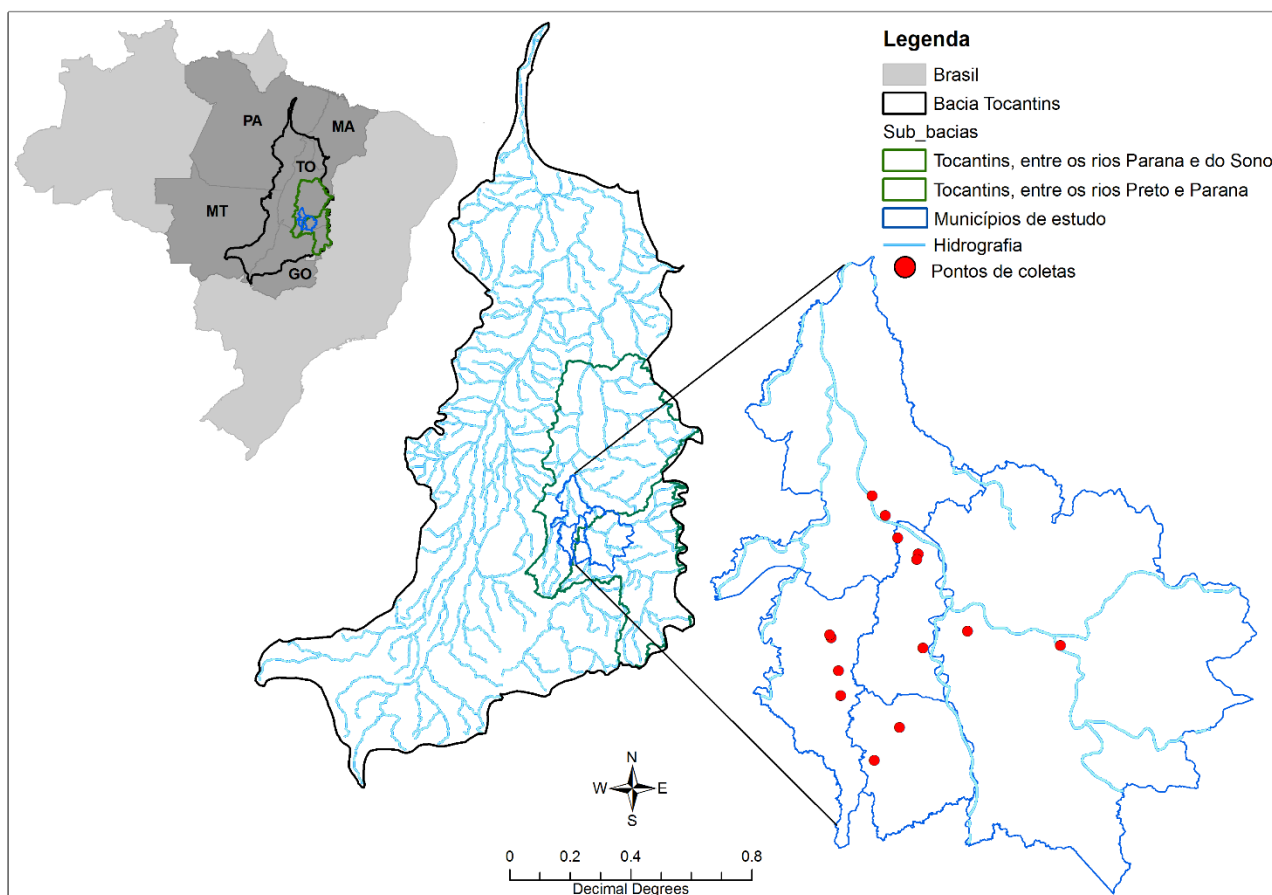
Os dados abióticos e as localizações geográficas por meio de coordenadas dos seus pontos/criadouro foram extraídos diretamente dos protocolos do LSO/IOC-Fiocruz, utilizados nas campanhas de campo. Os dados taxonômicos foram fornecidos por taxonomistas do LSO/IOC-Fiocruz. As espécies foram ordenadas em relação às características do criadouro por meio de análise de correspondência canônica, de forma a tornar possível a identificação padrão de distribuição de espécies em relação às modificações antropogênicas de seus habitats. Os exemplares foram agrupados em subgêneros para uma melhor visualização dos resultados e a nomenclatura adotada na sua identificação foi a proposta por Adler & Crosskey em 2009.



**Figura 4:** Modelo da matriz de dados elaborada para o desenvolvimento do trabalho. Destaque em verde para as atividades realizadas neste estudo

## 5.1 Área de estudo e coleta do material

As análises foram realizadas a partir do material coletado no entorno da malha dos rios diretamente influenciados pela UHE Peixe-Angical - rio Tocantins e seus afluentes entre os rios Paranã e do Sono; e Paranã e Preto, na região de cinco municípios do estado do Tocantins - Jaú do Tocantins, Peixe, Palmeirópolis, Paranã e São Salvador do Tocantins (Figura 5).



**Figura 5:** Mapa de localização da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia com os Estados de sua abrangência e os municípios onde foram realizadas as coletas; Destaque para os pontos de coleta do material utilizado nesta pesquisa. **Imagem:** Desenvolvida pelo software ArcGis

Neste trabalho foi inventariado o acervo de amostras de Simuliidae e a compilação dos metadados do LSO/IOC-Fiocruz obtidos por 26 campanhas de coletas sistemáticas bimestrais realizadas pelo projeto temporal “Monitoramento de População de Vetores de Doenças na Área de Influência do AHE Peixe Angical (Os Simulídeos – Verificação de Possíveis Espécies Ligadas à Oncocercose e ao Pênfigo Foliáceo, Peixe, TO)” desenvolvido pelo período de quatro anos (2004 – 2008) ao longo do processo de construção da hidrelétrica, de forma a serem contemplados nas coletas os três períodos da construção do empreendimento, marcados pela implementação do lago da usina - pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento (Tabela 1). Para a verificação da simuliofauna as amostras foram obtidas em locais previamente selecionados e georeferenciados (Tabela 2) pelo método de coleta manual por busca ativa de 30 minutos por ponto/criadouro para



aquisição das fases imaturas (pupas) e posterior obtenção de adultos – imediatamente após a coleta as pupas foram individualizadas em tubos do tipo Eppendorf e mantidas em temperatura ambiente ao longo de cinco dias. Caso emergissem, os adultos eram alfinetados e sua exúvia era acondicionada em tubos com glicerina. Caso contrário, a pupa era acondicionada em álcool 80%, para posterior identificação.

**Tabela 1:** Período de realização das campanhas de coleta de simulídeos no Rio Tocantins, antes, durante e após a instalação da Usina Hidrelétrica Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil

| Campanha | Período                    |                        | Campanha | Período           |                        |
|----------|----------------------------|------------------------|----------|-------------------|------------------------|
| C1       | 03 - 06 fev. 2004          | } Pré-instalação       | C14      | 02 - 06 abr. 2006 | } Durante a instalação |
| C2       | 25 - 29 abr. 2004          |                        | C15      | 11 - 15 jun. 2006 |                        |
| C3       | 20 - 24 jun. 2004          |                        | C16      | 06 - 10 ago. 2006 |                        |
| C4       | 17 - 20 ago. 2004          |                        | C17      | 01 - 05 out. 2006 |                        |
| C5       | 17 - 22 out. 2004          |                        | C18      | 03 - 07 dez. 2006 |                        |
| C6       | 06 - 11 dez. 2004          |                        | C19      | 23 - 27 fev. 2007 |                        |
| C7       | 12 - 17 fev. 2005          | } Durante a instalação | C20      | 22 - 25 abr. 2007 | } Após a instalação    |
| C8       | 20 - 25 abr. 2005          |                        | C21      | 26 - 30 jun. 2007 |                        |
| C9       | 26 - 30 jun. /01 jul. 2005 |                        | C22      | 19 - 22 ago. 2007 |                        |
| C10      | 22 - 27 ago. 2005          |                        | C23      | 21 - 24 out. 2007 |                        |
| C11      | 23 - 28 out. 2005          |                        | C24      | 11 - 14 dez. 2007 |                        |
| C12      | 06 - 11 dez. 2005          |                        | C25      | 17 - 20 fev. 2008 |                        |
| C13      | 05 - 09 mar. 2006          |                        | C26      | 05 - 08 abr. 2008 |                        |

**Tabela 2:** Pontos de coleta selecionados para o desenvolvimento deste estudo por serem os mais populosos pelo número de espécimes obtidos e seus municípios e coordenadas correspondentes

| Ponto de coleta | Município                 | Descrição do local                                     | Lat (S)   | Long (W)  |
|-----------------|---------------------------|--|-----------|-----------|
| EN10            |                           | Varjão de Brejo  | 12°37'16" | 48°36'40" |
| EN143           | Jaú do Tocantins          | Est. Palmeirópolis-Jaú (TO498)                         | 12°43'50" | 48°35'14" |
| EN145           |                           | Est. Jaú-Peixe (TO373)                                 | 12°36'46" | 48°36'58" |
| EN24            | São Salvador do Tocantins | Ladrão que sai da represa da Faz. Altamira             | 12°20'45" | 48°19'27" |
| EN25            |                           | Faz. Altamira s/n (temporário)                         | 12°21'48" | 48°19'42" |
| ENP1            |                           | Córrego do Mato  | 12°39'21" | 48°18'29" |
| EN124           | Paraná                    | Faz. Traçadal  | 12°36'03" | 48°09'39" |
| EN131           |                           | Rio Paranã   | 12°38'52" | 47°51'15" |
| EN139           |                           | Rio Tocantins  | 12°09'12" | 48°28'34" |
| ENP5            | Peixe                     | Rio Tocantins (obra)                                   | 12°13'05" | 48°25'57" |
| ENP6            |                           | Rio das Almas  | 12°17'34" | 48°23'30" |
| EN15            |                           | Córrego São José                                       | 12°48'49" | 48°34'48" |
| EN85            | Palmeirópolis             | Est. Palmeirópolis-São Salvador (córrego Cocal)        | 12°55'08" | 48°23'07" |
| EN134           |                           | Est. Palmeirópolis-Jaú (depois de Palmeirópolis a 6Km) | 13°01'39" | 48°28'10" |

## 5.2 Status da amostragem de Simuliidae e seus metadados

As amostras de Simuliidae e seus metadados foram mantidos em condições favoráveis para estudos posteriores. A amostragem do projeto está segregada com marcação alfa/numérica por projeto, por ponto/criadouro e ponto/estação. Parte das amostras está fixada em álcool a 80% acondicionada em tubos para microcentrífuga de 1,5ml e outra parte está à seco montada em alfinetes entomológicos, ambas identificadas pela equipe de taxonomistas do LSO/IOC-Fiocruz e encontra-se sob guarda da Coleção de Simulídeos do IOC (CSIOC). Os metadados originais estão compilados em protocolos de campo do LSO/IOC-Fiocruz. As amostras e as informações contidas nestes protocolos foram disponibilizadas para a realização dos estudos deste trabalho.

## 5.3 Análise estatística

### 5.3.1 Análise de Correspondência Canônica (CCA)

Os dados foram previamente transformados em função logarítmica  $[\ln(x+1)]$  para a execução das análises. Através do *software* CANOCO 4.5, utilizou-se a Análise de Correspondência Canônica (CCA), devido ao longo gradiente ambiental, com o intuito de verificar a distribuição de espécies em relação às características ambientais, fazendo uso das permutações de Monte Carlo (5000 permutações) para a determinação de variáveis significativas ( $p \leq 0,05$ ). Em virtude da grande quantidade de material a ser identificado, para este trabalho somente pupas e “adultos criados” (pupas emergidas) de quatorze pontos de coletas pré-estabelecidos foram analisados. As variáveis abióticas consideradas neste estudo foram: altitude, insolação, pH da água, precipitação, temperatura ambiental (máxima e mínima), temperatura da água (no momento da coleta), umidade relativa do ar (máxima e mínima) e velocidade do vento.

### 5.3.2 Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS)

Com o propósito de analisar a distribuição de espécies juntamente às variáveis ambientais, porém de acordo com as fases de construção da hidrelétrica, a análise estatística adotada foi a NMDS (Nonmetric Multidimensional Scaling - Escalonamento multidimensional não métrico), que tem como finalidade a representação da posição original das comunidades em um espaço multidimensional de forma mais exata possível, fazendo uso de um número reduzido de dimensões que podem ser facilmente visualizados e plotados. O NMDS não usa abundâncias absolutas das espécies nas comunidades, mas sim sua ordem de classificação e por ser uma técnica que aceita vários tipos de dados, o conceito “não-métrico” é utilizado. Nesse procedimento, o cálculo de dissimilaridade de Bray-Curtis é englobado pelos ecologistas devido às suas propriedades e respostas, pois ele é invariante nas mudanças de unidades, não se afeta por adições ou remoções de

espécies nas comunidades, assim como também não se afeta caso outra comunidade seja adicionada, além de poder reconhecer diferenças no total das abundâncias, caso a abundância relativa seja a mesma (LEFCHECK, J, 2012). O *software* utilizado para essas análises foi o PAST3.

## 6. RESULTADOS OBTIDOS

Ao final do desenvolvimento dessa matriz, foi observado um total de 216 pontos positivos para simuliídeos ao longo dos anos de coleta. Embora seja um número bastante representativo, nem sempre todos os pontos estiveram presentes em todas as campanhas (Tabela 3), isto porque alguns dos rios onde ocorreram as coletas eram efêmeros ou intermitentes, sendo assim, alguns pontos apareceram somente uma vez durante todo o período da pesquisa, possivelmente devido à alguma eventualidade da natureza, como torrentes ou, no caso dos rios temporários, em que os leitos secam durante um período do ano e também por serem rios que sofreram com a influência da modificação ambiental sobre o criadouro devido às etapas de construção da UHE Peixe-Angical.

Com o desenvolvimento da matriz de dados foi possível analisar os pontos que estiveram presentes na maioria das campanhas e que também apresentaram uma quantidade grande de exemplares, além de representarem os cinco municípios que abrangem a área da UHE Peixe Angical (Jaú do Tocantins, Palmeirópolis, Paranã, Peixe e São Salvador do Tocantins). O número total de exemplares obtidos nos 14 pontos de coleta ao final de todas as campanhas foi de 2.958 pupas e pupas emergidas, dispostos em via seca e úmida. Foram analisados e morfotipados, perfazendo 19 espécies e duas ainda a confirmar (dentro de dois subgêneros): *Simulium (Trichodagmia) brachycladum*; *S. (Notolepria) cuasiexiguum*; *S. (Notolepria) exiguum*; *S. (Trichodagmia) guianense*; *S. (Inaequalium) inaequale*; *S. (Psaroniocompsa) incrustatum*; *S. (Psaroniocompsa) jujuyense*; *S. (Psaroniocompsa) limbatum*; *S. (Psaroniocompsa) minusculum*; *S. (Trichodagmia) nigrimanum*; *S. (Psaroniocompsa) oyapockense*; *S. (Chirostilbia) papaveroi*; *S. (Psilopelmia) perflavum*; *S. (Chirostilbia) pertinax*; *S. (Trichodagmia) rubrithorax*; *S. (Psaroniocompsa) siolii*; *S. (Chirostilbia) spinibranchium*; *S. (Inaequalium) subnigrum*; *S. (Chirostilbia) subpallidum*; *S. (Inaequalium) sp. e*; *S. (Psaroniocompsa) sp.*

**Tabela 3:** Relação dos pontos totais de coleta por campanha e os pontos positivos para Simuliidae, em área sob influência da UHE Peixe-Angical, no período de 2004 a 2008, Tocantins, Brasil

| Campanha | Total de pontos | Total de Pontos Positivos | (%) Pontos Positivos | Campanha | Total de pontos | Total de Pontos Positivos | (%) Pontos Positivos |
|----------|-----------------|---------------------------|----------------------|----------|-----------------|---------------------------|----------------------|
| C1       | 47              | 23                        | 48,9                 | C14      | 53              | 10                        | 18,9                 |
| C2       | 38              | 27                        | 71,1                 | C15      | 48              | 31                        | 64,6                 |
| C3       | 31              | 26                        | 83,9                 | C16      | 45              | 22                        | 48,9                 |
| C4       | 33              | 27                        | 81,8                 | C17      | 45              | 16                        | 35,6                 |
| C5       | 33              | 19                        | 57,6                 | C18      | 45              | 15                        | 33,3                 |
| C6       | 46              | 29                        | 63,0                 | C19      | 48              | 26                        | 54,2                 |
| C7       | 55              | 40                        | 72,7                 | C20      | 41              | 24                        | 58,5                 |
| C8       | 59              | 45                        | 76,3                 | C21      | 42              | 20                        | 47,6                 |
| C9       | 68              | 48                        | 70,6                 | C22      | 44              | 15                        | 34,1                 |
| C10      | 61              | 44                        | 72,1                 | C23      | 44              | 15                        | 34,1                 |
| C11      | 65              | 22                        | 33,8                 | C24      | 46              | 11                        | 23,9                 |
| C12      | 61              | 12                        | 19,7                 | C25      | 46              | 9                         | 19,6                 |
| C13      | 56              | 21                        | 37,5                 | C26      | 45              | 17                        | 37,8                 |

Das 26 campanhas, somente em duas (C3 e C12) não houve o tipo de material utilizado neste estudo (pupas e pupas emergidas) em todos os 14 pontos de coleta correlacionados para análise e identificação de espécies.

