

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E
TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS**

PATRICIA MARIA LIMBERGER

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE SIMULIIDAE (INSECTA: DIPTERA)
NA SUB-BACIA DO RIO COMANDAÍ, REGIÃO HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO
URUGUAI, RS, BRASIL**

CERRO LARGO

2021

PATRICIA MARIA LIMBERGER

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE SIMULIIDAE (INSECTA: DIPTERA)
NA SUB-BACIA DO RIO COMANDAÍ, REGIÃO HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO
URUGUAI, RS, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Milton Norberto Strieder
Coorientador: Prof. Dr. David Augusto Reynalte
Tataje

CERRO LARGO

2021

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Limberger, Patricia Maria
Distribuição temporal e espacial de simuliidae
(Insecta: Diptera) na sub-bacia do rio Comandaí, região
hidrográfica do Alto Rio Uruguai, RS, Brasil / Patricia
Maria Limberger. -- 2021.
76 f.:il.

Orientador: Dr Milton Norberto Strieder
Co-orientador: Dr David Augusto Reynalte Tataje
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e
Tecnologias Sustentáveis, Cerro Largo, RS, 2021.

1. Simulídeos, Qualidade Ambiental, Entomologia. I.
Strieder, Milton Norberto, orient. II. , David Augusto
Reynalte Tataje, co-orient. III. Universidade Federal da
Fronteira Sul. IV. Título.

PATRICIA MARIA LIMBERGER

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE SIMULIIDAE (INSECTA: DIPTERA)
NA SUB-BACIA DO RIO COMANDAÍ, REGIÃO HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO
URUGUAI, RS, BRASIL**

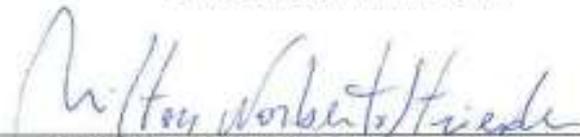
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Área de concentração: Monitoramento, Controle e Gestão Ambiental.

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 09 de março de 2021.

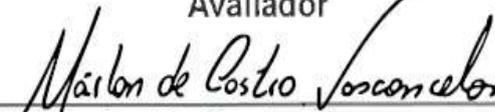
BANCA EXAMINADORA



Prof.º Dr.º Milton Norberto Strieder – UFFS
Orientador



Prof.º Dr.º Daniel Joner Daroit – UFFS
Avaliador



Prof.º Dr.º Marlon De Castro Vasconcelos – UERS
Avaliador

AGRADECIMENTOS

No final de mais uma jornada, só me resta agradecer por estar cercada de tantas pessoas que se fizeram importantes, acrescentando e motivando em mais esta conquista.

Agradecer primeiramente a Deus, pelo dom da vida.

Aos meus queridos pais, Jaime e Nelsi, agradeço e dedico este trabalho pois são minha base. Todo meu esforço e dedicação fazem parte do meu compromisso com vocês, para recompensar o mínimo de tudo que me oportunizaram e por serem meus maiores exemplos. Amo vocês e a Camila mais que tudo na vida!

Ao meu noivo Régis, que também não mediu esforços em todo esse processo. Obrigada pelo carinho, incentivo, parceria e preocupação constante. Sou muito grata por dividir esta conquista e minha vida com você!

A Universidade Federal da Fronteira Sul e todos os professores que durante a graduação e agora, no programa de pós graduação foram imprescindíveis. Só gratidão por todo conhecimento e experiências vividas.

Ao professor orientador Dr^o Milton Norberto Strieder, por me apresentar a entomologia em sua forma mais instigante e exuberante. Trabalhar com simulídeos foi uma experiência que levarei pra sempre! Obrigada pela amizade, paciência, ajuda e me permitir conhecer um pouco mais da sua grande trajetória!

Ao professor coorientador Dr^o David Augusto Reynalte Tataje, um grande parceiro de mais um trabalho acadêmico. Obrigada por aceitar trabalhar conosco e em acrescentar seu conhecimento, especialmente, nas análises estatísticas.

Ao colega do Laboratório de Zoologia, Luiz Marmilicz pela parceria e por toda ajuda na triagem, contagem e pela construção do mapa de locais de coleta.

Ao Darlan Novicki e mais uma vez ao professor Dr^o Milton Strieder, que disponibilizaram o material coletado para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, colegas e família que durante esta jornada ouviram minhas lamentações, me compreenderam na distância e me incentivaram para a conclusão deste trabalho!

A todos colegas cientistas, que constantemente buscam melhor compreender a imensidão da vida. Todo meu respeito e admiração a vocês!

E desde já, agradeço aos participantes da banca, pelo aceite em avaliar e contribuir neste trabalho.

RESUMO

Os simulídeos são importantes na ecologia de ambientes lóticos por sua habilidade de filtrar matéria orgânica dissolvida e a tornar disponível para o nível seguinte na cadeia alimentar. Já as fêmeas adultas da maioria das espécies desses insetos tem hábito hematófago e possuem importância médica e veterinária devido a seus efeitos negativos nas populações humanas e outros animais. Neste contexto, é necessário conhecimento sobre a preferência de meso e microhábitats dos estágios imaturos para aplicação correta de medidas de controle e manejo integrado de espécies com importância sanitária. A presente pesquisa tem por objetivo conhecer a diversidade e distribuição dos simulídeos nos principais cursos de água da sub-bacia do rio Comandaí, Rio Grande do Sul, Brasil. Com este propósito foram realizadas amostragens dos estágios imaturos (larvas e pupas) e feitas avaliações da influência de fatores abióticos em diferentes escalas espaciais e temporais. As amostragens foram realizadas em duas estações do ano: entre os meses de setembro a novembro de 2016 (Primavera), e entre os meses de abril a julho de 2017 (Outono); em três principais regiões da sub-bacia e em três trechos de nove riachos, totalizando 27 pontos amostrais. Foram examinados 17.146 exemplares de simulídeos (larvas do último instar e pupas) que resultaram na identificação de onze espécies: *Simulium pertinax*, *Simulium incrustatum*, *Simulium subpallidum*, *Simulium orbitale*, *Simulium rubrithorax*, *Simulium jujuyense*, *Simulium subnigrum*, *Simulium perflavum*, *Simulium inaequale*, *Simulium spinibranchium* e *Simulium lutzianum*. A abundância dos simulídeos foi maior na primavera, com 58,83% dos espécimes coletados. Os trechos de foz foram os que apresentaram maior número de indivíduos (44,38%), seguido pelos trechos intermediários (29,09%) e nascentes (25,72%). *S. pertinax* (77,55%) foi a espécie mais abundante nas duas estações e nas três principais regiões da sub-bacia do rio Comandaí, seguido por *S. incrustatum* (14,56%) e *S. subpallidum* (2,35%). Para os trechos de foz dos riachos se destacaram como espécies indicadoras *S. pertinax*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum* e *S. orbitale*, e para as nascentes se destacou *S. rubrithorax*. Estas informações podem auxiliar na aplicação de medidas eficientes de controle das espécies com importância sanitária no sul do Brasil.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Insecta. Borrachudos. Simulídeos. Neotropical.