A tabela 4 e a figura 6 mostram as espécies que foram mais abundantes por campanha através da utilização de *ranking*, no qual foram separadas em três categorias: ouro, prata e bronze, conforme a quantidade de espécimes coletados em cada campanha. A espécie que teve maior frequência e abundância no decorrer das campanhas foi *S. subpallidum*, pois das 24 campanhas, sua ocorrência deu-se em todas elas (100%), aparecendo 16 vezes como a espécie dominante (66,6%; 1º lugar no *ranking*).

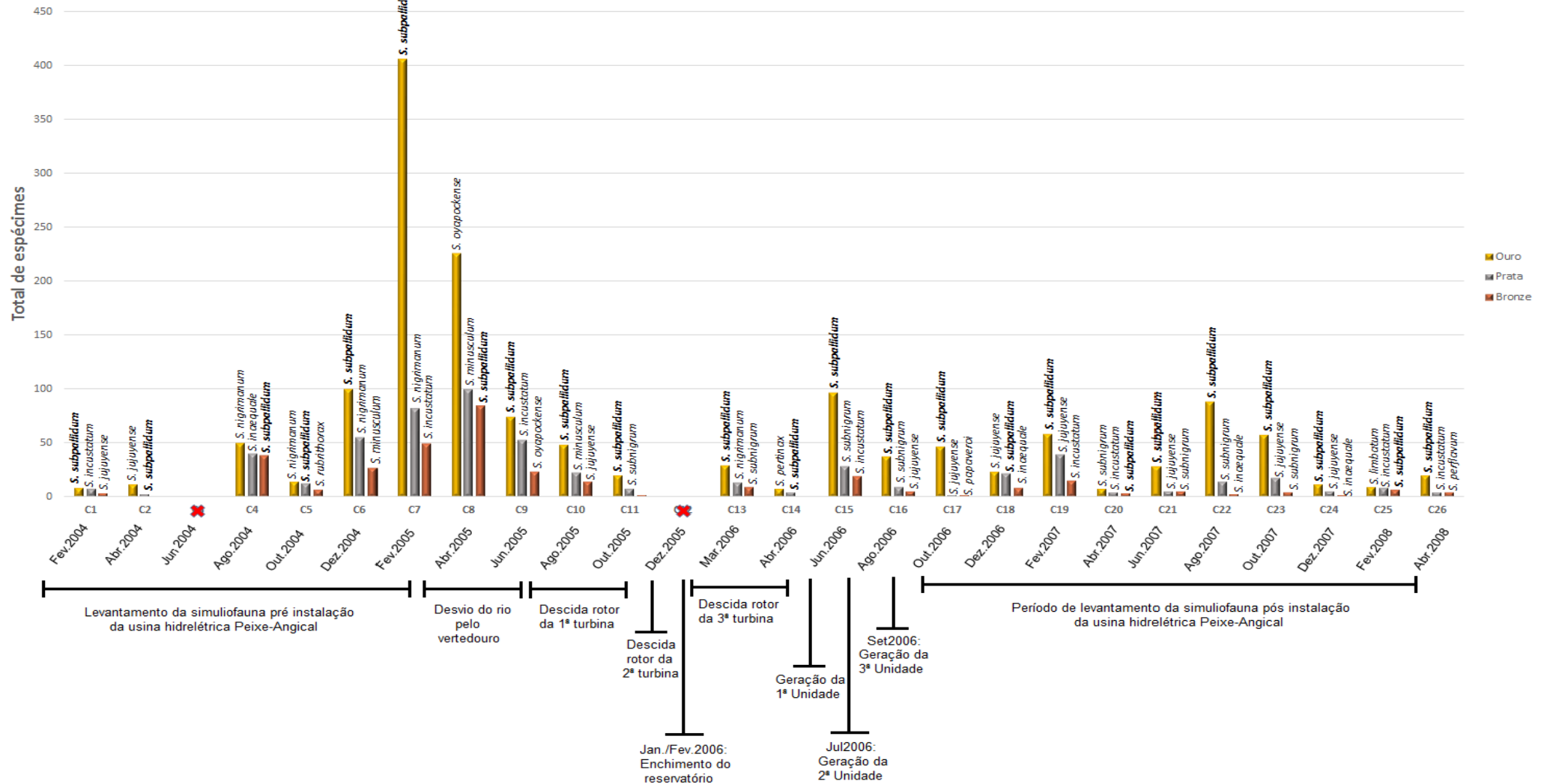
Na campanha C1 as espécies *S. subpallidum*, *S. incrustatum* e *S. jujuyense* foram as mais abundantes, enquanto que na C2, *S. jujuyense* e *S. subpallidum* se mostraram presentes em maior quantidade. Já na C4, as espécies com maior abundância foram *S. nigrimanum*, *S. inaequale* e *S. subpallidum*. A C5 apresentou *S. nigrimanum*, *S. subpallidum* e *S. rubrithorax* como as espécies de maior ocorrência; na C6, *S. subpallidum*, *S. nigrimanum* e *S. minusculum*; a C7 também com as espécies *S. subpallidum* e *S. nigrimanum*, além de *S. incrustatum*. Na C8, tem-se *S. oyapockense*, *S. minusculum* e *S. subpallidum* como espécies mais representativas e, a campanha C9 apresenta *S. subpallidum*, *S. incrustatum* e *S. oyapockense*. Na C10, aparecem as espécies *S. subpallidum*, *S. minusculum* e *S. jujuyense* e na C11 a maior ocorrência é das espécies *S. subpallidum* e *S. subnigrum*; enquanto que na C13, *S. subpallidum*, *S. nigrimanum* e *S. subnigrum* aparecem no *ranking*. A C14 segue com as espécies *S. pertinax* e *S. subpallidum*; na C15 tem-se *S. subpallidum*, *S. subnigrum* e *S. incrustatum*. Na campanha C16, as espécies mais abundantes foram *S. subpallidum*, *S. subnigrum* e *S. jujuyense*; embora em quantidade reduzida as espécies *S. jujuyense* e *S. papaverioque* apareceram na campanha C17, além de *S. subpallidum*. Já na campanha C18, *S. jujuyense*, *S. subpallidum* e *S. inaequale*, foram as espécies mais abundantes. *S. subpallidum*, *S. jujuyense* e *S. incrustatum* mostraram-se mais abundantes na campanha C19. As espécies que lideraram o *ranking* na campanha C20 foram *S. subnigrum*, *S. incrustatum* e *S. subpallidum* e, na campanha C21, *S. subpallidum*, *S. jujuyense* e *S. subnigrum* foram as espécies de maior abundância. A C22 apresentou as espécies *S. subpallidum*, *S. subnigrum* e *S. inaequale* como as principais em ocorrência, enquanto que a C23 mostrou as espécies *S. subpallidum*, *S. jujuyense* e *S. subnigrum*. Na campanha C24, mesmo com baixo número de espécimes, as espécies que apresentaram maior abundância foram *S. subpallidum*, *S. jujuyense* e *S. inaequale*; as campanhas C25 e C26, mostraram uma diminuição em quantidade de exemplares, tendo as espécies *S. limbatum*, *S. incrustatum*, *S. subpallidum* e *S. perflavum* como as mais abundantes.

**Tabela 4:** Ranking das espécies em relação a sua totalidade por campanha

| C   | Espécie (Ouro)        | Total | C   | Espécie (Prata)       | Total | C   | Espécie (Bronze)      | Total |
|-----|-----------------------|-------|-----|-----------------------|-------|-----|-----------------------|-------|
| C1  | <i>S. subpallidum</i> | 8     | C1  | <i>S. incrustatum</i> | 7     | C1  | <i>S. jujuyense</i>   | 3     |
| C2  | <i>S. jujuyense</i>   | 11    | C2  | <i>S. subpallidum</i> | 2     | C2  | -                     | 0     |
| C4  | <i>S. nigrimanum</i>  | 50    | C4  | <i>S. inaequale</i>   | 40    | C4  | <i>S. subpallidum</i> | 38    |
| C5  | <i>S. nigrimanum</i>  | 14    | C5  | <i>S. subpallidum</i> | 12    | C5  | <i>S. rubrithorax</i> | 6     |
| C6  | <i>S. subpallidum</i> | 100   | C6  | <i>S. nigrimanum</i>  | 55    | C6  | <i>S. minusculum</i>  | 26    |
| C7  | <i>S. subpallidum</i> | 406   | C7  | <i>S. nigrimanum</i>  | 81    | C7  | <i>S. incrustatum</i> | 49    |
| C8  | <i>S. oyapockense</i> | 226   | C8  | <i>S. minusculum</i>  | 99    | C8  | <i>S. subpallidum</i> | 84    |
| C9  | <i>S. subpallidum</i> | 74    | C9  | <i>S. incrustatum</i> | 52    | C9  | <i>S. oyapockense</i> | 23    |
| C10 | <i>S. subpallidum</i> | 48    | C10 | <i>S. minusculum</i>  | 22    | C10 | <i>S. jujuyense</i>   | 14    |
| C11 | <i>S. subpallidum</i> | 20    | C11 | <i>S. subnigrum</i>   | 7     | C11 | <i>S. incrustatum</i> | 1     |
| C13 | <i>S. subpallidum</i> | 29    | C13 | <i>S. nigrimanum</i>  | 13    | C13 | <i>S. subnigrum</i>   | 9     |
| C14 | <i>S. pertinax</i>    | 7     | C14 | <i>S. subpallidum</i> | 4     | C14 | -                     | 0     |
| C15 | <i>S. subpallidum</i> | 96    | C15 | <i>S. subnigrum</i>   | 28    | C15 | <i>S. incrustatum</i> | 19    |
| C16 | <i>S. subpallidum</i> | 37    | C16 | <i>S. subnigrum</i>   | 9     | C16 | <i>S. jujuyense</i>   | 5     |
| C17 | <i>S. subpallidum</i> | 46    | C17 | <i>S. jujuyense</i>   | 1     | C17 | <i>S. papaveroi</i>   | 1     |
| C18 | <i>S. jujuyense</i>   | 23    | C18 | <i>S. subpallidum</i> | 21    | C18 | <i>S. inaequale</i>   | 8     |
| C19 | <i>S. subpallidum</i> | 58    | C19 | <i>S. jujuyense</i>   | 39    | C19 | <i>S. incrustatum</i> | 15    |
| C20 | <i>S. subnigrum</i>   | 7     | C20 | <i>S. incrustatum</i> | 4     | C20 | <i>S. subpallidum</i> | 3     |
| C21 | <i>S. subpallidum</i> | 28    | C21 | <i>S. jujuyense</i>   | 5     | C21 | <i>S. subnigrum</i>   | 5     |
| C22 | <i>S. subpallidum</i> | 88    | C22 | <i>S. subnigrum</i>   | 14    | C22 | <i>S. inaequale</i>   | 2     |
| C23 | <i>S. subpallidum</i> | 57    | C23 | <i>S. jujuyense</i>   | 17    | C23 | <i>S. subnigrum</i>   | 4     |
| C24 | <i>S. subpallidum</i> | 11    | C24 | <i>S. jujuyense</i>   | 5     | C24 | <i>S. inaequale</i>   | 1     |
| C25 | <i>S. limbatum</i>    | 9     | C25 | <i>S. incrustatum</i> | 8     | C25 | <i>S. subpallidum</i> | 6     |
| C26 | <i>S. subpallidum</i> | 20    | C26 | <i>S. incrustatum</i> | 4     | C26 | <i>S. perflavum</i>   | 4     |

Houve uma variação da abundância relativa das espécies durante o período de amostragem (Tabela 5, Figuras 7 e 8), onde *S. subpallidum* apareceu como a espécie em maior abundância na maioria dos períodos. Enquanto que a segunda espécie ocorrente em maior abundância foi *S. oyapockense*, que apesar de ter aparecido em poucas campanhas (agosto de 2004; abril, junho e agosto de 2005 e; junho e agosto de 2006 e; fevereiro de 2007), teve uma quantidade elevada de exemplares capturados. Contrariamente, mesmo com um número menor de exemplares capturados, *S. inaequale* apareceu em mais meses (fevereiro, agosto e outubro de 2004; fevereiro, abril, junho e agosto de 2005; março e dezembro de 2006; fevereiro, agosto, outubro e dezembro de 2007 e; abril de 2008).

### Ranking de abundância de espécies



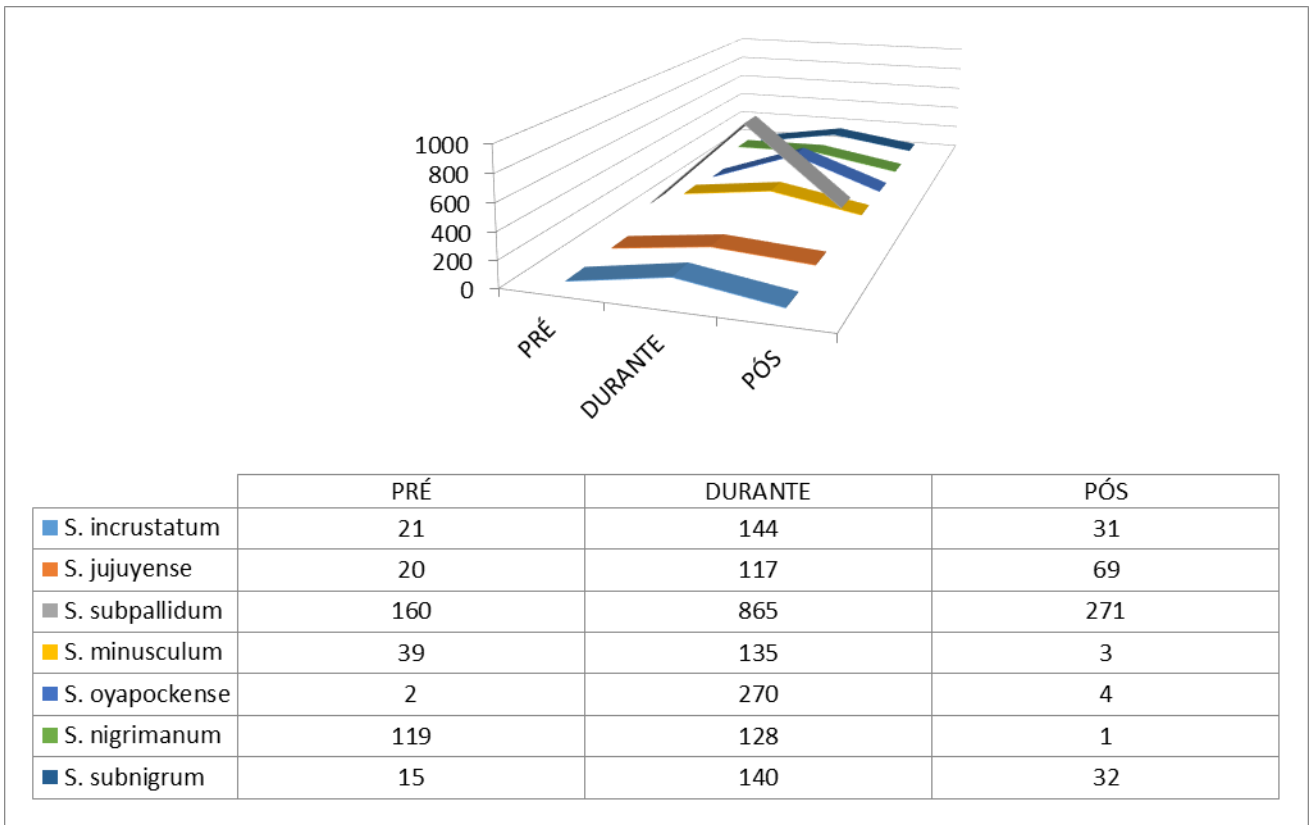
**Legenda:** Categoria ouro: espécies em primeira colocação por quantidade de espécimes capturados por campanha; categoria prata: espécies em segunda colocação por quantidade de espécimes capturados por campanha; categoria bronze: espécies em terceira colocação por quantidade de espécimes capturados por campanha.