ABSTRACT

Simuliids are important in the ecology of lotic environments due to their ability to filter dissolved organic matter and make it available to the next level in the food chain. Adult females of most species exhibit blood-sucking feeding habit, what gives them veterinary importance due to their negative effects on human populations and to other animals. In this sense, knowledge is needed about the preferences of immature stages for different meso and microhabitats, focusing on the correct application of control measures and integrated management of species with sanitary importance. We aim to understand the diversity and distribution of simuliids in the main water courses of the Comandá River sub-basin, Rio Grande do Sul, Brazil. For this purpose, sampling of immature stages (larvae and pupae) was carried out and assessments about the influence of abiotic factors in different spatial and temporal scales were made. Sampling was carried out in two seasons: between September and November 2016 (Spring), and between April and July 2017 (Autumn); in three main regions of the sub-basin, and in three stretches from nine streams, totaling 27 sample points. 17,146 specimens of simuliids (last instar larvae and pupae) were examined and resulted in the identification of eleven species: *Simulium pertinax*, *Simulium incrustatum*, *Simulium subpallidum*, *Simulium orbitale*, *Simulium rubrithorax*, *Simulium jujuyense*, *Simulium subnigrum*, *Simulium perflavum*, *Simulium inaequale*, *Simulium spinibranchium* and *Simulium lutzianum*. Simulid abundance was higher during spring, with 58.83% of the sampled specimens. Mouth stretches were the most expressive in abundance (44.38%), followed by intermediate stretches (29.09%) and source stretches (25.72%). *S. pertinax* (77.55%) was the most abundant species in two seasons and in all three main regions of the Comandá River sub-basin, followed by *S. incrustatum* (14.56%) and *S. subpallidum* (2.35%). For mouth stretches, *S. pertinax*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum* and *S. orbitale* stood out as indicator species, and for source stretches, *S. rubrithorax* was considered an indicator species. This information may contribute to the implementation of efficient measures to control species of health importance in southern Brazil.

Keywords: Watershed, Insecta, Black Flies, Simuliids.

LISTA DE TABELAS

Table 1- Number of <i>Simulium</i> spp. Latreille, 1802 individuals, capture proportion, frequency of occurrence, occurrence in streams' stretches and regions from the Comandaí River sub-basin and presence by season, from September 2016 to July 2017.....	46
Table 2- PERMANOVA results from bi-factor analysis to assess species differences between groups ($p < 0.05$)	49
Table 3- PERMANOVA results. Paired comparisons with T test. Numbers in bold showed a statistical difference ($P < 0.05$)	49
Table 4- Result of the Monte Carlo significance test of the maximum value for indicator species per season. Bold values were statistically significant ($P < 0.05$).....	50
Table 5- Result of the Monte Carlo significance test of the maximum value of indicator species for stretches. Bold values were statistically compromised ($P < 0.05$)	50
Table 6- Result of the variance analysis (ANOVA) for two-factor analysis of the simuliid abundance in the Comandaí River sub-basin, from September 2016 to July 2017.....	51
Table 7- Two-way ANOVA test for species richness from the sub-basin of the Comandaí River, RS, collected between September 2016 and July 2017.....	52
Table 8- Result of the canonical correspondence analysis (CCA) associating the abiotic variables selected by the forward selection, with the abundances of simuliid species from the Comandaí River, between September 2016 and July 2017. Values in bold ($P < 0.05$)	54

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1- Ciclo de vida de Simuliidae, com os estágios de desenvolvimento e habitats.....	17
Figura 2- Divisão Hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul.....	30
Figura 3- Mapa de distribuição dos Arroios ao longo do Rio Comandaí, RS	32

RESULTADOS

Figure 1- Location of the 27 simuliids' sampling points in the Comandaí River basin, RS, Brazil.....	43
Figure 2- Abundances of the six most abundant <i>Simulium</i> Latreille, 1802 species in relation to regions from the sub-basin of the Comandaí River and streams' stretches, from September 2016 to July 2017.....	48
Figure 3- Analysis between the abundance of simuliids and streams of the fish streams captured in the sub-basin of the Comandaí River, RS in the period between September 2016 and July 2017.....	52
Figure 4- Analysis of simuliid richness when comparing stretches of streams (7A) and season (7B) based on individuals sampled in the Comandaí River sub-basin, RS, from September 2016 to July 2017.....	53
Figure 5- Result of the Canonical Correspondence Analysis applied to the data matrix of simuliids and abiotic parameters sampled in the Comandaí River sub-basin, between September 2016 and July 2017.....	55
Quadro 1- Dados referentes às sub-bacias hidrográficas que compõem a Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo, Santa Rosa e Santo Cristo.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA: Agência Nacional de Águas

Co: Riacho Comandai

Fig.: Figura

Fu: Riacho Fundão

Gi: Riacho Giruá

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Km: Quilômetros

La: Riacho Lambedor

Lat.: Latitude

Lv: Riacho Lavínea

Long.: Longitude

Lu: Riacho Luiza

Lr: Riacho Laranjeira

Mm: Milímetros

MMA: Ministério do Meio Ambiente

Pe: Riacho das Pedras

pH: Potencial Hidrogeniônico

Ps: Riacho Pessegueiro

T°: Temperatura

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 ASPECTOS GERAIS DA FAMÍLIA SIMULIIDAE NEWMANN (1834)	14
2.2 DESENVOLVIMENTO E MORFOLOGIA DOS SIMULÍDEOS.....	16
2.2.1 Características gerais dos estágios imaturos	18
2.2.2 Características gerais dos adultos	20
2.2.3 Caracteres morfológicos presentes nos estágios imaturos importantes na identificação das espécies.....	21
2.3 IMPORTÂNCIA AMBIENTAL, ECONÔMICA E SANITÁRIA DOS SIMULIIDAE..	22
2.3.1 Importância ambiental.....	22
2.3.2 Importância econômica e sanitária	24
2.4 DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO - TEMPORAL DOS SIMULÍDEOS.....	26
2.5 CONTEXTUALIZAÇÃO DA SUB-BACIA DO RIO COMANDAÍ.....	28
2.5.1 Bacia do Rio Uruguai	28
2.5.2 Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo, Santa Rosa e Santo Cristo (U30)	29
2.5.3 Sub-bacia do Rio Comandaí	31
2.5.3.1 Arroio Comandaizinho	33
2.5.3.2 Arroio das Pedras	33
2.5.3.3 Arroio Giruá	34
2.5.3.4 Arroio Lambedor	34
2.5.3.5 Arroio Fundão	35
2.5.3.6 Arroio Laranjeira	35
2.5.3.7 Arroio Pessegueiro	36
2.5.3.8 Arroio Luiza	36
2.5.3.9 Arroio Lavínea	37
3. RESULTADOS	38
3.1 SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF PREIMAGINAL BLACK FLIES (DIPTERA: SIMULIIDAE) IN STREAMS OF A SUB-BASIN OF THE URUGUAY RIVER BASIN, SOUTHERN BRAZIL.....	39
4. CONCLUSÃO GERAL	66
REFERÊNCIAS	67

ANEXO A	76
ANEXO B	79
ANEXO C	80

1. INTRODUÇÃO

Os representantes da família Simuliidae, popularmente conhecidos no Brasil como simulídeos, “borrachudos” ou “piuns”, pertencem à ordem Diptera e sub-ordem Nematocera, compreendem um total de 2.348 espécies e ocorrem em todas as regiões Zoogeográficas do mundo, exceto na Antártica (ADLER, 2020). São insetos que apresentam metamorfose completa (holometábolos), tendo a necessidade de ocupar ambientes lóticos e terrestres para seu completo desenvolvimento, sendo que os estágios imaturos (ovo, larva e pupa) ocorrem na água e os adultos vivem em ambiente terrestre (COSCARÓN & COSCARÓN-ARIAS, 2007).

Os estágios imaturos destes insetos estão presentes em córregos, riachos e rios desde o nível do mar até altitudes de 5.000 m (COSCARÓN & COSCARÓN-ARIAS, 1995, FIGUEIRÓ et al., 2006). Desempenham um papel importante nas relações tróficas dos cursos d'água em áreas continentais (FERREIRA et al., 2020). Já os adultos, são reconhecidos pela sua importância médico-veterinária, uma vez que a hematofagia das fêmeas pode ocasionar desde incômodos, reações alérgicas e até a transmissão de doenças (STRIEDER & CORSEUIL, 1992).

No Brasil, os simulídeos são responsáveis pela transmissão de duas filárias: *Onchocerca volvulus*, agente etiológico da Oncocercose ou “Cegueira-dos-rios”, e *Mansonella ozzardi*, causadora da Mansonelose (SHELLEY et al., 2010). Além destas filárias, também estão associados a Síndrome Hemorrágica de Altamira e o Pênfigo Foliáceo Endêmico ou “fogo selvagem” (SANTOS & LOPES, 2010). Quando seus níveis populacionais são considerados alarmantes, várias espécies também podem acarretar problemas econômicos, afetando o turismo, agricultura e adicionalmente, em custos de aplicação de medidas de controle (SARIÖZKAN et al., 2014).