**Figura 6:** Gráfico representativo de espécies presentes em maior abundância por campanha e as fases de instalação da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil

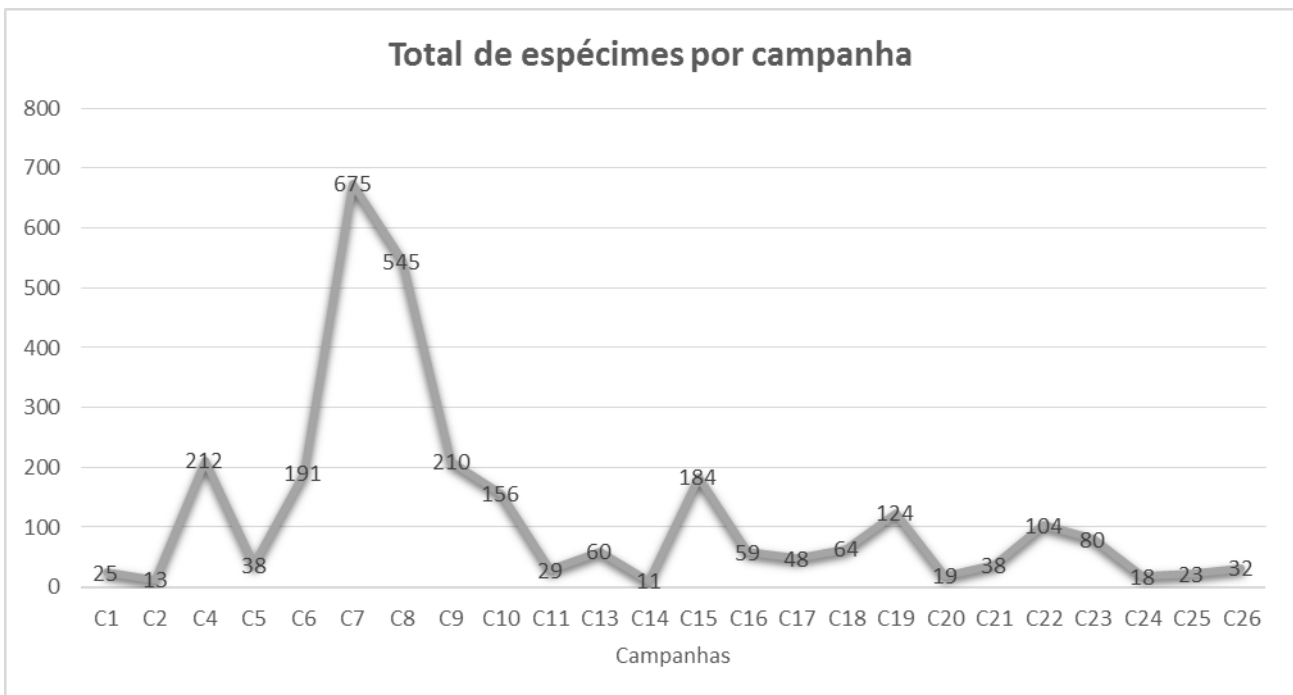
**Tabela 5:** Total de exemplares por espécie em cada período no decorrer da estruturação da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil. Destaque (em verde) para as espécies que apresentaram, ao final do estudo, o número de exemplares capturados maior que 100 ; (em amarelo) para a espécie que se mostrou mais abundante e presente em 100% das coletas; (em azul) para as espécies que são inversamente proporcionais ao número de exemplares capturados e à quantidade de coletas em que estiveram presentes e; (em cinza) para o total de espécimes capturados por campanha

| Espécies                       | PRÉ       |           |          |            |           |            | DURANTE    |            |            |            |           |          |           |           |            |           |           | PÓS       |            |           |           |            |           | Total de espécimes |           |           |             |
|--------------------------------|-----------|-----------|----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-------------|
|                                | C1        | C2        | x        | C4         | C5        | C6         | C7         | C8         | C9         | C10        | C11       | x        | C13       | C14       | C15        | C16       | C17       | C18       | C19        | C20       | C21       | C22        | C23       |                    | C24       | C25       | C26         |
| <i>S. limbatum</i>             | 2         | 0         | 0        | 0          | 0         | 0          | 1          | 6          | 4          | 0          | 0         | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 2          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 9         | 0         | 24          |
| <i>S. incrustatum</i>          | 7         | 0         | 0        | 12         | 1         | 1          | 49         | 13         | 52         | 3          | 1         | 0        | 2         | 0         | 19         | 1         | 0         | 4         | 15         | 4         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 8         | 4         | 196         |
| <i>S. jujuyense</i>            | 3         | 11        | 0        | 6          | 0         | 0          | 26         | 32         | 2          | 14         | 0         | 0        | 0         | 0         | 14         | 5         | 1         | 23        | 39         | 1         | 5         | 0          | 17        | 5                  | 0         | 2         | 206         |
| <i>S. subpallidum</i>          | 8         | 2         | 0        | 38         | 12        | 100        | 406        | 84         | 74         | 48         | 20        | 0        | 29        | 4         | 96         | 37        | 46        | 21        | 58         | 3         | 28        | 88         | 57        | 11                 | 6         | 20        | 1296        |
| <i>S. inaequale</i>            | 3         | 0         | 0        | 40         | 2         | 0          | 18         | 12         | 2          | 2          | 0         | 0        | 5         | 0         | 0          | 0         | 0         | 8         | 1          | 0         | 0         | 2          | 1         | 1                  | 0         | 1         | 98          |
| <i>S. perflavum</i>            | 1         | 0         | 0        | 3          | 0         | 0          | 8          | 2          | 4          | 0          | 0         | 0        | 0         | 0         | 2          | 0         | 0         | 1         | 0          | 1         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 4         | 26          |
| <i>S. siolii</i>               | 1         | 0         | 0        | 2          | 0         | 0          | 32         | 1          | 0          | 0          | 0         | 0        | 0         | 0         | 2          | 0         | 0         | 3         | 1          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 42          |
| <i>S. minusculum</i>           | 0         | 0         | 0        | 12         | 1         | 26         | 1          | 99         | 9          | 22         | 0         | 0        | 0         | 0         | 4          | 0         | 0         | 0         | 0          | 3         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 177         |
| <i>S. guianense</i>            | 0         | 0         | 0        | 10         | 0         | 7          | 0          | 5          | 2          | 11         | 0         | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 35          |
| <i>S. oyapockense</i>          | 0         | 0         | 0        | 2          | 0         | 0          | 0          | 226        | 23         | 11         | 0         | 0        | 0         | 0         | 8          | 2         | 0         | 0         | 4          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 276         |
| <i>S. nigriamanum</i>          | 0         | 0         | 0        | 50         | 14        | 55         | 81         | 3          | 23         | 4          | 0         | 0        | 13        | 0         | 3          | 1         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 1         | 0                  | 0         | 0         | 248         |
| <i>S. subnigrum</i>            | 0         | 0         | 0        | 15         | 0         | 0          | 6          | 59         | 6          | 12         | 7         | 0        | 9         | 0         | 28         | 9         | 0         | 4         | 0          | 7         | 5         | 14         | 4         | 1                  | 0         | 1         | 187         |
| <i>S. spinibranchium</i>       | 0         | 0         | 0        | 18         | 2         | 0          | 1          | 0          | 5          | 14         | 0         | 0        | 0         | 0         | 7          | 3         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 50          |
| <i>S. rubrithorax</i>          | 0         | 0         | 0        | 3          | 6         | 0          | 2          | 0          | 0          | 14         | 0         | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 25          |
| <i>S. cuasiexiguum</i>         | 0         | 0         | 0        | 0          | 0         | 1          | 2          | 1          | 0          | 0          | 0         | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 4           |
| <i>S. brachycladum</i>         | 0         | 0         | 0        | 0          | 0         | 1          | 0          | 1          | 0          | 0          | 0         | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 2           |
| <i>S. pertinax</i>             | 0         | 0         | 0        | 0          | 0         | 0          | 36         | 0          | 0          | 0          | 0         | 0        | 0         | 7         | 0          | 1         | 0         | 0         | 4          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 48          |
| <i>S. exiguum</i>              | 0         | 0         | 0        | 0          | 0         | 0          | 0          | 1          | 4          | 1          | 1         | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 7           |
| <i>S. papaveroi</i>            | 0         | 0         | 0        | 0          | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 1         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 1           |
| <i>S. (Psaroniocompsa) sp.</i> | 0         | 0         | 0        | 1          | 0         | 0          | 5          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 6           |
| <i>S. (Inaequalium) sp.</i>    | 0         | 0         | 0        | 0          | 0         | 0          | 1          | 0          | 0          | 0          | 0         | 0        | 2         | 0         | 1          | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         | 0                  | 0         | 0         | 4           |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>25</b> | <b>13</b> | <b>0</b> | <b>212</b> | <b>38</b> | <b>191</b> | <b>675</b> | <b>545</b> | <b>210</b> | <b>156</b> | <b>29</b> | <b>0</b> | <b>60</b> | <b>11</b> | <b>184</b> | <b>59</b> | <b>48</b> | <b>64</b> | <b>124</b> | <b>19</b> | <b>38</b> | <b>104</b> | <b>80</b> | <b>18</b>          | <b>23</b> | <b>32</b> | <b>2958</b> |
| <b>TOTAL DE ESPÉCIES</b>       | <b>7</b>  | <b>2</b>  | <b>x</b> | <b>14</b>  | <b>7</b>  | <b>7</b>   | <b>16</b>  | <b>15</b>  | <b>13</b>  | <b>12</b>  | <b>4</b>  | <b>x</b> | <b>6</b>  | <b>2</b>  | <b>11</b>  | <b>8</b>  | <b>3</b>  | <b>7</b>  | <b>8</b>   | <b>6</b>  | <b>3</b>  | <b>3</b>   | <b>5</b>  | <b>4</b>           | <b>3</b>  | <b>6</b>  |             |





**Figura 7:** Gráfico com as espécies que ao final do trabalho totalizaram mais de 100 espécimes coletados, nos 14 pontos estabelecidos, nos períodos pré, durante e pós-instalação da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil



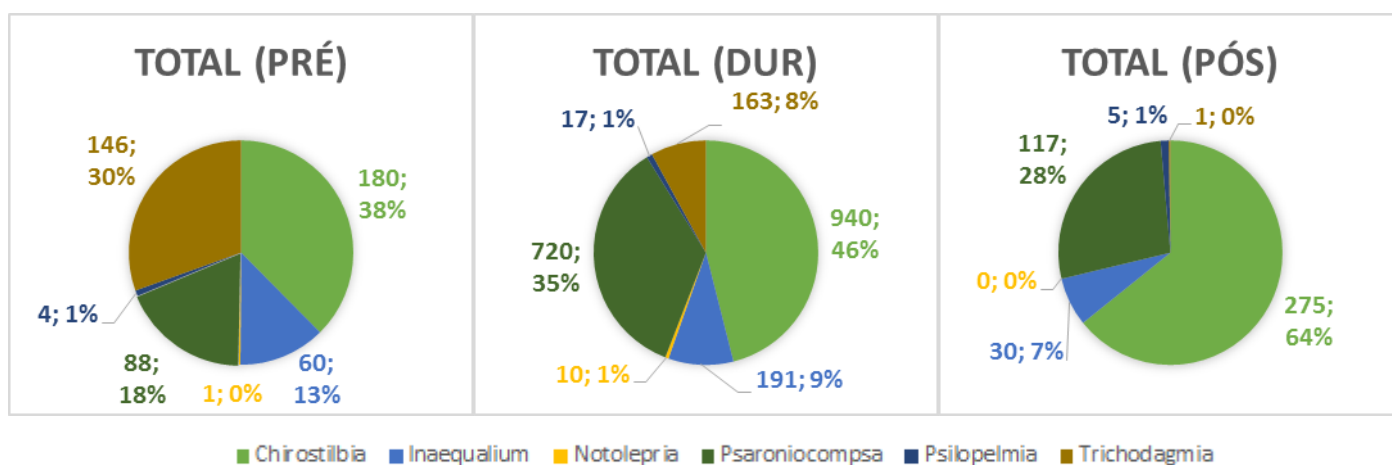
**Figura 8:** Gráfico representativo do total de espécimes coletados por campanha, nos 14 pontos pré estabelecidos, nas fases de instalação da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil

## 6.1 Subgêneros e seus representantes

Devido ao grande número de espécies coletadas, foi necessário agrupá-las de acordo com seus subgêneros (Tabela 6), para uma melhor visualização de sua aclimação conforme a fase da construção da usina (Figura 9).

**Tabela 6:** Agrupamento de espécies coletadas de acordo com seus subgêneros e seu total correspondente à cada fase de construção da UHE Peixe-Angical, 2004 – 2008, Tocantins, Brasil

| Subgênero      | Espécie                        | Total (PRÉ) | Total (DUR) | Total (PÓS) |
|----------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Chirostilbia   | <i>S. papaveroi</i>            | 0           | 1           | 0           |
|                | <i>S. pertinax</i>             | 0           | 44          | 4           |
|                | <i>S. spinibranchium</i>       | 20          | 30          | 0           |
|                | <i>S. subpallidum</i>          | 160         | 865         | 271         |
| Inaequalium    | <i>S. inaequale</i>            | 45          | 47          | 6           |
|                | <i>S. subnigrum</i>            | 15          | 140         | 24          |
|                | <i>S. (Inaequalium) sp.</i>    | 0           | 4           | 0           |
| Notolepria     | <i>S. cuasiexiguum</i>         | 1           | 3           | 0           |
|                | <i>S. exiguum</i>              | 0           | 7           | 0           |
| Psaroniocompsa | <i>S. incrustatum</i>          | 21          | 144         | 31          |
|                | <i>S. jujuyense</i>            | 20          | 117         | 69          |
|                | <i>S. limbatum</i>             | 2           | 11          | 9           |
|                | <i>S. minusculum</i>           | 39          | 135         | 3           |
|                | <i>S. oyapockense</i>          | 2           | 270         | 4           |
|                | <i>S. siolii</i>               | 3           | 38          | 1           |
|                | <i>S. (Psaroniocompsa) sp.</i> | 1           | 5           | 0           |
| Psilopelmia    | <i>S. perflavum</i>            | 4           | 17          | 5           |
| Trichodagmia   | <i>S. brachycladum</i>         | 1           | 1           | 0           |
|                | <i>S. guianense</i>            | 17          | 18          | 0           |
|                | <i>S. nigrimanum</i>           | 119         | 128         | 1           |
|                | <i>S. rubrithorax</i>          | 9           | 16          | 0           |



**Figura 9:** Gráficos com a distribuição dos subgêneros de acordo com a fase de construção da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil

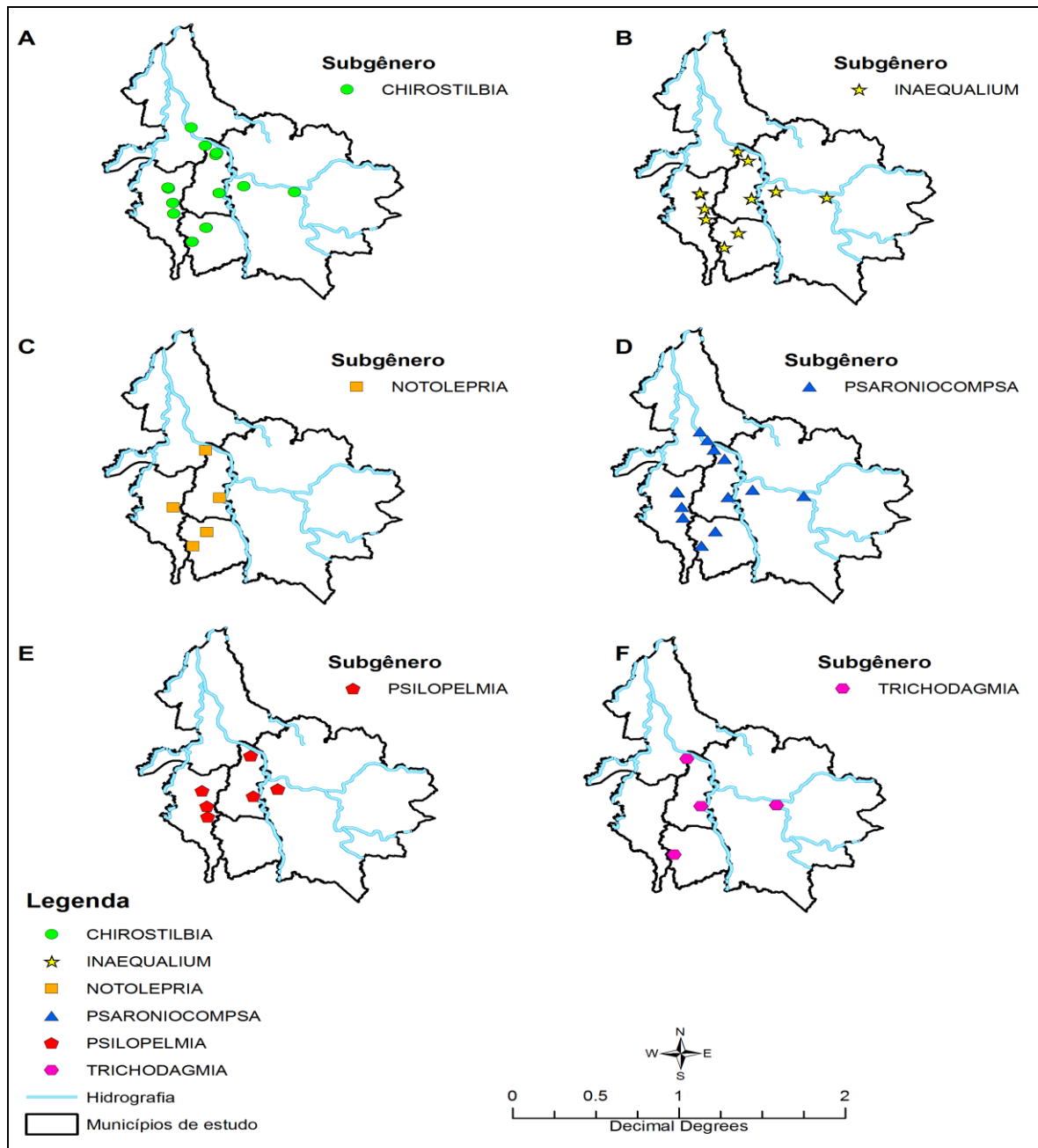
A distribuição dos subgêneros variou de acordo com a fase da construção da usina, tornando possível a observação do comportamento e adaptação das espécies encontradas no estudo. Espécies pertencentes ao subgênero *Notolepria* e *Psilopelmia* não apresentaram quantidade suficiente de exemplares para serem analisados; entretanto o subgênero *Trichodagmia* chamou a atenção pelo fato de no momento anterior à construção da usina ter sido um dos mais abundantes e à medida que a usina foi se estabelecendo, sua população decaiu e, assim que a usina entrou em funcionamento, sua população tornou-se nula. Já o subgênero *Chirostilbia* se comportou de maneira oposta, pois sua frequência se tornou proporcionalmente maior em relação aos outros subgêneros de acordo com as fases de construção da hidrelétrica. O gênero que mais se mostrou estável à alteração causada pela obra, foi *Inaequalium*, pois suas proporções permaneceram constantes ao longo de todo o processo da construção. Ainda se tratando de estabilidade, o subgênero *Psaroniocompsa* embora tenha apresentado variações em relação às fases da obra, durante o processo de construção, sua população aumentou, e logo em seguida, quando a usina entrou em operação sua população retornou ao estado de equilíbrio inicial (período pré-instalação da usina).

## **6.2 Distribuição espacial dos subgêneros**

A distribuição espacial também foi representada através dos subgêneros, sem discriminação dos períodos de construção da hidrelétrica, possibilitando uma melhor visualização do arranjo das espécies no ambiente durante todo o estudo (Figura 10). Assim, o mapeamento foi feito a partir dos 14 pontos de coleta positivos para simulídeos estabelecidos para este trabalho, onde os subgêneros *Chirostilbia* e *Psaroniocompsa* estiveram presentes em 13 desses pontos; *Inaequalium*, 11; *Notolepria*, 5; *Psilopelmia*, 6 e; *Trichodagmia*, 4 pontos (Tabela 7). Ao nível de espécies coletadas nos 14 sítios determinados, uma tabela foi gerada para uma melhor análise (Tabela 8). Num panorama geral, a maior parte das espécies coletadas tiveram sua distribuição de forma equivalente, concentrando-se, principalmente, na divisa dos municípios de Paranã, Peixe e São Salvador do Tocantins.

**Tabela 7:** Subgêneros e seus respectivos pontos onde foram coletados ao longo de todas as fases estabelecidas neste estudo (pré-construção, durante e pós-construção da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil)

| Subgênero    | Pontos positivos   | Subgênero      | Pontos positivos   |
|--------------|--|----------------|--|
| Chirostilbia | EN10, EN15, EN24, EN25, EN85, EN124, EN131, EN134, EN139, EN143, EN145, ENP1, ENP6 | Psaroniocompsa | EN10, EN15, EN25, EN85, EN124, EN131, EN134, EN139, EN143, EN145, ENP1, ENP5, ENP6 |
| Inaequalium  | EN10, EN15, EN25, EN85, EN124, EN131, EN134, EN143, EN145, ENP1, ENP6              | Psilopelmia    | EN15, EN24, EN124, EN143, EN145, ENP1  |
| Notolepria   | EN85, EN134, EN143, ENP1, ENP6   | Trichodagmia   | EN131, EN134, ENP1, ENP6   |



**Figura 10:** Mapas com a distribuição espacial dos subgêneros nos pontos positivos para Simuliidae ao longo da construção da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil, com sua hidrografia. **A.** Distribuição espacial geral do subgênero Chirostilbia. **B.** Distribuição espacial geral do subgênero Inaequalium. **C.** Distribuição espacial geral do subgênero Notolepria. **D.** Distribuição espacial geral do subgênero Psaroniocompsa. **E.** Distribuição espacial geral do subgênero Psilopelmia. **F.** Distribuição espacial geral do subgênero Trichodagmia

**Tabela 8:** Sítios de coleta e suas respectivas espécies ocorrentes ao longo de todas as fases estabelecidas neste estudo (pré-construção, durante e pós-construção da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil)

| Pontos | Espécies   | Total de espécies |
|--------|--|-------------------|
| EN10   | <i>S. inaequale</i> , <i>S. incrustatum</i> , <i>S. jujuyense</i> , <i>S. limbatum</i> , <i>S. siolii</i> ,<br><i>S. subpallidum</i>   | 6                 |
| EN15   | <i>S. inaequale</i> , <i>S. incrustatum</i> , <i>S. jujuyense</i> , <i>S. limbatum</i> , <i>S. minusculum</i> ,<br><i>S. perflavum</i> , <i>S. subnigrum</i> , <i>S. subpallidum</i> , <i>S. (Psaroniocompsa) sp.</i>  | 9                 |
| EN24   | <i>S. perflavum</i> , <i>S. pertinax</i> , <i>S. subpallidum</i>   | 3                 |
| EN25   | <i>S. inaequale</i> , <i>S. incrustatum</i> , <i>S. jujuyense</i> , <i>S. limbatum</i> , <i>S. siolii</i> ,<br><i>S. subnigrum</i> , <i>S. subpallidum</i>   | 7                 |
| EN85   | <i>S. cuasiexiguum</i> , <i>S. exiguum</i> , <i>S. inaequale</i> , <i>S. incrustatum</i> , <i>S. jujuyense</i> ,<br><i>S. limbatum</i> , <i>S. minusculum</i> , <i>S. subnigrum</i> , <i>S. subpallidum</i> ,<br><i>S. (Psaroniocompsa) sp.</i>  | 10                |
| EN124  | <i>S. inaequale</i> , <i>S. incrustatum</i> , <i>S. limbatum</i> , <i>S. minusculum</i> , <i>S. perflavum</i> ,<br><i>S. subnigrum</i> , <i>S. subpallidum</i> , <i>S. (Inaequalium) sp.</i>   | 8                 |
| EN131  | <i>S. guianense</i> , <i>S. incrustatum</i> , <i>S. jujuyense</i> , <i>S. limbatum</i> , <i>S. minusculum</i> ,<br><i>S. nigrimanum</i> , <i>S. oyapockense</i> , <i>S. subnigrum</i> , <i>S. subpallidum</i>  | 9                 |
| EN134  | <i>S. cuasiexiguum</i> , <i>S. exiguum</i> , <i>S. incrustatum</i> , <i>S. jujuyense</i> , <i>S. limbatum</i> ,<br><i>S. nigrimanum</i> , <i>S. papaveroi</i> , <i>S. spinibranchium</i> , <i>S. subnigrum</i> ,<br><i>S. subpallidum</i> , <i>S. (Inaequalium) sp.</i> , <i>S. (Psaroniocompsa) sp.</i>           | 12                |
| EN139  | <i>S. minusculum</i> , <i>S. oyapockense</i> , <i>S. subpallidum</i>   | 3                 |
| EN143  | <i>S. cuasiexiguum</i> , <i>S. inaequale</i> , <i>S. incrustatum</i> , <i>S. jujuyense</i> ,<br><i>S. minusculum</i> , <i>S. perflavum</i> , <i>S. siolii</i> , <i>S. subnigrum</i> , <i>S. subpallidum</i>  | 9                 |
| EN145  | <i>S. inaequale</i> , <i>S. incrustatum</i> , <i>S. jujuyense</i> , <i>S. perflavum</i> , <i>S. pertinax</i> ,<br><i>S. siolii</i> , <i>S. subnigrum</i> , <i>S. subpallidum</i>   | 8                 |
| ENP1   | <i>S. brachycladum</i> , <i>S. exiguum</i> , <i>S. inaequale</i> , <i>S. incrustatum</i> ,<br><i>S. nigrimanum</i> , <i>S. perflavum</i> , <i>S. pertinax</i> , <i>S. rubrithorax</i> , <i>S. siolii</i> ,<br><i>S. spinibranchium</i> , <i>S. subnigrum</i> , <i>S. subpallidum</i> , <i>S. (Inaequalium) sp.</i> | 13                |
| ENP5   | <i>S. minusculum</i>   | 1                 |
| ENP6   | <i>S. exiguum</i> , <i>S. guianense</i> , <i>S. inaequale</i> , <i>S. incrustatum</i> , <i>S. jujuyense</i> ,<br><i>S. minusculum</i> , <i>S. nigrimanum</i> , <i>S. oyapockjense</i> , <i>S. subnigrum</i> ,<br><i>S. subpallidum</i> , <i>S. (Psaroniocompsa) sp.</i>  | 11                |

### 6.3 Distribuição das espécies de simulídeos e sua relação com as variáveis ambientais

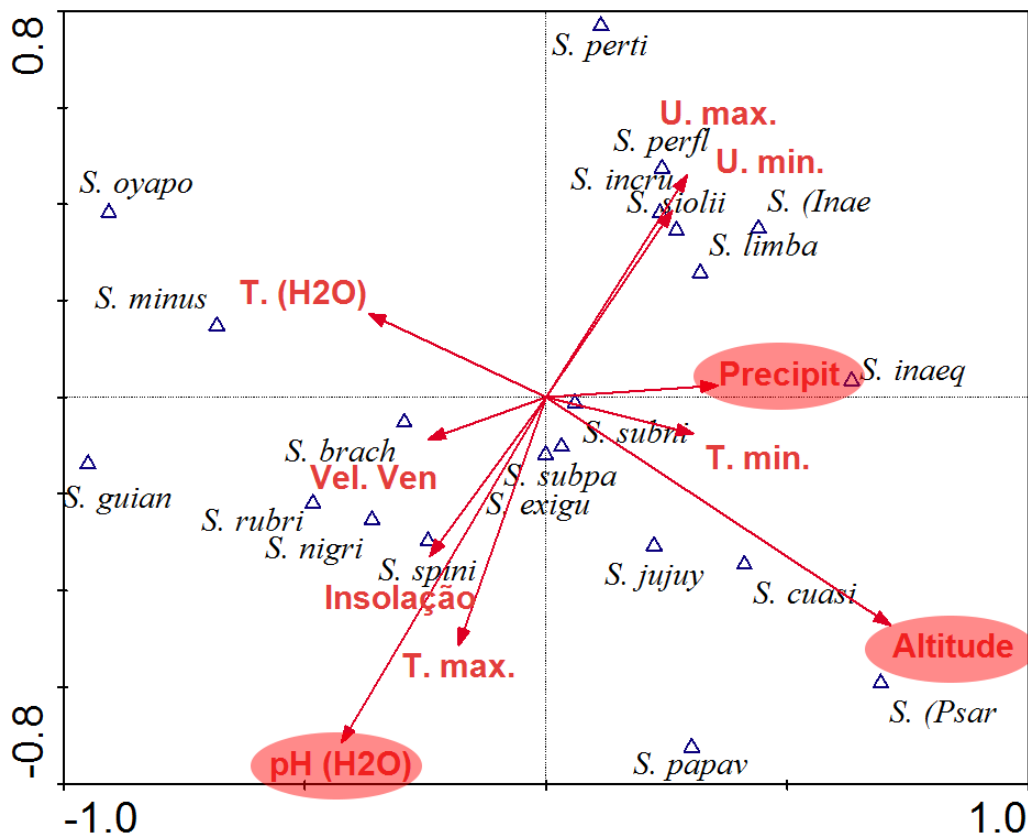
Para a realização desta análise, os dados obtidos nas três fases de coleta realizadas no estudo (pré-construção, durante e pós-construção) foram agregados e analisados como um todo, a fim de se visualizar a distribuição das espécies de acordo com as variáveis ambientais.

Para os espécimes utilizados neste trabalho, que foram aqueles em fase de pupa e pupas emergidas (adultos), a análise de correspondência canônica (CCA) demonstrou que de dez variáveis ambientais atmosféricas (velocidade do vento, precipitação, temperatura máxima e mínima do ambiente, umidade máxima e mínima, insolação, pH da água, temperatura da água e altitude), três apresentaram-se significativas para o desenvolvimento, sobrevivência e dispersão de algumas espécies de simulídeos (Tabela 9; Figura 11).