De acordo com Menzel et al. (2019), vários autores têm demonstrado interesse em compreender melhor a bioecologia dos simulídeos. Em relação à distribuição espaço-temporal das espécies, as regiões que compreendem os biomas Amazônia Central e Mata Atlântica são as que concentram maior número de estudos recentes no Brasil, seguido pelo bioma Cerrado (FIGUEIRÓ et al., 2012; FIGUEIRÓ et al., 2014; FIGUEIRÓ et al., 2015; DOCILE et al., 2015; FIGUEIRÓ et al., 2020). Para Baptista et al. (2014), os estudos brasileiros relacionados à diversidade das comunidades em ambientes lóticos geralmente estão focados na ecologia dos organismos biológicos,

analisando a composição e a distribuição espacial das espécies em escala local, ou seja, cobrindo um trecho de rio ou uma microbacia.

Coscarón et al. (1991) afirmam que as regiões Sul e Sudeste do Brasil apresentam maiores problemas relacionados às perturbações causadas por simulídeos, em razão dos níveis elevados de ocorrência das espécies com hábito hematófago antropofílico (FIGUEIRÓ e GIL-AZEVEDO, 2010). Entre as espécies ocorrentes no sul do Brasil, *Simulium pertinax* Kollar, 1832 é a que apresenta em geral os níveis populacionais mais elevados (STRIEDER et al., 2006).

A partir dos estudos sobre a distribuição dos simulídeos em bacias hidrográficas é possível compreender os padrões gerais de organização espacial desses insetos nos ambientes lóticos, uma vez que a ocorrência dos estágios imaturos é influenciada por uma série de fatores abióticos locais e ao grau de especialização de cada espécie a estes fatores (ADLER & KIM, 1984; CORKUM & CURRIE, 1987; MOREIRA et al 1994; COSCARÓN et al. 1996; HAMADA & McCREADIE, 1999; HAMADA et al. 2002; PEPINELLI et al., 2005; STRIEDER et al., 2006; TONGJURA et al., 2015; ADLER & McCREADIE, 2019). A sazonalidade também desempenha um papel importante na distribuição local das espécies, com as estações chuvosa e seca influenciando de forma diferente os padrões de diversidade e abundância regional dos simulídeos (FIGUEIRÓ et al., 2014; SRISUKA et al., 2015; PAVITRA et al., 2020; FIGUEIRÓ et al., 2020).

A bibliografia sobre a distribuição dos simulídeos na região Neotropical ainda é escassa (FIGUEIRÓ e GIL-AZEVEDO, 2010; MENZEL et al., 2019). Contudo, os estudos sobre a distribuição dos estágios imaturos desses insetos em sub-bacias hidrográficas são fundamentais para o manejo e controle eficiente das espécies com importância epidemiológica (ARAÚJO-COUTINHO et al., 1999). Neste contexto, o presente trabalho tem por principal objetivo conhecer a diversidade local de Simuliidae e contribuir com conhecimentos sobre as variáveis abióticas que influenciam a distribuição espaço-temporal das espécies ocorrentes nos principais riachos da sub-bacia hidrográfica do rio Comandaí, na região Sul do Brasil.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica a seguir reúne as principais informações disponíveis sobre a família Simuliidae, com base em estudos clássicos e atuais, objetivando abranger principalmente aspectos sobre as espécies ocorrentes na região Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil, assim como a biologia e ecologia desses insetos. Também, foram incluídos dados sobre o local de estudo, ou seja, a bacia hidrográfica do rio Comandá, destacando características geográficas e principais usos das áreas limítrofes.

2.1 ASPECTOS GERAIS DA FAMÍLIA SIMULIIDAE NEWMAN (1834)

A família Simuliidae pertence à ordem Diptera, subordem Nematocera, infra ordem Culicomorpha e está dividida em duas subfamílias: Parasimuliinae e Simuliinae, uma encontrada na região Neártica e outra de característica cosmopolita, respectivamente (CROSSKEY, 1990). São insetos de ampla distribuição geográfica, com exceção para o continente antártico, algumas ilhas oceânicas e locais desprovidos de água corrente, sendo uma condição fundamental para o desenvolvimento dos estágios imaturos (CROSSKEY, 1990). Popularmente conhecidos como “black flies” na língua inglesa, no espanhol como “jejenes”; no Brasil, os simulídeos são conhecidos como “piuns” na região norte e nordeste e “borrachudos” nas demais regiões.

Adler (2020), em seu último inventário taxonômico, reconheceu como válidas um total de 2.348 espécies, sendo 2.331 vivas e 17 fósseis, representando um aumento líquido de 21 espécies vivas e a diminuição de uma das espécies já considerada extinta (transferida para outra família), desde a sua revisão anterior. Em 2018, Adler e Crosskey indicaram uma distribuição aproximada das espécies de simulídeos de acordo com as regiões zoogeográficas, considerando que cerca de 17% pertenciam à região Oriental, 16% à Neotropical, 12% à Australiana, 11% à Afrotropical, 11% à Neártica, e os demais 33%, à Paleártica. No entanto, o esforço amostral e taxonômico nas diferentes localidades apresenta variações e até mesmo em alguns casos não foi reconhecido o compartilhamento de espécies entre regiões, podendo não representar a biodiversidade real.

Para o Brasil, são listadas 93 espécies, pertencentes a três gêneros, sendo: *Araucnephia* Wygodzinsky & Coscarón, 1973 (uma espécie); *Lutzsimulium* d'Andretta & d'Andretta, 1947 (quatro espécies); *Simulium* Latreille, 1802, (88 espécies). O último gênero compreende ainda outra subdivisão, incluindo seis subgêneros: *Aspathia* Enderlein, 1935; *Chirostilbia* Enderlein, 1921; *Notolepria* Enderlein, 1930; *Psaroniocompsa* Enderlein, 1934; *Psilopelmia* Enderlein, 1934; *Trichodagmia* Enderlein, 1934 (ADLER, 2020).

Para o estado do Rio Grande do Sul são reconhecidas 29 espécies, pertencentes aos gêneros *Lutzsimulium* d'Andretta & d'Andretta, 1947 e *Simulium* Latreille, 1802, sendo o último gênero apenas não representado por *Aspathia* e *Notolepria* dentre os subgêneros encontrados no Brasil (ADLER, 2020). Contudo, ainda houve o registro de *Simulium dinellii* Joan, 1912, presente na bacia hidrográfica do rio Caí, totalizando, dessa forma, 30 espécies para o Rio Grande do Sul (STRIEDER et al., 2006).

Simuliidae é uma das famílias de insetos da ordem Diptera mais conhecida no meio científico, basicamente no que se refere a sua taxonomia (ADLER et al., 2004; COSCARÓN; ARIAS, 2007; ADLER et al., 2010, MENZEL, 2019). Entretanto, mesmo contando com um número expressivo de pesquisas taxonômicas disponíveis, diversos autores relatam que frequentemente encontram problemas quanto à identificação de muitas espécies (PEPINELLI, 2011; ANBALAGAN et al., 2017; ZAMPIVA; PEPINELLI, 2017).

Para Post et al. (2007), Simuliidae é também conhecida por ser “considerada a família que mais abriga espécies crípticas entre os artrópodes hematófagos” e o autor acrescenta que, em razão disso, muitas vezes ocorrem dificuldades de identificação e conseqüentemente seja um dos principais motivos porque muitos táxons têm seus limites específicos mal estabelecidos. Estudos taxonômicos da família ainda são mais avançados que os ecológicos, uma vez que a bioecologia dos simulídeos ainda é compreendida de maneira insuficiente, particularmente para a região Neotropical (HAMADA et al., 2002).

Estudos voltados à bioecologia dos simulídeos procuram analisar onde as espécies ocorrem e as causas destas distribuições, porém, continuam sendo questões desafiadoras, pois cada espécie tem uma resposta única diante das mudanças no ambiente (RIBEIRO, 2016), que são intimamente ligadas a uma série de relações complexas do meio com as condições ecológicas (MENZEL, 2019). Em relação a

distribuição espaço-temporal das espécies no Brasil, a literatura existente está geralmente restrita a poucas áreas geográficas (FIGUEIRÓ & GIL- AZEVEDO, 2010).

Estudos ecológicos das espécies de simulídeos são de extrema importância uma vez que as fêmeas adultas estão entre o grupo de hematófagos mais incômodos ao ser humano e a outros animais, onde acabam sendo vetores de várias doenças transmitidas pelo carreamento de diversos agentes etiológicos, tais como, bactérias, helmintos, protozoários e vírus (HAMADA, 1993) desencadeando problemáticas nas mais diferentes áreas.

Entretanto, é notório ressaltar sua importância ecológica, uma vez que os simulídeos em seus estágios imaturos contribuem de diversas formas para a estabilidade dos ecossistemas aquáticos lóticos (ADLER et al., 2004) participando do ciclo da matéria e fluxo de energia, como filtradores de matéria orgânica, sendo um dos grupos mais numerosos em água doce (CUMMINS, 1992; FIGUEIRÓ et al., 2020).

2.2 DESENVOLVIMENTO E MORFOLOGIA DOS SIMULÍDEOS

Os simulídeos são insetos holometábolos, de metamorfose completa. Seu ciclo de vida compreende duas fases, sendo que os estágios imaturos (ovo, larva e pupa) possuem como criadouros os ecossistemas aquáticos lóticos, com presença de corredeiras, enquanto os indivíduos na forma adulta (fêmeas e machos) apresentam vida aérea no meio terrestre (CURRIE; ADLER, 2008), conforme podemos observar abaixo, Figura 1.

Mesmo com a grande diversidade de espécies de Simuliidae e diferentes condições ambientais onde vivem, o ciclo de vida de modo geral se mantém padronizado. Na fase reprodutiva, as fêmeas depositam os ovos no ambiente aquático, em quantidades que variam de 100 a 600, dos quais surgem as larvas que passam por uma série de estádios, possibilitando seu crescimento. Para a sua “maturação”, a larva constrói um casulo feito de seda secretada pelas glândulas salivares e evolui para o estágio de pupa, compreendendo de quatro a sete dias. O estágio de pupa é caracterizado pelos indivíduos permanecerem imóveis e não ocorrer alimentação (CROSSKEY, 1990). Completando o período de pupa, os simulídeos emergem como indivíduos adultos alados (ADLER; MCCREADIE, 1997).

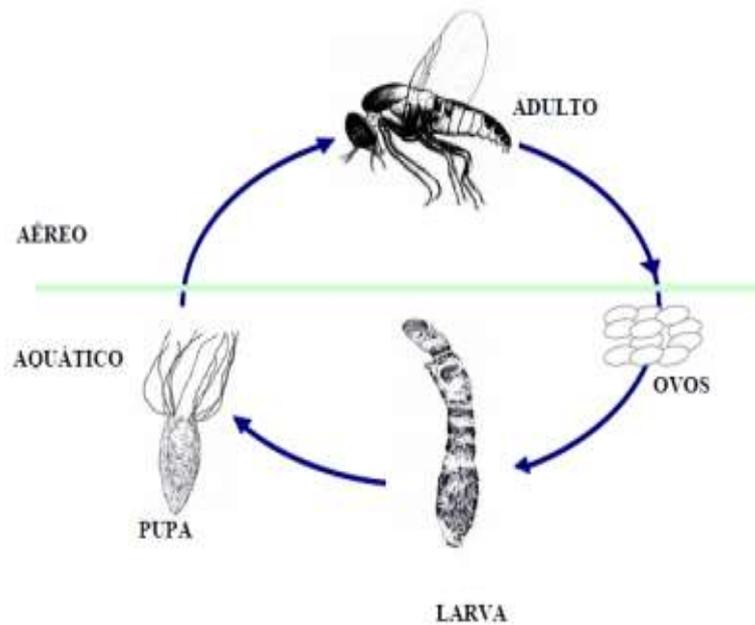


Figura 1- Ciclo de vida de Simuliidae, com os estágios de desenvolvimentos e os habitats.

Autoria: Hamada, 2005

No período dos estágios imaturos (ovo, larva, pupa), além de os simúlídeos serem considerados importantes organismos bioindicadores da qualidade da água (uma vez que são altamente susceptíveis à poluição orgânica e inorgânica), também possuem importância na cadeia alimentar, servindo de alimento para uma gama de seres vivos, invertebrados e vertebrados (SRISUKA et al., 2015). Como adultos, os machos e as fêmeas se alimentam de néctar, tendo as fêmeas uma alimentação sanguínea adicional para a completa maturação dos ovos (CROSSKEY, 1990).

O tempo médio de vida, incluindo as fases larval e adulta de um Simuliidae, dura algumas semanas, sendo bastante variável, uma vez que depende de fatores abióticos, como a temperatura (CAMPOS & ANDRADE, 1999; PEDROSO-DE-PAIVA, 2000).

2.2.1 Características gerais dos estágios imaturos

Os ovos de simúlídeos possuem medidas que variam de 100 a 400 µm com formato oval irregular a subtriangular (quando vistos lateralmente) e uma superfície lisa, sendo aderidos ao substrato por meio de uma substância gelatinosa, evitando assim que sejam levados pela correnteza (CROSSKEY, 1990). A sua coloração varia ao longo do amadurecimento, sendo inicialmente esbranquiçada e escurecendo ao longo do período de embriogênese (CAMPOS; ANDRADE, 2002).

A deposição dos ovos é realizada pela fêmea em diferentes substratos como galhos, folhas e seixos rochosos, contudo, a presença de água corrente é o fator fundamental para o seu desenvolvimento (PETRY et al., 2006). A temperatura, seguindo dos níveis de oxigênio dissolvido na água e o fotoperíodo são, respectivamente, os três fatores abióticos mais propensos a afetar o desenvolvimento embrionário dos simúlídeos (VIVIANI & ARAÚJO-COUTINHO, 1999).

Logo após a eclosão dos ovos, tem-se início a fase larval dos simúlídeos. Segundo Crosskey (1990), o estágio de larva é caracterizado por apresentar uma série de ecdises (mudas) e cada uma dessas ecdises representa um ínstar. São observados geralmente de seis a sete ínstars (ROSS; MERRIT, 1978), contudo, cada espécie ou até mesmo entre indivíduos da mesma espécie tendem a possuir suas características únicas de desenvolvimento neste período, sob influência de determinadas condições físico-químicas e ambientais (MENZEL, 2019).

No estágio larval sua forma geral é vermiforme, possuindo uma forte cápsula cefálica com um par característico de leques que filtram o alimento que está na coluna d'água, levando-o até a boca (EYMANN, 1991). Na proximidade da cápsula cefálica, ventralmente, a larva apresenta um falso pé e no final do abdomen apresenta papilas anais para trocas iônicas. Para garantir melhor segurança em seus movimentos de deslocamento, é produzida pela boca da larva uma secreção de seda, que permite a formação de um fio, que evita que a larva se perca com a correnteza (COSCARON, 1981; KIEL, RÖDER, 2002).

De acordo com o Pedroso-de-Paiva e Branco (2000), as variadas fontes de alimentação nesta fase incluem: detritos, algas, bactérias, insetos, plâncton e até

mesmo estágios iniciais de larvas da própria espécie. Possuindo alto poder de colonização em um curto prazo de tempo, as larvas de simúlídeos estão presentes geralmente em altas densidades em todos os ambientes lóticos (CROSSKEY, 1990). O estágio larval dura cerca de 21 dias.