**Tabela 9:** Variáveis ambientais atmosféricas utilizadas para análise de correspondência canônica para distribuição de espécies capturadas por campanhas em áreas sobre influência da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil, ao longo de todas as fases estabelecidas neste estudo (pré-construção, durante e pós-construção)

| Variáveis               | p-valor |
|-------------------------|---------|
| T° C mín.               | 0.4701  |
| T° máx.                 | 0.5931  |
| U. mín.                 | 0.2943  |
| U. máx.                 | 0.1154  |
| Insolação (h)           | 0.3003  |
| Precipitação (mm)       | *0.0196 |
| Vel. Vento (m/s)        | 0.0646  |
| pH (H <sub>2</sub> O)   | *0.0002 |
| T° C (H <sub>2</sub> O) | 0.2336  |
| Altitude                | *0.0002 |

\*Variáveis significativas ( $p\text{-valor} \leq 0,05$ )



**Legenda:** “*S. brach*” = “*Simulium brachycladum*”; “*S. cuase*”=“*S. cuasexiguum*”; “*S. exigu*” = “*S. exiguum*”; “*S. guian*” = “*S. guianense*”; “*S. inaeq*” = “*S. inaequale*”; “*S. incru*” = “*S. incrustatum*”; “*S. jujuy*” = “*S. jujuyense*”; “*S. limba*” = “*S. limbatum*”; “*S. minus*” = “*S. minusculum*”; “*S. nigri*” = “*S. nigrimanum*”; “*S. oyapo*” = “*S. oyapockense*”; “*S. papav.*” = “*S. papaveroi*”; “*S. perfl*” = “*S. perflavum*”; “*S. perti*” = “*S. pertinax*”; “*S. rubri*” = “*S. rubrithorax*”; “*S. sioli*” = “*S. siolii*”; “*S. spini*” = “*S. spinibranchium*”; “*S. subni*” = “*S. subnigrum*”; “*S. subpa*” = “*S. subpallidum*”; “*S. (Inae*” = “*S. (Inaequalium) sp.*”; “*S. (Pсар*” = “*S. (Psaroniocompsa) sp.*”

**Figura 11:** Análise de correspondência canônica (CCA) para a distribuição de espécies em relação às variáveis ambientais em áreas sobre influência da UHE Peixe-Angical, 2004 a 2008, Tocantins, Brasil. Destaque para as variáveis significativas ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ )

As variáveis ambientais que influenciaram diretamente no comportamento e na distribuição das espécies durante o estudo foram o pH da água, a precipitação e a altitude. Enquanto que *S. guianense*, *S. brachycladum*, *S. rubrithorax*, *S. nigrimanum* e *S. spinibranchium* foram as espécies mais presentes em ambientes com o pH mais baixo, *S. pertinax*, *S. perflavum*, *S. incrustatum*, *S. siolii*, *S. limbatum* e *S. (Inaequalium) sp.* sofrem maior influência em ambientes com o pH mais básico. Em relação à altitude, sete espécies toleram altitudes mais baixas: *S. subnigrum*, *S. subpallidum*, *S. exiguum*, *S. jujuyense*, *S. cuasiexiguum*, *S. papaveroi* e *S. (Psaroniocompsa) sp.* e duas, lugares com altitude mais elevadas: *S. oyapockense* e *S. minusculum*. A terceira e última variável

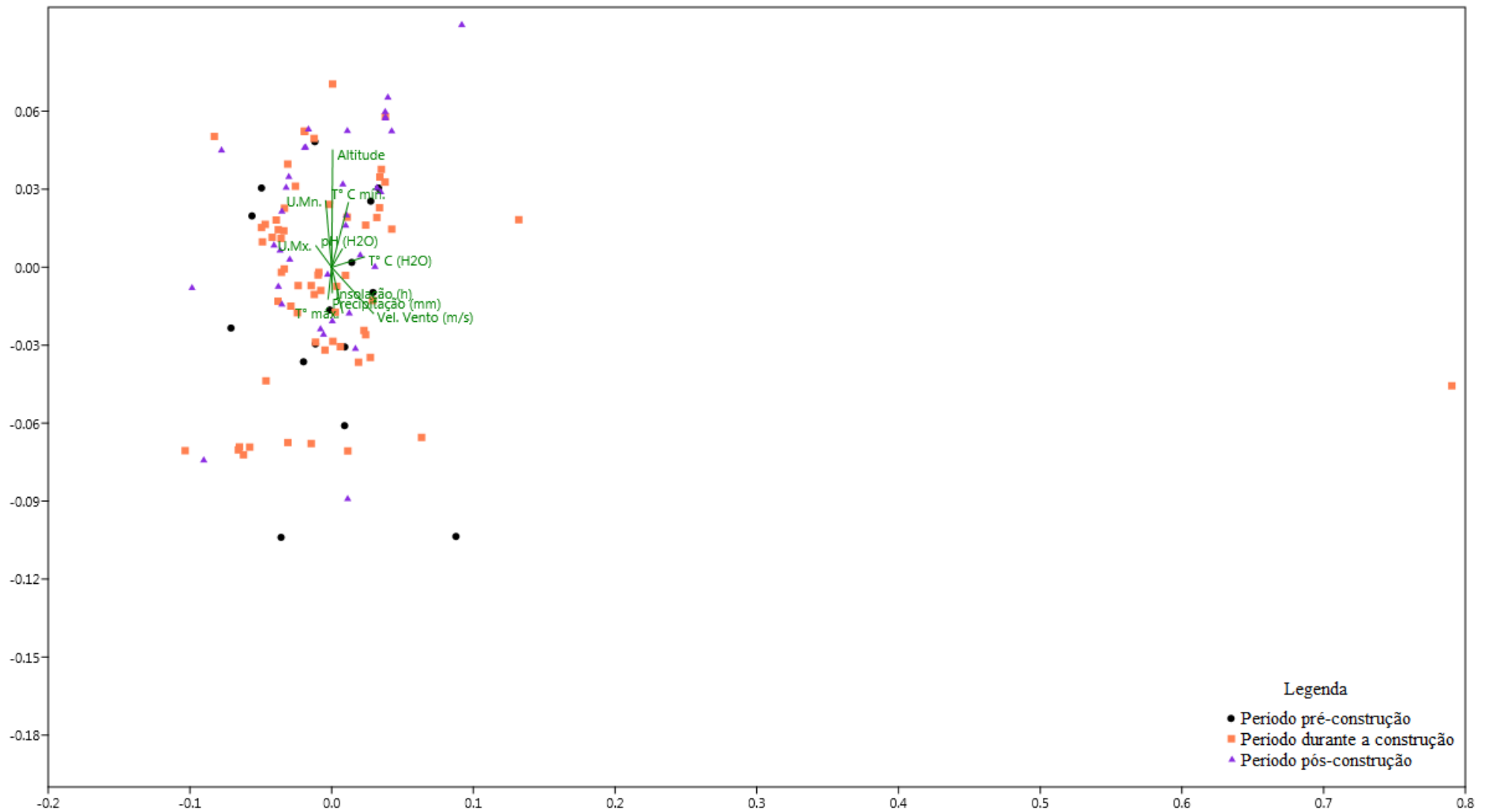
significativa foi a precipitação, onde *S. inaequale* admite maiores proporções de chuva, ao passo que *S. brachycladum*, *S. guianense* e *S. rubrithorax*, menores.

#### **6.4 Diferenças estruturais das comunidades de simulídeos nos períodos de construção da UHE Peixe-Angical**

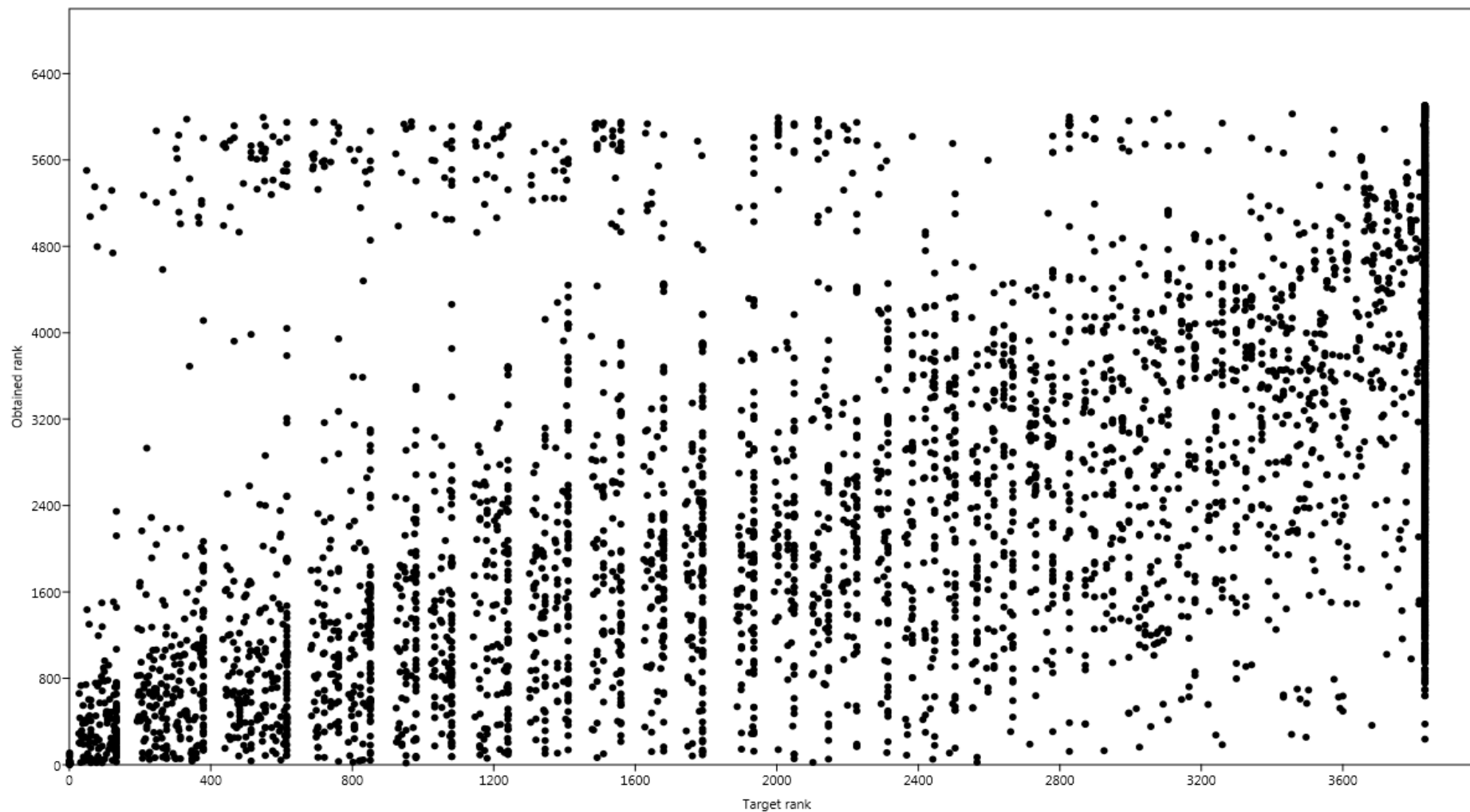
Nesta análise, os dados obtidos nas três fases de coleta realizadas no estudo (pré, durante e pós-construção) foram executados com o intuito de investigar possíveis alterações estruturais sofridas pelas comunidades no decorrer da estruturação do empreendimento, além de avaliar as variações ambientais nas taxocenoses.

Com o objetivo de ordenar as amostras pertencentes aos diferentes períodos da construção da UHE Peixe Angical foi utilizado um escalonamento multidimensional não métrico com o índice de Bray-Curtis ( $stress = 0,4107$ ), o qual não demonstrou diferenças significativas estruturais entre as comunidades de simulídeos dos diferentes períodos (Figuras 12 e 13).





**Figura 12:** Diagrama de ordenação do tipo Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS) construído a partir do índice de dissimilaridade de Bray-Curtis para coletas nos três períodos abrangidos pelo presente estudo (Pré-construção, durante a construção e pós-construção da UHE Peixe Angical) dos anos de 2004 a 2008, Tocantins, Brasil



**Figura 13:** Diagrama de Shepperd indicando o stress de 0,4107 observado pelo Escalonamento Multidimensional não-métrico (NMDS) utilizado para a ordenação das coletas dos três períodos abrangidos pelo presente estudo (Pré-construção, durante a construção e pós-construção da UHE Peixe Angical) dos anos de 2004 a 2008, Tocantins, Brasil

## 7. DISCUSSÃO

---

Ao estudar a distribuição de espécies de simulídeos nos rios Werra e Ruhr, na Alemanha (LAUTENSCHLÄGER & KIEL, 2005) e em áreas de agricultura na Tailândia (PRAMUAL & KUVANGKADILOK, 2009), foi possível observar que tanto a abundância quanto a riqueza dos simulídeos podem ser alteradas de acordo com as características dos seus habitats. Do mesmo modo, KAZANCI & ERTUNÇ (2010), ao avaliar a distribuição da fauna de simulídeos no rio Yeşilirmak, na Turquia, concluíram que em diferentes pontos do rio, de acordo com a presença de determinadas espécies de borrachudos, a qualidade da água e do ambiente poderia ser avaliada.

Muitos trabalhos constataam que as alterações das características abióticas e a composição das assembleias de simulídeos estão diretamente relacionados, possibilitando assim, uma previsão das espécies ocorrentes em função das variáveis ambientais (GRILLET & BARRERA 1997; HAMADA et al 2002; MCCREADIE & ADLER 1998; MCCREADIE et al 2006). O pH da água, sua condutividade e a altitude do local são os três fatores ambientais que na maioria dos casos estão correlacionados na distribuição dos simulídeos da região Neotropical, principalmente no Brasil (HAMADA & MCCREADIE, 1999; HAMADA et al, 2002; MCCREADIE et al, 2004; LANDEIRO et al, 2009; FIGUEIRÓ et al, 2012).

A análise de correspondência canônica utilizada neste trabalho, demonstra a correlação dos fatores abióticos (temperatura do ambiente, temperatura da água, pH, umidade, precipitação, velocidade do vento, insolação e altitude) com a distribuição espacial das espécies, de acordo com todas as fases de construção da UHE Peixe-Angical e, através dessa análise, foi possível observar a forte relação entre as espécies *S. inaequale* e *S. perflavum*, verificando sua proximidade no diagrama de ordenação e como estão diretamente influenciadas pela umidade e precipitação, corroborando com os dados analisados por SANTOS et al. (2010), onde verificou-se que além desses pontos comuns, ambas as espécies coexistem nos mesmos criadouros, sendo muito representativos em criadouros com sítios rasos, estreitos, modificados e expostos à luz solar, assim como também estão presentes em vertedouros e escoadouros de represas, ocorrendo em altas densidades (COSCARÓN 1991, STRIEDER & PY-DANIEL 1999, HAMADA & MCCREADIE 1999).

De acordo com os resultados da análise de correspondência canônica aqui apresentados, três fatores foram registrados como importantes em associação à riqueza e

distribuição dos simulídeos: o pH da água, a altitude e a precipitação; respaldando os resultados obtidos por LANDEIRO et al. (2009) e outros autores (HAMADA & MCCREADIE, 1999; HAMADA et al, 2002; MCCREADIE et al, 2004; MCCREADIE & ADLER, 2006; FIGUEIRÓ et al, 2012; STANGLER et al., 2013). Entretanto, enquanto aqui foi apresentado *S. subpallidum* como a espécie mais abundante, no trabalho de LANDEIRO et al. (2009) a espécie que teve maior abundância foi *S. subnigrum*, muito embora esta espécie também tenha tido uma quantidade de exemplares elevada no presente estudo.

Sobre a espécie *S. subpallidum*, o estudo corrobora com o de BERTAZO & FIGUEIRÓ (2012), onde se mostrou como a espécie mais generalista, por estar presente em todos os ambientes independente da variável abiótica. Além disso, na maioria dos casos, a espécie esteve presente em ambientes com temperaturas mais baixas, assim como *S. incrustatum* e *S. lutzianum*, no artigo de SANTOS et al. (2010), onde foi apresentado que esses organismos se correlacionam em ambientes que apresentam tais características, embora essa última espécie não tenha estado presente neste estudo.

Os exemplares de *S. subnigrum* mostraram-se mais presentes em períodos com baixa intensidade solar, fortalecendo os resultados obtidos por Peppinelli (2003) e COPPO & LOPES (2010). E, embora os resultados encontrados por FIGUEIRÓ et al. (2006) tenham mostrado uma preferência de *S. incrustatum* por ambientes com incidência solar menores, este estudo apresentou o oposto, onde *S. incrustatum* mostrou predileção a uma insolação maior.