Pedroso-de-Paiva e Branco (2000) acrescentam ainda que, para complementar sua metamorfose, as larvas de simúlídeos produzem uma substância sedosa fabricada a partir de suas secreções bucais, denominado de casulo, como forma de proteção. Durante o período pupal, a respiração ocorre através dos filamentos respiratórios presentes na superfície da pupa (TORRES, 2020), não ocorre alimentação neste estágio e os indivíduos permanecem imóveis. Na maioria dos casos, o tamanho e forma do casulo, bem como o número e configuração das brânquias torácicas, apresentam diferenças quanto à diversidade de espécies, sendo importantes fatores para a sua identificação (HAMADA et al., 2014).

Chegado o momento da emergência do indivíduo adulto, é possível visualizar uma coloração mais escura da pupa (COSCARON, 1981). Movimentos peristálticos facilitam o rompimento do casulo e, no interior de uma bolha de ar que explode em contato com a superfície da água, libera o espécime adulto para o voo (CROSSKEY, 1990). Os períodos da emergência dos adultos tendem a ocorrer nas primeiras horas do dia, sendo influenciados pela luz e temperatura da água (ARANDA, 2017). Em relação à fixação das pupas ao substrato, esta depende de um conjunto de ganchos localizado em seu abdome.

Para Pedroso-de-Paiva e Branco (2000), os estágios imaturos dos simúlídeos não devem ser vistos isoladamente, mas sim no sistema aquático como um todo, onde sejam incluídos os fatores bióticos e abióticos, para que se busque o conhecimento completo do seu papel no ecossistema, uma vez que os estágios iniciais são essenciais para a tomada de decisões para o seu controle.

2.2.2 Características gerais dos adultos

Medindo de 1 a 5 mm, os adultos de Simuliidae apresentam geralmente coloração escura, podendo ser também amarronzadas, avermelhadas e até mesmo, em algumas espécies, amareladas e esverdeadas (COSCARÓN & COSCARÓN-ARIAS, 2007; HAMADA et al. 2014). Como também em outros representantes de Insecta, seu corpo é subdividido em cabeça, tórax e abdomen, sendo que a cabeça possui um par de antenas curtas (constituídas por onze artículos) e probóscide robusta e curta, o tórax é robusto e curvado, suas asas são membranosas e hialinas com a região anal bem desenvolvida e com notáveis veias na região anterior (HAMADA et al. 2014; CURRIE & GRIMALDI, 2000). Diferenciando-se dos machos, as fêmeas são dicópticas, com omatídeos de mesmo tamanho, enquanto os machos são holópticos, com omatídeos superiores maiores que os inferiores (ADLER et al. 2004).

Após a emergência, os simúlídeos em sua fase adulta buscam acasalamento e alimento, voando no sentido contrário ao da correnteza do rio. Sua capacidade de vôo varia conforme o sexo e a espécie, havendo observações de distâncias de até 100 km e registros extremos de migrações com ajuda do vento de 250 a 500 km em determinadas espécies, durante o período de repasto sanguíneo (COSCARON, 1981; CROSSKEY, 1990).

Além de terem sua alimentação a partir do néctar, as fêmeas de muitas espécies, se alimentam de sangue. As picadas ocorrem geralmente em período diurno e após a hematofagia, a fêmea voa novamente ao sentido da nascente do rio, buscando o local ideal para a oviposição (CROSSKEY, 1955).

De acordo com Lehane e Lehane (2005), durante o repasto sanguíneo a fêmea se fixa ao hospedeiro através da sua parte bucal, que possui dentículos como ganchos. A perfuração ocorre através das mandíbulas, que atuam como um par de tesouras, até a saída de sangue. Logo após, a fêmea lança sua saliva no ferimento para evitar a coagulação, sendo que esta possui efeito anestésico e alérgico, produzindo inchaço e coceira que são desconfortáveis ao hospedeiro (LEHANE e LEHANE, 2005). A fêmea pode dobrar e até mesmo triplicar seu peso após a completa

sucção de sangue. Já os borrachudos machos, se alimentam essencialmente de líquidos vegetais, néctar de flores, seiva das plantas e sucos de frutas.

O acasalamento ocorre apenas uma vez na vida da fêmea e próximo aos locais de emergência. Ambos os sexos são atraídos para o mesmo local, e a orientação se deve por observação visual, onde os machos se aglomeram em enxames (ADLER e McCREADIE, 2019). Cerca de uma semana após a alimentação da fêmea, os ovos se desenvolvem e então a fêmea voa ao local de descanso e em busca do local para deposição de seus ovos.

2.2.3 Caracteres morfológicos presentes nos estágios imaturos, importantes na identificação das espécies

Os Simuliidae são objeto de diversos estudos visando conhecimentos epidemiológicos, sobre controle populacional de espécies com importância sanitária e a ecologia de ambientes lóticos (GIL-AZEVEDO et al., 2005). Neste contexto, além do conhecimento sobre a bioecologia, são fundamentais informações quanto à taxonomia em nível de espécie destes insetos, para que ocorra uma caracterização confiável da biodiversidade local (CROSSKEY, 1981). Estudos dos estágios que compreendem as formas imaturas, principalmente larva e pupa, são de grande valor taxonômico (CROSSKEY 1990).

Segundo Menzel (2019), para uma primeira caracterização dos simulídeos ainda em estágio larval, se faz fundamental classificar os organismos conforme seu morfotipo, levando em consideração para identificação somente indivíduos que apresentam o histoblasto branquial bem formado, ou seja, larvas em seus estágios finais de desenvolvimento. Seguindo este padrão inicial, conseqüentemente aumentam as chances de uma identificação correta a nível de espécie, diminuindo possíveis equívocos, uma vez que ocorre ausência de caracteres morfológicos específicos nas formas larvais mais jovens (STRIEDER; PY-DANIEL, 1999).

Chaves para identificação de larvas em último ínstar, comumente definem características fundamentais quanto a sua morfologia, conforme segue: tamanho, tanto da larva como também do histoblasto branquial deve ser considerado; coloração,

presença ou ausência de papilas ventrais posteriores, aspecto da cápsula cefálica, com presença de determinada pigmentação definida e formato da fenda gular (HAMADA et al 2014; HAMADA; GRILLET, 2001).

Para a identificação das pupas de Simuliidae, podem ser observadas as seguintes características: duas regiões distintas: cefalotórax e abdômen; cefalotórax é dividido em uma cápsula cefálica e uma cápsula torácica; a cápsula torácica apresenta um par de brânquias arborescentes, cada brânquia é ramificada em filamentos branquiais, que variam em número, forma, textura e configuração (CROSSKEY, 1990). No cefalotórax são encontrados tricomas (estruturas sensoriais, semelhantes a cerdas longas), que podem variar de simples a ramificados. Segundo Stuart e Hunter (1998), no cefalotórax também é possível observar estruturas no tegumento, denominadas de tubérculos.

Nas pupas de simúlideos ainda podem ser observados os seguintes caracteres: casulo definido, indefinido, simétrico, assimétrico, “chineliforme” e “sapatiforme”, com ou sem projeção ântero-dorsal e presença do teto (região principal do casulo e que cobre a pupa), com assoalho (região ventral do casulo, em algumas espécies está ausente). O casulo possui uma abertura na região anterior, que pode apresentar uma borda definida ou não. Esta borda pode apresentar estruturas de proteção, como reforço na borda (trama mais densa e endurecida), colar (borda formando um círculo completo – fusionada ventralmente), projeção ântero - dorsal e cesto (várias projeções originadas na borda que se entrelaçam). A fixação do casulo ao substrato tende a ocorrer de duas formas: por expansões laterais (se fixa com a parte interna do teto do casulo) ou por abas de adesão (se fixa com a parte externa do teto do casulo) (CROSSKEY 1990, COSCARÓN, 1991; STUART & HUNTER 1998; HAMADA E ADLER, 2001).