HAMADA & MCCREADIE (1999), num estudo sobre a distribuição de *S. perflavum* na Amazônia, observaram que a espécie está associada a ambientes lóticos que possuem o pH mais baixo, de forma contrária, este estudo apresentou a preferência dessa espécie aos ambientes com o maior pH, corroborando com os dados encontrados no estudo de VIVIANI et al (2012), onde o pH básico também foi influente na distribuição dessas espécies.

Em um estudo realizado por MONTEIRO-SANTOS & GORAYEB (2005), com o objetivo de fazer um levantamento das espécies de simulídeos na Amazônia Oriental, mais precisamente devido à construção da Usina Hidrelétrica de Santa Izabel no rio Araguaia, oito espécies foram registradas - *S. spinibranchium*, *S. subpallidum*, *S. rorotaense*, *S. minusculum*, *S. iracouboense*, *S. perflavum*, *S. (Chirostilbia) sp1* e *sp2* - e para todas elas a temperatura da água foi um fator importante na influência da variação populacional e no desenvolvimento das espécies. No presente estudo, duas dessas espécies apresentadas (*S.*

*minusculum* e *S. subpallidum*) também tiveram a temperatura da água como um fator influente.

COUCEIRO et al (2014) a fim de relacionar o padrão de distribuição de simúldeos de acordo com sua disposição geográfica e variável ambiental, utilizou a análise de correspondência canônica (CCA) para classificar os rios e as assembleias de simúldeos dependendo das variáveis ambientais e geográficas, correlacionando longitude, latitude e altitude para as variáveis geográficas e, presença ou ausência de vegetação, pH, condutividade, temperatura da água e profundidade do rio para as variáveis ambientais. Foram coletadas 18 espécies, dentre as quais 10 também estiveram presentes nesse estudo: *S. subnigrum*, *S. pertinax*, *S. subpallidum*, *S. incrustatum*, *S. jujuyense*, *S. rubrithorax*, *S. perflavum*, *S. minusculum*, *S. spinibranchium* e *S. inaequale*. Em relação ao pH, as espécies *S. jujuyense* e *S. pertinax* mostraram uma predileção por ambientes onde este era mais básico, entretanto, neste trabalho, somente a espécie *S. pertinax* esteve presente nos ambientes com essas características. E, embora no estudo de COUCEIRO et al (2014) a espécie *S. incrustatum* tenha sido observada em ambientes com o pH mais ácido, o contrário foi visto no presente estudo.

Corroborando com as pesquisas de STRIEDER et al. (2002), STRIEDER (2002) e COUCEIRO et al. (2014), as espécies *S. subpallidum*, *S. incrustatum* e *S. subnigrum* foram as encontradas em maior abundância e, embora esses autores também citem *S. pertinax* como uma espécie abundante, além de correlacioná-las com os danos causados no ambiente pelo homem, principalmente em áreas rurais (STRIEDER & CORSEUIL, 1992; HAMADA et al., 2006b), nas áreas ao entorno da construção da UHE Peixe-Angical, essa espécie não foi encontrada em números muito significativos.

Nos rios do estado do Rio Grande do Sul que foram avaliados por COUCEIRO et al. (2014), a média de distribuição dos borrachudos foi de 4,25 ( $\pm 1,7$ ), onde o mínimo de uma espécie e o máximo de nove ocorreram em um único sítio, corroborando com os valores encontrados por LANDEIRO et al. (2009). Já o trabalho aqui apresentado, demonstrou valores diferentes, pois a média de espécies encontradas nos pontos de coleta foi de 7,78 ( $\pm 3,5$ ), tendo uma variação de no mínimo uma e no máximo treze espécies em um único sítio, dos 14 quantificados, sendo considerado como um alto valor em comparação a outros trabalhos já publicados, além dos dois primeiros citados acima (HAMADA et al., 2002, PEPINELLI et al., 2005).

Construções de grandes empreendimentos, assim como uma usina hidrelétrica, causam danos físicos e biológicos ao meio ambiente (MYBURGH & NEVILL, 2003). Em

um estudo realizado no Sudão durante a construção da maior hidrelétrica do país (Barragem de Merowe) (ZARROUG et al., 2014), o impacto causado principalmente à população de *S. hamedense*, fez com que as incidências de oncocercose aumentassem ao entorno da área. Além disso, outros impactos negativos como a perda de vegetação, mudanças no fluxo d'água, problemas de saúde na população local e nos operários (AKOGUN & ONWULIRI, 1991; ABDULLAHI & OYEYI, 2003), e fatores socioambientais tendem a acontecer (GIRMAY, 2006). Por vezes, devido ao homem expelir dióxido de carbono e outros odores, alguns insetos vetores são atraídos e os picam, podendo transmitir agentes causadores de doenças (EZUGBO-NWOBI & ENEANYA, 2013).

A influência humana causada, principalmente, em áreas de rios ou próxima a eles, tem se mostrado algo *sui generis* e quase sempre um caminho sem volta, afetando a todas as comunidades presentes naquele habitat. Um exemplo disso é a presença de borrachudos em algumas áreas no norte da Bélgica, onde há água corrente e sua ausência em ambientes onde muitas vezes ocorreram-se alterações causadas pelo homem (LOCK et al., 2014), principalmente nos locais em que foram construídos açudes para o controle das enchentes e centenas de quilômetros de bancos artificiais implantados, modificando a integridade estrutural da superfície da água (VMM, 2009a).

Um outro fator que também influencia diretamente na presença ou ausência dos simulídeos e que foi muito bem avaliado por ZHANG et al. em 1998, são as interações bióticas (predação e competição), além dos recursos de alimento (partículas suspensas) para as larvas e também distúrbios no fluxo de água. Os autores constataram que os ambientes que apresentaram uma maior riqueza e abundância de espécies eram caracterizados por um grande número de pequenas partículas suspensas e, que em grandes mudanças no fluxo d'água, tanto a predação quanto a competição se alteravam, afetando de forma direta as comunidades de simulídeos, embora sua recolonização tenha ocorrido de forma rápida. Portanto, esses organismos também podem ser utilizados como indicadores do grau de impacto causado na regulação do fluxo dos ecossistemas presentes nos rios.

O que muitos não veem é que os borrachudos não são organismos que podem causar somente o mal, pois além de regularem o fluxo de comunidades aquáticas (cadeia alimentar), quando adultos, eles também agem como seres polinizadores e servem como alimento para animais insetívoros, estando mais uma vez presentes na regulação da cadeia alimentar (MALMQVIST et al., 2004).

Ainda na revisão feita por MALMQVIST et al. (2004), a questão das partículas suspensas na água que atuam como fonte de alimento para os simúlídeos, foram relacionadas como fonte de energia também para outros seres aquáticos (invertebrados e vertebrados). Conforme a densidade das larvas de borrachudos aumenta, seus sedimentos fecais, obviamente, também aumentam, podendo reter material orgânico presente naquele habitat, provendo nutrientes para os invertebrados e microrganismos ali existentes, potencializando a fertilização das margens dos rios MALMQVIST et al. (2001, 2004).

Em 1987, ROBERTS & OKAFOR, realizaram um trabalho que explicava a distribuição das larvas de borrachudos de acordo com a velocidade da correnteza do rio. De forma similar, em 1996, MALMQVIST & SACKMANN, publicaram um artigo que relacionava o gradiente de velocidade da correnteza do rio com o risco de predação para os insetos filtradores (larvas de simúlídeos) e, após 27 anos, IVKOVI et al. (2014), mesmo em países diferentes, também concluíram que a temperatura da água e a disponibilidade de alimentos para esses organismos, afetam diretamente a estrutura da sua comunidade, estando este último item relacionado com a velocidade da correnteza da água (EZUGBO-NWOBI & ENEANYA, 2013), além disso também podem influenciar nas características morfológicas destes seres (ZHANG & MALMQVIST, 1996, 1997; CRAIG, 2003; BERNOTIENE & BARTKEVIVIENE, 2013; FIGUEIRÓ et al., 2015) e, interferirem na alimentação das larvas, que conseqüentemente, afeta na sobrevivência das pupas, isto porque quando nesse estágio, elas não se alimentam, então, se as larvas realizaram uma alimentação carente de nutrientes, as pupas morrem e seu ciclo de vida não se completa (BRENNER & CUPP, 1980; LACOUSIERE & CRAIG, 1992).

Embora nesta dissertação apenas 14 sítios tenham sido selecionados para a avaliação da distribuição de espécies de simúlídeos no período de construção da usina hidrelétrica Peixe-Angical, 216 foi o total de pontos de coleta positivos para simúlídeos, o que representa uma distribuição generalizada destes seres. Do mesmo modo, MALMQVIST et al. (1999) cita o aspecto generalista desses organismos, complementando a sua importância para projetos que avaliam a variação de problemas ecológicos, principalmente nos estudos com larvas, que são muito comuns nas comunidades lóticás.

Alguns biomas apresentam estações bem definidas (seca ou chuvosa). No Brasil, o bioma em que este tipo de clima prevalece é o Cerrado, sendo conhecido como Clima Tropical Sazonal (KLINK & MACHADO, 2005). Nos ambientes em que isso ocorre a avaliação da distribuição dos simúlídeos de acordo com os períodos sazonais geralmente é feita (MALMQVIST, 1994, FIGUEIRÓ et al, 2014), embora este trabalho não tenha

apresentado esse tipo de objetivo, foi possível observar que algumas espécies estiveram presentes conforme os períodos de chuva ou de seca, reforçando ainda a necessidade de mais estudos com borrachudos na área deste bioma.



## 8. CONCLUSÕES

---

- Nossas análises apontam que a interação conjunta de pelo menos três fatores abióticos: pH da água, altitude da superfície terrestre e precipitação pluviométrica é determinante para a composição da riqueza, ocorrência e distribuição específica de Simuliidae.

- O pH é um fator de influência direta e limitante para a riqueza, ocorrência e distribuição específica de Simuliidae em ecossistemas lóticos. As espécies com preferência por ambientes com pH ácido são *Simulium guianense*, *S. brachycladum*, *S. rubrithorax*, *S. nigrimanum*, *S. spinibranchium*, *S. subpallidum* e *S. exiguum*. As espécies com preferência por ambientes com pH básico são *Simulium pertinax*, *S. perflavum*, *S. incrustatum*, *S. siolii*, *S. limbatum*, *S. inaequale* e *S. (Inaequalium)*.

- A altitude da superfície terrestre, por exercer ação na dinâmica da velocidade das águas dos ecossistemas lóticos, é um fator de influência direta para a riqueza, distribuição e ocorrência de Simuliidae. A riqueza específica em altitudes mais baixas é maior do que a riqueza específica de altitudes mais altas, entretanto algumas espécies parecem não sofrer limitação pela altitude. Sete espécies foram encontradas em sítios localizados em altitudes mais baixas - *S. subnigrum*, *S. subpallidum*, *S. exiguum*, *S. jujuyense*, *S. cuasiexiguum*, *S. papaveroi* e *S. (Psaroniocompsa) sp.* Duas espécies foram encontradas em sítios localizados em altitudes mais elevadas - *S. oyapockense* e *S. minusculum*.

- A precipitação pluviométrica, por exercer ação na dinâmica da vazão das águas dos ecossistemas lóticos, é um fator intermitente de influência indireta na composição da riqueza, ocorrência e distribuição específica de Simuliidae. *S. pertinax*, *S. perflavum*, *S. incrustatum*, *S. siolii*, *S. limbatum*, *S. inaequale* e *S. (Inaequalium) sp.* ocorrem quando há aumento dos valores de medição da precipitação em milímetros. *S. guianense*, *S. brachycladum*, *S. rubrithorax*, *S. nigrimanum*, *S. spinibranchium*, *S. subpallidum* e *S. exiguum* ocorrem também na ausência de precipitação.

- *S. subpallidum* é a espécie mais generalista e adaptável do grupo estudado, pois esteve presente em todas as coletas e de forma abundante. Tendo sido encontrada como a espécie em maior abundância, seguida por *S. incrustatum* e *S. subnigrum* na área estudada.
- A insolação não se apresentou como fator significativo para a distribuição das espécies, entretanto observou-se que *S. subnigrum* esteve presente nos períodos de coleta onde a intensidade solar foi baixa, enquanto que *S. incrustatum* ocorreu quando a insolação foi mais intensa. *S. minusculum* e *S. oyapockense* foram as espécies mais influenciadas pelas temperaturas da água dos rios.
- Houve uma variação das espécies de acordo com algumas características dos ambientes lóticos neste estudo. Conhecer sua riqueza e distribuição torna-se essencial, pois somente dessa maneira é possível que se desenvolva um plano de manejo ideal para que haja uma conservação dos recursos aquáticos.

## 9. REFERÊNCIAS

---

- ABDULLAHI, Y.M. & OYEYI, T.I. Current status of Onchocerciasis in Tudun Wada Doguwa Local Government Areas of Kano State. **Nigerian Journal of Parasitology** 24:77-88, 2003.
- ABURAYA, F.H & CALLIL, C.T. Variação temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) no Alto Rio Paraguai (Cáceres, Mato Grosso, Brasil). **Rev. Bras. Zool.** 24 (3): 565-572, 2007.
- ADAMI, Y.L.; RODRIGUES, G.P.; ALVES, M.C.; MORAES, M.A.P.; BANIC, D.M.; MAIA-HERZOG, M. New records of *Mansonella ozzardi*: a parasite that is spreading from the state of Amazonas to previously uninfected areas of the state of Acre in the Purus River region. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** (Impresso), v. 109, p. 87-92, 2014.
- ADAMI, Y.L.; MORAES, M.A.P.; LANFREDI, R.M.; MAIA-HERZOG, M. An atypical microfilaria in blood samples from inhabitants of Brazilian Amazon. **Parasitology Research**, 104 (1), p.95-99, 2008.
- ADLER, P. & CROSSKEY, R.W. **World Black Flies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory [2015]**. 123p. 2015.
- \_\_\_\_\_. **World Black Flies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory [2009]**. 109p. 2009.
- ADLER, P. H., CURRIE, D. C. & WOOD, D. M. 2004. **The Black flies (Simuliidae) of North America**. Cornell University Press, Ithaca, New York, 941 pp.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia**. Brasília: ANA, 2015. Disponível em <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/TocantinsAraguaia.aspx>> Acesso em: 18/iii/2015; 12:21.
- \_\_\_\_\_. **A navegação interior e sua interface com o setor de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2005.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, 2002. 153p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (Brasil). **Relatório Executivo – Bacia do Tocantins-Araguaia: Plano Nacional de Integração Hidroviária – Desenvolvimento de Estudos e Análises das Hidrovias Brasileiras e suas Instalações Portuárias com Implantação de Base de Dados Georreferenciada e Sistema de Informações Geográficas**. 34p., 2013.
- AKOGUN, O.B. & ONWULURI, C.O. Hyperendemic onchocerciasis in the Taraba valley of Gongola State (Old Adamawa Province), Nigeria. **Annales de Parasitologie Humaine et Comparee** 6(1): 22-26, 1991.
- AMARAL-CALVÃO, A. M. R. & MAIA-HERZOG, M. Coleção de simulídeos (Diptera: Simuliidae) de Adolpho Lutz, sua história e importância. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, vol. 10 (1): 259-271, 2003.
- ANBALAGAN, S.; PRASANNA, A. V.; DINAKARAN, S.; KRISHNAN, M. Molecular Phylogeny and Vector Potencial of Black Flies (Diptera: Simuliidae) in India. **Int. J. Adv. Lif. Sci.**, 6 (5): 470-479, 2013.