2.3 IMPORTÂNCIA AMBIENTAL, ECONÔMICA E SANITÁRIA DOS SIMULIIDAE

2.3.1 Importância ambiental

Ecossistemas aquáticos estão cada vez mais propensos à degradação ambiental pelo crescente aumento das atividades antrópicas. Os problemas mais

sérios podem ser observados em áreas urbanas, com despejo de efluentes industriais e esgotos domésticos (PIEDRAS et al., 2016), e nas áreas agrícolas, pela contaminação através dos resíduos de fertilizantes e agrotóxicos (ARIAS et al., 2007). Estes impactos ambientais, acarretam na diminuição da qualidade da água, perda da biodiversidade aquática, mudanças na dinâmica das comunidades (SHEPP & CUMMINS, 1997) e ainda, no favorecimento de espécies de simúlideos com hábito antropofílico (STRIEDER et al., 2006).

Com o propósito de monitorar estas alterações, os métodos analíticos dos parâmetros físicos e químicos da água são os mais utilizados, mas de acordo com Karr (1998) não são decisivos, pois refletem informações apenas do momento em que foi realizada a amostragem, sendo que os eventos de curto prazo podem não ser detectados.

Para melhor compreender tais ambientes existem os métodos biológicos, que consistem no estudo da biota aquática, utilizando organismos que possuem características fisiológicas que permitem avaliar tais impactos (RESH et al., 1995; CALLISO et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2014). Dados biológicos complementam e até mesmo podem substituir tais variáveis físico-químicas (RESH et al., 1995). Ottoni (2009) acrescenta ainda que o uso de bioindicadores, se comparado com as análises físico-químicas, apresenta custo reduzido e maior eficiência na resposta nas mudanças em condições ambientais naturais em ambientes lóticos de origem generalista.

Macroinvertebrados bentônicos, como os simúlideos, são animais de uma importância ambiental notável. Em seu estágio larval são considerados bons bioindicadores, uma vez que representa um dos grupos mais abundantes em ambientes lóticos, possuem ciclo de vida relativamente longo, são comumente sedentários e seu comportamento possui grande variação devido a alterações no ambiente, como o aumento das concentrações de matéria orgânica e o despejo de dejetos (ALFENAS, 2009; COSTA MARINHO et al., 2020). Além disso, apresentam um alto poder de colonização, podendo colonizar um novo local em pouco tempo (CROSSKEY, 1990).

Os simúlideos também são considerados um importante grupo integrante da cadeia trófica, em ambientes aquáticos e terrestres (STRAYER, 2006; TAVARES,

2019), dado que imaturos e adultos da família servem de alimento para outros macroinvertebrados, anfíbios, peixes e aves (CURRIE & ADLER, 2008). Sua alimentação em estágio larval, compreende matéria orgânica particulada, tendo assim um papel fundamental na ciclagem de nutrientes em ambientes lóticos (MALMQVIST et al., 2004) e as fêmeas adultas possuem hábito hematófago, em muitos casos, são antropofílicas.

Através do conhecimento da bioecologia dos simulídeos, já foram realizados os mais diversos estudos referentes aos diferentes níveis de degradação e poluição ambiental (CUNHA, 2004; STRIEDER et al., 2006, FLOERING et al., 2012; PINTO et al., 2012; RIBEIRO, 2018). Uma das espécies mais estudadas para avaliar os níveis de poluição e degradação ambiental é *Simulium pertinax*, que é considerada uma das espécies mais abundantes nas regiões sul e sudeste do Brasil, também é responsável pela maior incidência de ataques antropofílicos nestas regiões. Possuindo alta adaptabilidade a diversos habitats, em sua fase larval, esta espécie pode ser encontrada cada vez mais em ambientes com níveis intermediários a altos de poluição orgânica dos ambientes aquáticos lóticos (ARAUJO-COUTINHO et al., 1999; STRIEDER et al 2006).

2.3.2 Importância econômica e sanitária

As fêmeas adultas da maioria dos simulídeos tem hábito hematófago e cerca de 10% das espécies são antropofílicas (STRIEDER, 2004), constituindo um dos grupos de insetos que mais afetam a saúde, a economia e o bem-estar de seres humanos (ADLER et al., 2004). Diversos autores relatam a dificuldade de estimar as perdas relacionadas às atividades desses insetos (GRAY et al., 1996; STRIEDER et al., 2006; SANTOS et al., 2007; MENZEL, 2019) uma vez que as suas picadas causam grande desconforto e importuno a turistas, moradores e animais domésticos, bem como, a possível veiculação de agentes patogênicos (CROSSKEY, 1990; FELD, 2002; ADLER et al., 2004; TORRES, 2020).

Principalmente em áreas rurais, essa situação já é conhecida há muitos anos (STRIEDER & CORSEUIL, 1992; BUFFOLO et al., 2016). Em altas densidades

populacionais, esses dípteros podem desencadear uma série de problemas, como a redução na eficiência de trabalhadores, altos custos médicos, investimentos em medidas de controle e, quanto aos ataques aos animais domésticos, estes podem acarretar em perda de peso e redução da produtividade (MARDINI et al., 2006; SARIÖZKAN et al., 2014). Assim como aos seres humanos, os simulídeos são responsáveis pela transmissão de agentes infecciosos também a outros animais, como a oncocercose bovina, leucocitozoonose, tripanossomose aviária, entre outras (RUIZ-ARRONDO et al., 2014).

Várias espécies de simulídeos são mundialmente reconhecidas quanto as questões de saúde pública, sendo hospedeiros intermediários de diversas agentes patogênicos e atuando principalmente como vetores de doenças como a Oncocercose, Mansonelose (SHELLEY et al., 2010; TORRES, 2020), Síndrome Hemorrágica de Altamira (COSTA-JÚNIOR et al., 1997) e ao Pênfigo Foliáceo Endêmico (MAIA-HERZOG et al., 2012).

A Oncocercose ou "cegueira dos rios" é causada pela microfilária *Onchocerca volvulus* Leuckart, 1893 (SHELLEY & COSCARÓN, 2001). A filária se desenvolve no sangue do homem e produz tumores subcutâneos. Quando o verme se instala na região ocular, este pode causar cegueira parcial ou total e, com exceção do cristalino, todos os demais tecidos do olho podem ser acometidos. O período de incubação da Oncocercose pode variar de sete meses a dois anos (MARDINI et al., 2002; BUFFOLO et al., 2016).

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde (2018) estima-se que no final da década de 1980, cerca de 500 mil pessoas de diversos países como o Brasil, Colômbia, Equador, Guatemala, México e Venezuela corriam o risco de contrair a doença. A Organização Mundial da Saúde, em 2007, apontou que 37 milhões pessoas foram infectadas com o parasita e cerca de 300.000 acabaram por perder a visão (OMS, 2007). Alguns desses países (Guatemala, Colômbia, Equador e México) alcançaram a sua eliminação entre os anos de 2013 a 2016 (OPAS, 2018).

Atualmente, cerca de 33 mil pessoas estão em situação de risco nas Américas, (6% do total de pessoas que estavam sob risco de contrair no início das ações de combate à doença) e no Brasil, ainda está presente em algumas comunidades indígenas, principalmente da tribo Yanomami (BRASIL, 2019). A Oncocercose é

considerada a principal patologia transmitida pelos simulídeos (FIGUEIRÓ E GIL-AZEVEDO, 2010).

A Mansonelose, causada pela transmissão da filária *Mansonella ozzardi* Manson, 1897 (CERQUEIRA, 1959; SHELLEY et al., 1980; MORAES et al., 1985) pode estar associada também as picadas de vetores da família Simuliidae (MARDINI, 2002). Sintomas mais recorrentes dessa doença são dor nas pernas, articulações, febre, cefaleia, adenite, entre outros.