- ANDERSON, G.R. 1961. Isolation virus from Diptera in Wisconsin. **Mosq. News**, 21: 224-228.
- BABA, M. & H. TAKAOKA. Oviposition habitats of a univoltine blackfly, *Prosimulium Kiotoense* (Diptera: Simuliidae), in Kyushu, Japan. **Medical and Veterinary Entomology**. V. 5: 351-357, 1991.
- BEARZOTI, P.; LANE, E.; MENEZES JR., J. Relato de um caso de oncocercose adquirido no Brasil. **Rev. Paulista de Med.**, 70: 102, 1967.
- BERTAZO, K. & FIGUEIRÓ, R. 2012. **Spatial distribution of black fly (Diptera: Simuliidae) immatures in a water current velocity gradient in Aracruz/ES, Brazil**. *Rev. de Ci. da Vida, RJ, EDUR*, v.32, n2, jul/dez, p.91-101.
- BLACKLOCK, D.B. 1926. The development of *Onchocerca volvulus* in *Simulium damnosum*. **Ann. Trop. Med. Parasitol.**, 20: 1-48.
- BORGES, R. S. & SILVA, V. P. Usinas Hidrelétrica no Brasil: a relação de afetividades dos atingidos com os lugares inundados pelos reservatórios. **Caminhos da Geografia**, v. 12, n. 40, p. 222-231, 2011.
- BRANCO, B. C.; CHAMON, W.; BELFORT, R.; BELFORT JR., R.; COSTA, A. J. A. Achados oculares entre habitantes do Município de Pauini e possível associação entre lesões corneanas e mansonelose na Amazônia. **Arq. Bras. Oftalmol.** 61 (6): 647-682, 1998.
- BRENNER R.J. & AND CUPP, E.W. Rearing black flies (Diptera: Simuliidae) in a closed system of water circulation. **Tropenmed. Parasitol.** 31: 247 -258, 1980
- CAMPOS, J. A. Semana de combate ao "Fogo Selvagem". **Revista dos Tribunais**, São Paulo, 1939.
- \_\_\_\_\_. Pênfigo foliáceo (Fogo-Selvagem): Aspectos clínicos e epidemiológicos. **Melhoramentos**, São Paulo, 1942.
- CARVALHO, T. M. Síntese de campo do trecho Peixe a Ipueiras, rio Tocantins: uma contribuição à Exploratória Rio Tocantins. **Revista Espaço Acadêmico**, n.95, 2009. Disponível em <<http://www.espacoacademico.com.br/095/95carvalho.pdf>> Acesso em: 18/iii/2015; 15:40
- CASTEX, M.; FUENTES, O.; MARQUEST, M.C. Algunas observaciones sobre los sitios de cria del *Simulium quadrivittatum* loew, 1862 (Diptera: Simuliidae) en isla de la Juventud. **Revista. Cubana de Medicina Tropical**, 40(3):60-67, 1988.
- CASTRO, M. de. 1993. **A hidrelétrica de Tucuruí e a contestação das populações atingidas**. Relatório final de pesquisa. Departamento de Economia e Sociologia Rural ESALQ. Piracicaba.
- CERQUEIRA, N.L. 1967. Simuliidae da Amazônia III: Sobre o Gênero "*Simulium*" Latreille, 1802 (Diptera, Nematocera). **Atas Simp. Biot. Amaz.**, 5: 127-139.
- COHEN, J. M.; RIBEIRO, J. A. S.; MARTINS, M. Acometimento ocular em pacientes com mansonelose. **Arq. Bras. Oftalmol.** 71 (2): 167-171, 2008.
- COLBO, M.H. & R.S. WOTTON. Preimaginal Blackfly Bionomics. *In*: Laird, M. (ed.) *Blackflies: The future for biological methods in integrated control*. **Academic Press**. 1981.

COPPO, T.L & LOPES, J. 2010. **Diversidade de Simuliidae (Diptera: Nematocera) de três cursos d'água no parque ecológico da Klabin S.A. - Telêmaco Borba, Estado do Paraná.** Semina: Ciências Biológicas da Saúde, Londrina, v.31, n.1, p.03-14.

COSCARÓN, S. **Insecta, Diptera, Simuliidae.** Fauna agua dulce de la República Argentina. V. 38(1):1-105, 1981.

\_\_\_\_\_. 1991. **Fauna de agua dulce de la República Argentina** Insecta Diptera Simuliidae. Buenos Aires, 38, fascículo 2, 304p.

COSCARÓN, S. & COSCARÓN-ARIAS, C. L. 2007. **Biodiversidad Acuática en América Latina - Neotropical Simuliidae (Diptera: Insecta).** Vol.3, Pensoft Publishers, 685p.

COSCARÓN, S., BERNAL, S. I. & COSCARÓN-ARIAS, C. A. 1996. Revisión de *Simulium* (*Psilopelmia*) Enderlein en la región neotropical y análisis cladístico de sus especies (Diptera: Simuliidae). **Acta Zoológica Mexicana** (nueva serie), núm. 69: 37-104, Instituto de Ecología, A.C. México.

COSCARÓN, S.; SARANDON, R.; COSCARÓN-ARIAS C. L. & DRAGO, E. 1996. **Análisis de factores ambientales que influyen en la distribución de los Simuliidae (Diptera: Insecta) en el cono Austral de América del Sur.** Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Físicas y Naturales 20: 549–573.

CROSSKEY, R.W. & HOWARD, T.M. 2004. **A revised taxonomic and geographical inventory of world blackflies (Diptera: Simuliidae).** Nat. His. Mus., 82p. Disponível em < <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/blackflies/> > Acesso em: 13/viii/2015; 13:56.

\_\_\_\_\_. A new taxonomic and geographical inventory of world blackflies (Diptera: Simuliidae). Londres, Department of Entomology. **The Natural History Museum**, 1996.

CROSSKEY, R. W. Blackflies (Simuliidae). Pp. 241-282, 1993. *In*: R.P. Lane & R. W. Crosskey (eds.). Medical Insects and Arachnids. **Chapman & Hall**, London, 723pp.

CRUZ, E. & SILVA, T. C. **Mudanças Ambientais e Conservação da Fauna de Peixes do Rio Tocantins. Relatório Técnico**, I Workshop, Auditório da Escola de Gestão Fazendária (EGEFAZ). 21 e 22 de novembro de 2012, 44p.

CUNHA, M. C. I. Simulídeos (Borrachudos). *In*: MARCONDES, C. B. Entomologia médica e veterinária. São Paulo: **Atheneu**, 2001. p. 31-47.

CUNHA, P. R. **Estudo soro-epidemiológico em foco de pênfigo foliáceo endêmico (fogo selvagem) no estado de São Paulo.** São Paulo, 1988. (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo).

CUNHA, P. R. & BARRAVIERA, S. R. C. S. Dermatoses bolhosas auto-imunes. **An. Bras. Dermatol.** 84 (2): 111-124. 2009.

DALMAT, H.T. 1955. Black flies (Diptera, Simuliidae) of Guatemala of Onchocerciasis and their role as vectors of onchocerciasis. **Smith. Misc. Col.**, 425 p.

DELLOME-FILHO, J. Simuliofauna do Rio Morumbi, Morretes (PR). I Coleta e criação; dados meteorológicos e físico-químicos do criadouro; adultos (Diptera, Simuliidae). **Acta Biol. Par.**, 20 (1, 2, 3, 4): 145-156, 1991.

DELLOME-FILHO, J. Simuliofauna do Rio Morumbi, Morretes (PR). II Substratos naturais e artificiais dos imaturos e fauna associada (Diptera, Simuliidae). **Acta Biol. Par.**, 21 (1, 2, 3, 4): 77-88, 1992.

DIAZ, L. A.; SAMPAIO, S. A.; RIVITTI, E. A. Endemic pemphigus foliaceus (Fogo Selvagem): II. Current and historic epidemiologic studies. **J. Invest Dermatol.** 92: 4-12, 1989.

ELETRONUCLEAR. 2001. **A Energia Nuclear - História, Princípios de Funcionamento.** Disponível em < <http://www.eletronuclear.gov.br> > Acesso em: 11/iii/2015; 18:27.

ENERPEIXE. **Dados técnicos da Usina Hidrelétrica Peixe-Angical.** Disponível em <<http://enerpeixe.com.br/geracao-renovaveis/geracao/tocantins/enerpeixe/a-usina/dados-tecnicos/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 12/viii/2015; 11:17.

ENERPEIXE. **EIA-RIMA do projeto AHE Peixe-Angical.** Estudos de Viabilidade do Aproveitamento Hidrelétrico de Peixe-Angical. Novembro, 2000. Disponível em <[http://www1.enerpeixe.com.br/empresa/documentos\\_oficiais/eia\\_rima/eia\\_rima.asp](http://www1.enerpeixe.com.br/empresa/documentos_oficiais/eia_rima/eia_rima.asp)> Acesso em: 14/ix/2013; 09:15.

EZUGBO-NWOBI, I. K. & ENEANYA, C. I. Ecology and Biting Activity of *Simulium damnosum* Complex in Nigeria: A Review. **The Bioscientist**, 1 (1): 39-46, 2013.

FERREIRA, F. S. C.; ROCHA, L. A. C. Filaríases, p.869-886. In: VERONESI, R. (ed.). Doenças Infecciosas e Parasitárias. 8ª ed. Rio de Janeiro: **Guanabara**, 1991. 1082p.

FIGUEIRÓ, R.; ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C.; NASCIMENTO, E.S.; GIL-AZEVEDO, L.H.; MONTEIRO, R.F. Spatial and temporal distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Itatiaia National Park. **Neotrop. Entomol.** 35(4):542-550, 2006.

FIGUEIRÓ, R. **Estrutura e dinâmica de comunidades de larvas de simúlideos (Diptera: Simuliidae) dos sistemas lóticos adjacentes à área de construção do lado de Aproveitamento Hidrelétrico de Peixe Angical, Tocantins, Brasil.** Rio de Janeiro, 2010. (Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro) 100p.

FIGUEIRÓ, R. & GIL-AZEVEDO, L. H. The Role of Neotropical Blackflies (Diptera: Simuliidae) as Vectors of the Onchocerciasis: A Short Overview of the Ecology Behind the Disease. **Oecologia Australis** 14 (3): 745-755, 2010.

FIGUEIRÓ, R.; GIL-AZEVEDO, L.H., MAIA-HERZOG, M. & MONTEIRO, R.F. Diversity and microdistribution of black fly (Diptera: Simuliidae) assemblages in the tropical savanna streams of the Brazilian cerrado. **Mem. Inst. Osw. Cruz.** 107: 362-369, 2012.

FIGUEIRÓ, R; MAIA-HERZOG, M.; GIL-AZEVEDO, L.H.; MONTEIRO, R.F. Seasonal variation in black fly (Diptera: Simuliidae) taxocenoses from the Brazilian Savannah (Tocantins, Brazil). **Journal of Vector Ecology** 29 (2): 321-327, 2014.

FIGUEIRÓ, R.; CALVET, A.A.; DOCILE, T.N.; GIL-AZEVEDO, L.H.; MONTEIRO, R.F.; MAIA-HERZOG, M. Evidence of phenotypic plasticity of larvae of *Simulium subpallidum* Lutz in different streams from the Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Entomologia** (Impresso), v. 59, p. 28-31, 2015.

FONSECA-GESSNER, A.A. & GUERESCHI, R.M. 2000. **Macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade da água de três córregos na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP, Brasil.** p.707-719. In: Santos, J.E. & Pires, S.R. (Eds). Estudos integrados em ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí. São Carlos, Editora da Universidade Federal de São Carlos, 720p.

- FORGIONE, M. A. **Onchocerciasis**. 2002. Disponível em <<http://www.imedicine.com/DisplayTopic.asp?bookidp6&topicp1667>> Acesso em 15/iii/2015; 13:53.
- GAONA, J. C. & ANDRADE, C. F. S. Aspectos da entomologia médica e veterinária dos borrachudos (Diptera: Simuliidae). *Biologia, Importância e Controle*. **LECTA**, São Paulo, v. 17, n.1, p.51-65, 1999.
- GARRIDO, C. & CAMPOS, M. First report of presumed parasitic keratitis in Indians from the Brazilian Amazon. **Cornea**, 19 (6): 817-819, 2000.
- GERAIS, B. B. & RIBEIRO, T. C. Relato de casos - oncocercose: primeiro caso autóctone da região centro-oeste do Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 19 (2), 105-107, 1986.
- GIL-AZEVEDO, L. H., SANTOS-MALLET, J. R. & MAIA-HERZOG, M. Caracteres diagnósticos de *Simulium (Chirostilbia) pertinax* Kollar (Diptera: Simuliidae). **Neotropical Entomology** 33(4): 433-437, 2004.
- GIL-AZEVEDO, L. H., COSCARÓN, S. & MAIA-HERZOG, M. The phylogeny of *Simulium (Chirostilbia)* (Diptera: Simuliidae) and perspectives on the systematics of the genus in the Neotropical Region. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, 107 (2): 178-185, 2012.
- GIL-AZEVEDO, L. H. & MAIA-HERZOG, M. Espécies de Simuliidae (Diptera) Registradas no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v.67. n.3-4, p. 349-354, 2009.
- GIRMAY, Y. Assessing the environmental impacts of a hydropower project: The case of Akosombo/Kpong dams in Ghana. Stockholm, Sweden: M. Sc. thesis. Royal Institute of Technology; 2006.
- GOMES, H. & TEIXEIRA NETO, A. **Geografia: Goiás-Tocantins**. Goiânia: UFG, 1993.
- GRILLET, M.E.; BARRERA, R. **Spatial and temporal abundance, substrate partitioning and species co-occurrence in a guild of Neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae)**. *Hydrobiologia* 345: 197-208, 1997.
- HERZOG-NETO, G.; JAEGGER, K.; MARCHON-SILVA, V.; CALVÃO-BRITO, R.H.S.; VIEIRA, J.B.; BANIC, D.M.; MAIA-HERZOG, M. Eye disease related to onchocerciasis: A clinical study in the Arathá-ú, Yanomami Tribe, Roraima State, Brazil. **Acta Tropica**, v. 112, p. 115-119, 2009.
- KAZANCI, N. & ERTUNÇ, Ö. Use of Simuliidae (Insecta, Diptera) species as indicators of aquatic habitat quality of Yeşilirmak River Basin (Turkey). **Review of Hydrobiology**, v.3, n.1, p. 27-36, 2010.
- LAUTENSCHLÄGER, M. & KIEL, E. Assessing morphological degradation in running waters using Blackflycommunities (Diptera, Simuliidae): Can habitat quality be predicted from land use? **Limnologia**, v. 35, p. 262-273, 2005.
- LEAFCHECK, J. *NMSD tutorial in R*. Disponível em < <http://jonlefccheck.net/2012/10/24/nmstutorial-in-r/>> Acesso em 20/viii/2015; 15:50.

- HAMADA, N. 1993. Estudos bioecológicos sobre piuns (Diptera: Simuliidae) como base para o controle de Oncocercose e Mansonelose na Amazônia Brasileira. **Bas. Cient. Estrat. Preserv. Desenv. Amaz.** Vol. 2, INPA/AM.
- HAMADA, N.; MCCREADIE, J.W. 1999. **Environmental factors associated with the distribution of *Simulium perflavum* (Diptera: Simuliidae) among streams in Brazilian Amazonia.** *Hydrobiologia* 397: 71-78.
- HAMADA, N.; MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. **Freshw. Biol.** 47: 31-40, 2002.
- HAMADA, N.; PEPINELLI, M.; MATTOS-GLÓRIA, A.A. & LUZ, S.L.B. A new black fly species from Brazil, closely related to *Simulium guianense* Wise (Diptera, Simuliidae), revealed by morphology and DNA barcoding. **Zootaxa** 2428:22-36, 2010.
- HILDREW, A.G. 1992. **Food webs and species interactions.** In: Calow, P. & Petts, G.E. The Rivers Handbook (Eds.) The rivers handbook. Vol.1, pp.309-330. Blackwell Science, Oxford, UK.
- HOFFMANN, C.C. 1930. Nuevas investigaciones acerca de la transmisión de la oncocercosis de Chiapas. **Rev. Mex. Biol.**, 10 (6): 131-140.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Disponível em <<http://www.iea.org/weo/index.htm>> Acesso em 10/iii/2015; 18:13.
- KARAM, M.; SCHULZ-KEY, H.; REMME, J. Population dynamics of *Onchocerca volvulus* after 7 to 8 years of vector control in West Africa. **Acta Trop.** 44: 445-457, 1987.
- KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. Conservation of cerrado. **Conservation Biology**, 9(3):707-713, 2005.
- LACOURSIÈRE, J. O. & CRAIG, D. A. Fluid transmission and filtration efficiency of the labral fans of black fly larvae (Diptera: Simuliidae): hydrodynamic, morphological and behavioural aspects. **Can. J. Zool.**, 71: 148-162, 1993.
- LANDEIRO, V.L.; PEPINELLI, M.; HAMADA, N. Species richness and distribution of black flies (Diptera: Simuliidae) in the Chapada Diamantina region, Bahia, Brazil. **Neotrop. Entomol.** 38: 332-339, 2009.
- LANE, J. 1949. Dados sobre os simulídeos de localidades onde ocorreram casos de Penfigo Foliáceo. **Arq. Hig. Saúde Publ.** SP, 3 (1): 53-54.
- LEWINSOHN, T.M.; Freitas, A.V. & Prado, P.I. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. **Megadiversidade**, 1 (1): 62-69, 2005.
- LUTZ, A. Nota preliminar sobre os insectos sugadores de sangue observados no Estado de São Paulo e Rio de Janeiro. **O Brazil-Médico**, Rio de Janeiro, 17 (29): 281-282, 1903.
- \_\_\_\_\_. Contribuição para o conhecimento das espécies brasileiras do gênero *Simulium*. Rio de Janeiro, Instituto Oswaldo Cruz. **Separata de Mem. do Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, 1 (2): 124-146 (em port. e alem.), 1909.
- \_\_\_\_\_. Segunda contribuição para o conhecimento das espécies brasileiras do gênero *Simulium*. Rio de Janeiro, Instituto Oswaldo Cruz. **Separata de Mem. do Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, 2 (2): 213-262, estampas 18-21 (em port. e alem.), 1910.



\_\_\_\_\_. Contribuição para o estudo dos hematophagos. I. Sobre as partes bucaes dos nematoceros que sugam sangue. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, 4 (1): 75-83. 1912

LUTZ, A. **Estudios de zoologia e parasitologia venezolanas**. Rio de Janeiro, 133p., 26 estampas. 1918.

\_\_\_\_\_. Terceira contribuição para o conhecimento das espécies brasileiras do gênero *Simulium*. O piom do norte (*Simulium amazonicum*). Rio de Janeiro, Instituto Oswaldo Cruz. **Separata de Mem. do Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, 9 (1): 63-67, estampas 25. 1917.

LUTZ, A. & CASTRO, G. de O. Considerações sobre a transmissão de doenças por sugadores de sangue. **A folha Medica**, Rio de Janeiro, 17 (21): 320-328. 1936.

LUTZ, A. & MACHADO, A. Viagem pelo rio S. Francisco e por alguns de seus afluentes entre Perapora e Joazeiro (Estudos feitos à requisição da Inspectoria das Obras contra a Secca). Direcção do dr. Arrojado Lisbôa. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, 7 (1): 5-50, estampas 1-18. 1915.

LUTZ, A; SOUZA ARAUJO, H.C. E FONSECA FILHO, O. da. Viagem científica no rio Paraná e a Assuncion com volta por Buenos Ayres, Montevideo e Rio Grande. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, 10 (2): 104-173, estampas 20-75. 1918.

MACHADO, R. B. et al. Caracterização da Fauna e Flora do Cerrado. *In*: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. D (Eds.). **Savanas: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: EMBRAPA, 2008. Disponível em: <<http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio/projeto/palestras/livro.pdf>>. Acesso em: 18/iii/2015; 14:23.

MAIA-HERZOG, M. **A oncocercose humana no Brasil e sua dispersão**. Rio de Janeiro, 1999. (Tese de doutorado, Fundação Oswaldo Cruz). 71p.

MAIA-HERZOG, M. **Estudos comparativos de *Simulium (Psaroniocompsa) incrustatum* e *Simulium (Psaroniocompsa) yarzabali* (Diptera: Simuliidae)**. Rio de Janeiro, 1991 (Dissertação de mestrado, Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro) 68p.

MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H. 1998. **Scale, time, space, and predictability: species distribution of preimaginal black flies (Diptera: Simuliidae)**. *Oecologia* 114: 79-92.

MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H.; GRILLET, M.E.; HAMADA, N. 2006. **Sampling and statistics in understanding distributions of black fly larvae (Diptera: Simuliidae)**. *Acta Entomol Serbica Supp.* 89-96.

MELANDRI, V.; ALENCAR, J.; GUIMARÃES, A.E. The influence of the area of the Serra da Mesa Hydroelectric Plant, State of Goiás, on the frequency and diversity of anophelines (Diptera: Culicidae): a study on the effect of a reservoir. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** (Impresso), v. 48, p. 33-38, 2015.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (Brasil). **Como funciona uma usina hidrelétrica**. Disponível em <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/5034/index.html?sequence=5>> Acesso em: 10/iii/2015; 16:24.

MONTEIRO-SANTOS, E. & GORAYEB, I. S. 2005. Capítulo 13. As espécies de piuns (Diptera: Simuliidae) na Serra das Andorinhas (236-249p.). *In*: Gorayeb, P. S. S. (Ed.) 2008. Parque Estadual da Serra dos Martírios-Andorinhas: conhecimento, história e preservação. Belém, EDUFPA, 2008. 354p.

MORAES, M. A. P. & CHAVES, G. M. Um caso de oncocercose no território de Roraima, Brasil. **Rev. Inst. Med. Trop.**, São Paulo, 16: 110-113. 1974.

MORALES-HOJAS, R.; POST, R. J.; SHELLEY, A. J.; MAIA-HERZOG, M.; COSCARÓN, S.; CHEKE, R. A. Characterization of nuclear ribosomal DNA sequences from *Onchocerca volvulus* and *Mansonella ozzardi* (Nematoda: Filarioidea) and development of a PCR-based method for their detection in skin biopsies. **Int. J. Parasitol.**, 31 (2): 169-177. 2001. *Erratum in:* Int. J. Parasitol 31 (8): 850-851, 2001.

MOULTON, T.P. 1998. **Saúde, integridade do ecossistema e o papel dos insetos aquáticos.** p.281-298. *In:* Nessimian, J.L. & Carvalho, A.L. (Eds). Ecologia de insetos aquáticos. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, Série Oecologia brasiliensis, V+309p.

MYBURGH, E & NEVILL, E: Review of black fly (Diptera: Simuliidae) control in South Africa. Onderstepoort J Veter Res 2003, 70:307–317.

NUNES, T. C. N.; RIBEIRO, R. S.; FARIA, P. R. G. V. de & SILVA JR., N. J. Vetores de importância média na área de influência da Pequena Central Hidrelétrica Mosquitão - Goiás. **Estudos**, Goiânia, v.35, n.11/12. p.1085-1105. 2008.

OKWA, O. O. Frequency of Onchocerciasis Manifestations and Health Care Utilization by Women in a Rainforest and Savannah Foci of Nigeria. **Research Communications in Parasitology** 1 (2): 34-42, 2004.

OLIVEIRA, M. F. **Rio Tocantins: eco de diferentes vozes.** ANPUH – XXV Simpósio Nacional De História – Fortaleza, 2009.

OLIVER, L.; BEATTIC, A. & YORK, A. Spatial fidelity of plant, vertebrate and invertebrate assemblages in multiple uses forest in eastern Australia. **Cons. Biol.**, 12: 822-835, 1998.

PAES LEME, C. **Contribuição ao estudo do Tokelau.** Rio de Janeiro, 1903 (Tese de Doutorado, Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro).

PEDROSO, I. L. P. B. Meio ambiente, agroindústria e ocupação dos cerrados: o caso do município do Rio Verde no sudeste de Goiás. **Revista Urutágua**, Maringá, n. 6, abr./mai./jun./jul., 2004.

PEPINELLI, M.; TRIVINHO-STRIXINO, S. & HAMADA, N. Imaturos de Simuliidae (Diptera: Nematocera) e caracterização de seus criadouros no Parque Estadual Intervales, SP, Brasil. **Rev Bras Entomol.** 49: 527-530, 2005.

PEPINELLI, M. 2003. **Diversidade de simuliidae (Diptera, Nematocera) em córregos do estado de São Paulo, Brasil. São Paulo, 2003.** (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos).

PINTO, C. Simuliidae da região neotropical. **Arq. Zool.**, São Paulo, 1 (12): 383:385. 1940.

\_\_\_\_\_. **Zôo-parasitas de interesse médico e veterinário.** Rio de Janeiro, Pimenta de Mello & Cia, 1938.

\_\_\_\_\_. **Simuliidae da America Central e do Sul.** 7ª Reunión de la Sociedad Argentina de Patología Regional Del Norte (1931), 7: 661:763, 41 figs + i (corrigenda). 1932.

\_\_\_\_\_. Simuliidae da América Central e do Sul (Diptera). **Sep. Reun. Soc. Arg. Pat. Reg. Norte**, 661-763, 1931.

\_\_\_\_\_. Artrópodes parasitos e transmissores de doenças. **Tratado de Parasitologia**, vol. IV, 2: 397-845. 1930.

PLANCHON, J.E., 1844. Histoire d'une larve aquatique de genre *Simulium*. **Typographie et lithographie de Boehm**. Montpellier *Apud* Colbo & Wotton, 1981.

PRAMUAL, P. & KUVANGKADILOK, C. Agricultural land use and black fly (Diptera, Simuliidae) species richness and species assemblages in tropical streams, Northeastern Thailand. **Hydrobiologia**, v. 625, p.173–184, 2009.

PROENÇA, N. G. Declínio do pênfigo foliáceo no Estado de São Paulo (Brasil). **Rev. Paul. Med.** 89: 97-100. 1977.

ROCHA, D.C; MARCHON-SILVA, V. & MAIA-HERZOG, M. 2011. **Distribuição, abundância e diversidade de Simuliidae (Diptera) em áreas sob influência da construção da usina hidrelétrica de Peixe-Angical, na fase do pré-enchimento do reservatório, Tocantins, Brasil.** *In: X Congresso de Ecologia do Brasil*, 16 a 22 de setembro de 2011, São Lourenço - MG, Brasil.

SAMPAIO, S. A. & RIVITTI, E. A. **Dermatologia**. 3ª ed. São Paulo: Artes Médicas, 2007. p. 301-330.

SANTOS, R.B; LOPES, J. & SANTOS, K.B. Distribuição espacial e variação temporal da composição de espécies de borrachudos em uma microbacia situada no norte do Paraná. **Neotropical Entomology**, 39 (2): 289-298, 2010.

SHELLEY, A. J., HERNÁNDEZ, L. M., MAIA-HERZOG, M., LUNA DIAS, A. P. A. & GARRITANO, P. R. 2010. The Blackflies of Brazil (Diptera, Simuliidae). *In: J. ADIS, J. ARIAS, S. GOLOVATCH, K.M.M ANTZEV, G. RUEDA-DELGADO & E. DOMÍNGUEZ (Eds.). Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA Series), Vol. 6., Pensoft, Sofia-Moscow, 814 pp.*

SHELLEY, A. J.; MAIA-HERZOG, M.; DIAS, A.P.A.L.; CAMARGO, M.; GARRITANO, P. Biting behaviour and potential vector status of anthropophilic simuliid species (Diptera:Simuliidae) in a new focus of human onchocerciasis at Minaçu, central Brazil. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 15, p. 1-12, 2001.

SHELLEY, A. J.; LUNA DIAS, A. P. A.; MAIA-HERZOG, M.; PROCUNIER, W. S. E MORAES, M. A. P. Identification of vector species (Diptera: Simuliidae) of human onchocerciasis in the Amazonia focus of Brazil and Venezuela. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, vol. 82 (4): 461-465, 1987.

SHELLEY, A. J.; PINGER, R. R. & MORAES, M. A. P. The taxonomy, biology and medical importance of *Simulium amazonicum* Goeldi, 1905 (Diptera: Simuliidae) with a review of related species. **Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Ent.)**, 44 (1): 1-29. 1982.

SHELLEY, A. J.; LOWRY, C. A.; MAIA-HERZOG, M.; LUNA DIAS, A. P. A. & MORAES, M. A. P. Biosystematic studies on the Simuliidae (Diptera) of the Amazonia onchocerciasis focus of Brazil. **Bulletin Natural History Museum (Ent.)**, 66:1-121, 1997.

SOMORIN, A. O. Onchocerciasis. **Int. J. Dermatol**, 22: 182-188, 1983.

STRIEDER, M.N.; PY-DANIEL, V. 1999. **Espécies de Inaequalium (Diptera, Simuliidae): dados bionômicos e chaves para sua identificação.** *Biocien* 7: 43–72.

STRONG, R.P. 1931a. Onchocerca investigations in Guatemala. Report of Harvard Expedition. **N. Engl. J. Med.**, 204: 916-920.

\_\_\_\_\_. 1931b. Onchocerciasis in Guatemala. **Science**, 73: 593-594.

TAKEDA, A.M.; SHIMIZU, G.Y. & HIGUTI, J. 1997. **Variação espaço-temporais da comunidade zoobentônica**. p.157-177. In: A.E.A.M Vazzoler; A.A. Agostinho & N.S. Hahn. 1997. A planície de inundação do Alto rio Paraná: Aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos. Maringá, Editora da Universidade Estadual de Maringá, 460p.

TAKEDA, A.M.; SHIMIZU, G.Y.; SHULTZ, G.M. & SILVA, A.C.M. Zoobentos de quatro lagoas de várzea do alto rio Paraná (MS-Brasil): Influência do regime hidrológico sobre a comunidade. **Revista UNIMAR** 13 (2): 365-387, 1991.

TAVARES, A. M. **Estudo da infecção por *Mansonella ozzardi***. Brasília, 1981. (Tese de Doutorado, Universidade de Brasília).

TELES, H.M.S.; LEITE, R.P.A.; RODRIGUES, F.L. Moluscos límnicos de uma área do Alto Araguaia (Brasil). **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 179-183, 1991.

TRIANA, L. M. H. 2011. **Systematics of the blackfly subgenus *Trichodagmia* Enderlein (Diptera: Simuliidae: *Simulium*) in the New World**. (Thesis, Wageningen University, Wageningen, NL) 535p.

UDALL, D. N. Recent updates on Onchocerciasis: Diagnosis and Treatment. **Clinical Infectious Disease**, 44: 53-60, 2007.

VALENTE, A.C.S.; CESÁRIO R.A.; CALVET, A.A.; VAZ, V.S.; MARCHON-SILVA, V.; MAIA-HERZOG, M. Monitoramento de criadouros de simúlídeos em área sob influência do Aproveitamento Múltiplo de Manso, Chapada dos Guimarães, MT, Brasil. In: XXIV Congresso Brasileiro de Entomologia, 2012, Curitiba, PR. **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Entomologia**, 2012.

VERDAT, F.J., 1822. Memoir pour servir à l'histoire des simulies, genre d'insectes de l'ordre des diptères, famille des tipulaires; lu à la réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles à Bâle, le 25 juillet 1821. **Nature**. Anz. 9:65-70. *Apud* Colbo & Wotton, 1981.

VIVIANI, A.B.P. & ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C. Período de desenvolvimento ovariano de *Simulium pertinax* Kollar, 1832 (Díptera: Simuliidae) sob condições de laboratório. **Entomología y Vectores**. v. 6 (2): 180-189, 1999b.

VIVIANI, A.B.P.; ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C.; MORAES, R.B.; GIL, H.B.; LEUNG, R.; CAMARGO, A.F.M. Distribuição e abundância de larvas de *Simulium* spp. em córregos do estado de São Paulo nos diferentes níveis de qualidade da água. *Neotropical Biology and Conservation*, 7(1): 48-56, 2012.

VMM, 2009b. Flanders environment outlook 2030. In: Van Steertegem, M. (Ed.), Flanders Environment Report. Flemish Environment Agency, Aalst.

ZARROUG, I.M.A., ELAAGIP, A.H., ABUELMAALI, S.A., MOHAMED, H.A., ELMUBARAK, W.A., HASHIM, K., DERAM, T.C.M., AZIZ, N. & HIZAGI, T.B. The impact of Merowe Dam on *Simulium hamedense* vector of onchocerciasis in Abu Hamed focus – Northern Sudan. **Parasites & Vectors**, 7: 168-172, 2014.

ZHANG, Y., MALMQVIST, B. & ENGLUND, G. Ecological processes affecting community structure of blackfly larvae in regulated and unregulated rivers: a regional study. **Journal of Applied Ecology**, 35: 673-686, 1998.