Durante a construção da Rodovia Transamazônica foi registrada outra doença que pode estar relacionada as picadas dos simulídeos, a “Síndrome Hemorrágica de Altamira”, nome da cidade onde foi feito seu primeiro registro. Sendo caracterizada pelo surgimento de pequenas hemorragias, cobrindo toda a superfície do corpo ou restrita às faces ou às extremidades e, ainda na mucosa bucal (PINHEIRO et al., 1974, BUFFOLO et al., 2016). Considera-se o mecanismo de desencadeamento da Síndrome ainda desconhecido, porém, está possivelmente relacionada a uma hipersensibilidade às substâncias contidas na saliva desses insetos (COSTA-JÚNIOR et al., 1997).

2.4 DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS SIMULÍDEOS

A família Simuliidae é reconhecida por apresentar distribuição mundial, com exceção do continente Antártico, o extremo Polo Norte, alguns arquipélagos e ilhas oceânicas (STRIEDER, 2004) estando raramente ausentes em riachos e outros ambientes com água corrente (MALMQVIST et al., 1999, HAMADA et al 2002, MCCREADIE et al 2005), que apresentam os fatores essenciais para seu desenvolvimento. Para o conhecimento de características ambientais que influenciam os simulídeos, estudos de riqueza e distribuição de espécies são imprescindíveis e auxiliam na melhor compreensão da bioecologia de espécies.

Diversos autores estão de acordo que as características físico-químicas nos ambientes aquáticos tem grande influência no sucesso evolutivo dos simulídeos (HAMADA et al., 2002; LANDEIRO et al., 2009; SRISUKA et al., 2015) já outros, adicionam outros fatores que devem ser levados em consideração, como a

disponibilidade de alimento, substrato para fixação dos estágios imaturos, habitat, interações biológicas e coocorrência de outras espécies da mesma família (HAMADA & MCCREADIE 1999; FIGUEIRÓ et al., 2006, STRIEDER et al., 2006). De acordo com Coscarón & Coscarón-Arias (1995) a distribuição dos simulídeos é um somatório de sua capacidade de se adaptar ao habitat e de sua origem filogenética.

O substrato é um dos fatores fundamentais para a sobrevivência de insetos aquáticos bentônicos (THORP & COVICH, 2001), uma vez que os estágios de larva e pupa dos simulídeos são caracterizados por sua fixação em um determinado local até o período de emergência, sendo que a fêmea, no período da postura, tem o papel de escolher o melhor local, de acordo com as adaptações de cada espécie (HAMADA & ADLER, 2001).

Em razão disso, se tornam crescentes estudos dos mais diferentes tipos de substratos para buscar compreender a distribuição de espécies e a sua preferência por determinados locais (LOZOVEI et al., 2004; TEIXEIRA, 2013). Em estudos de distribuição espacial de simulídeos, é comum verificar também a comparação de diferentes substratos e sua relação com determinadas espécies ou grupos de espécies (PEPINELLI, 201; SANTOS et al., 2010).

Com o objetivo de analisar tais preferências, vários estudos foram realizados com a utilização de substratos naturais e artificiais. No caso de estudos de substratos naturais, podemos citar as rochas, areia, serrapilheira, folhiços de correnteza, raízes, algas e plantas aquáticas (LOZOVEI et al 2004; COPPO & LOPES, 2010; FIGUEIRÓ et al., 2012). Já em estudos que avaliam substratos artificiais, os mais mencionados são fitas de diversas cores, telhas (ardósia cinza) e cordões de polipropileno (HAMADA et al., 1997, CUNHA 2004; STRIEDER et al., 2006).

No estudo da distribuição espacial, além do substrato, fatores bióticos e abióticos devem ser levados em consideração para análises determinantes em estudos ecológicos. Dentre os fatores abióticos de grande importância para a biota aquática, podemos citar: correnteza da água, luz, temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão, íons dissolvidos e outros materiais (EMBRAPA, 2004; ALFENAS, 2010). Estas variáveis sofrem ainda alterações conforme o clima, estação, pluviosidade e erosão.

Já os fatores bióticos, são geralmente medidos através de variações na estrutura e na função das comunidades nos ecossistemas através de riqueza e abundância, sendo que o sistema sapróbico, análise bacteriológica e o índice de diversidade são exemplos destas pesquisas (EMBRAPA, 2004).

2.5 CONTEXTUALIZAÇÃO DA SUB-BACIA DO RIO COMANDAÍ

Os arroios (= riachos) pertencentes a Sub-bacia do rio Comandaí, objeto de estudo do presente trabalho, se inserem na Bacia Hidrográfica dos rios Turvo, Santa Rosa e Santo Cristo (Bacia U 30) que, está incluída na Bacia do rio Uruguai.

2.5.1 Bacia do Rio Uruguai

A bacia do rio Uruguai engloba uma área aproximada de 384.000 km², dos quais 176.000 km² situam-se no Brasil, compreendendo 46.000 km² no Estado de Santa Catarina e 130.000 km² no Estado do Rio Grande do Sul (DNAEE/DCRH, 1984).

O rio Uruguai apresenta uma extensão total de 1.770 km, desde a junção do rio Canoas e do rio Pelotas até a foz, em frente à cidade uruguaia de Nueva Palmira, com um desnível de 422 metros (FEPAM, s/d). De sua extensão, 500 km estão em território brasileiro, 762 km na fronteira Brasil-Argentina e 508 km na fronteira Uruguai-Argentina (SUDESUL, 1984).

Os principais afluentes na sua margem direita, dentro do território brasileiro e no Estado de Santa Catarina, são os rios do Peixe, Chapecó, Irani, das Antas e Peperiguaçu. Na margem esquerda, no Estado do Rio Grande do Sul, os principais afluentes são os rios Pelotas, Apuaê-Inhandava, Passo Fundo, da Várzea, Guarita, Turvo, Buricá, Santa Rosa, Santo Cristo, Ijuí, Piratinim, Icamaquã, Butuí, Ibicuí e Quaraí (FEPAM s/d).

O clima da região da bacia do rio Uruguai é temperado, apresentando uma regular distribuição intra-anual de chuvas, porém com alguma elevação no período de

maio a setembro, coincidindo com o inverno. A disponibilidade hídrica natural da bacia hidrográfica do rio Uruguai é muito influenciada por importantes variações espaciais e temporais de alguns dos parâmetros climáticos, como o regime pluviométrico, o que se reflete nas atividades desenvolvidas, principalmente na agricultura (CASTRO e RUHOFF, 2009).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da bacia é classificado como Cfa e Cfb. Em ambos os casos, comporta-se como uma região de Clima Temperado, onde a temperatura do mês mais frio oscila entre -3 °C e 18 °C, apresentando chuvas em todas as estações. Nas áreas nas quais a temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C, áreas de relevo mais baixo, próximas ao rio Uruguai, o clima é classificado como sendo subtropical (Cfa); em contraponto, nas áreas de temperatura do mês mais quente inferior a esta, ou seja, nas partes mais altas da bacia, o clima é temperado (Cfb) (FGV, 1998).

2.5.2 Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo, Santa Rosa e Santo Cristo – Bacia U 30

O conselho de Recursos Hídricos, através da Resolução CRH Nº 04/02, de 09 de maio de 2002, consolidou a Divisão Hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul, dentro do âmbito do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, de acordo com o mapa apresentado na Figura 2 (FEPAM s/d).

A Bacia U 30, localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, é composta por cerca de 120 cursos d'água que drenam diretamente ao rio Uruguai. Deste destacam-se sete rios, que drenam sub-bacias hidrográficas importantes devido à sua magnitude ou à sua ocupação antrópica ou ainda, que drenam áreas urbanas e que apresentam intenso uso do solo.

O conjunto de cursos d'água que compõem a Bacia U30 drena uma área de 10.757 km² e apresenta uma rede de drenagem de 7.598 km. A sub-bacia do rio Comandaí é a terceira maior em área, abrangendo um total de 1.431 km², ficando atrás da sub-bacia dos rios Buricá e Turvo. Além disso, compõe uma das maiores redes de drenagem, como pode ser observado no Quadro 1 (FEPAM s/d).

A sub-bacia do rio Comandaí, em relação as demais sub-bacias do rio Uruguai, apresenta o segundo maior comprimento de seu rio principal, com aproximadamente 199 km de extensão bem como, a segunda maior área perimetral (242 km), ficando atrás da sub-bacia do rio Turvo (266 km).



Figura 2- Divisão Hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: SEMA, adaptado por FEPAM, RS

SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS	Área (km²)	Comprimento do rio principal (km)	Rede de Drenagem (km)	Perímetro (km)	Desnível do talvegue (m/km)	Densidade de Drenagem (km/km²)
Sub-bacia do Rio Amandaú	541,44	83,80	452,96	140,57	2,98	0,84
Sub-bacia do Rio Buricá	2.355,24	195,45	1506,33	231,00	1,79	0,64
Sub-bacia do Rio Comandaí	1.431,52	199,00	1235,11	242,04	1,51	0,86
Sub-bacia do Rio Santa Rosa	1.399,59	185,14	1022,67	212,81	1,62	0,73
Sub-bacia do Rio Santo Cristo	898,10	121,73	716,29	155,22	2,46	0,80
Sub-bacia do Rio Turvo	1.878,61	247,05	1155,98	266,71	1,62	0,62
Sub-bacia do Lajeado Grande	525,38	85,33	323,71	125,17	3,52	0,62
Demais sub-bacias	1.726,86	-	1185,77	-	-	-
Total	10.756,75	-	7.598,82	653.010,51	-	0,71

Quadro 1- Dados referentes às sub-bacias hidrográficas que compõem a Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo, Santa Rosa e Santo Cristo.

Fonte: Adaptado FEPAM s/d.

De acordo com o Plano de Desenvolvimento sustentável da região da Bacia do Rio Uruguai (2008), em relação à distribuição regional das demandas hídricas, a Bacia U30 é responsável por fornecer 23,21% para irrigação de terras altas, 13,61% para o abastecimento rural, 10,57% para a criação animal e 7,49% para o abastecimento urbano e 3,06% para abastecimento industrial. Do total das 15 sub-bacias, a U30 corresponde a 1,76% do total de demanda hídrica da bacia do rio Uruguai.

2.5.3 Sub-bacia do Rio Comandaí

Localizada ao sul da bacia U30, estendendo-se no sentido leste-oeste com área drenada equivalente a 1.431 km², a sub-bacia do rio Comandaí abrange parcialmente a área dos municípios de Porto Lucena (20,71%), Campina das Missões (80,58%), Ubiretama (90,25%), Catuípe (1,18%), Senador Salgado Filho (61,52%), Giruá (36,62%), Santo Ângelo (8,35%), Sete de Setembro (65,76%), Guarani das Missões

(32,81%), Cerro Largo (42,44%), Salvador das Missões (56,85%), São Pedro do Butiá (28,00%), São Paulo das Missões (81,20%) e Porto Xavier (2,84%) (FEPAM, s/d).

O rio Comandaí conta com a maior parte da sua rede de drenagem na sua margem direita, onde encontram-se, de montante à jusante os seguintes riachos: arroio Comandaizinho, arroio das Pedras, arroio Giruá, arroio Lambedor, arroio Fundão, lajeado Laranjeira e o arroio Pessegueiro. Na sua margem esquerda encontram-se o arroio Lavinia e o arroio Luiza, conforme Figura 3.

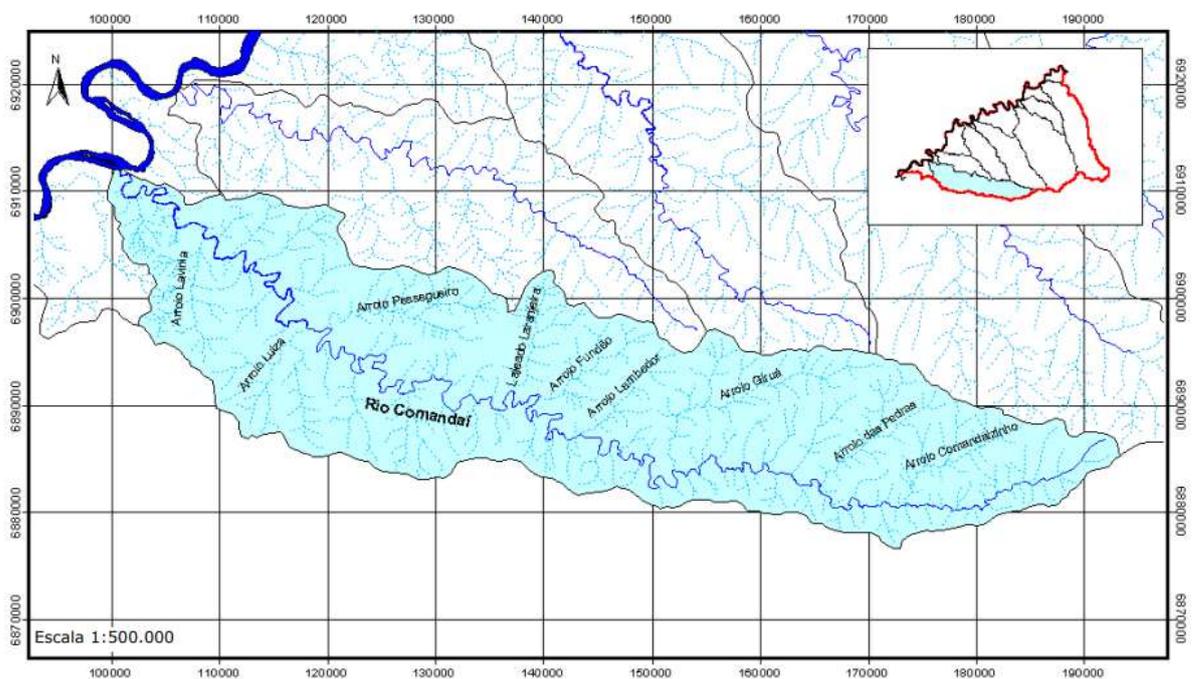


Figura 3 - Mapa de distribuição dos arroios ao longo do rio Comandaí, RS.
Fonte: FEPAM, s/d

Devido à sua forma alongada, seus tributários têm em sua maioria curta extensão e grande declividade. Suas nascentes localizam-se nos municípios de Catuípe, Santo Ângelo e Giruá. Já as nascentes dos seus principais afluentes encontram-se nos municípios de Giruá (arrosios Comandaizinho, das Pedras e Giruá), Senador Salgado Filho (arrosios Lambedor e Fundão), Ubiretama (arroio Fundão), Cândido Godói (lajeados Laranjeira e Pessegueiro), Campina das Missões (Lajeado Pessegueiro), São Paulo das Missões (arrosios Lavinia e Luiza), Roque Gonzales e São Pedro do Butiá (arroio Luiza) (FEPAM, s/d).

Em relação ao uso e ocupação do solo nas áreas limítrofes da sub-bacia do rio Comandaí, podemos caracterizar:

2.5.3.1 Arroio Comandaizinho

O ponto correspondente a CoA1 está localizado entre as coordenadas 28°6'30,40"S 54°14'54,27"O, sendo que esta região possui área ocupada pela agricultura intensiva em sua margem direita, contribuindo assim para o assoreamento do riacho. Nas áreas limítrofes encontramos vegetação nativa, integrando-se ao ambiente com gramíneas na margem esquerda. Quando ocorrem chuvas, estas lavam constantemente seu leito e carregam possíveis formações de nichos para os simúlideos e demais macroinvertebrados, uma vez que em seu leito encontramos poucas rochas e ou corredeiras.

Trecho médio (CoA2) localiza-se entre as coordenadas 28°7'53,35"S 54°18'37,28"O. Neste local, há agricultura intensiva na margem direita e potreiro na margem esquerda com rala composição arbórea e gramíneas. Ainda, o arroio possui uma corredeira que conta com a presença de muitas algas que propiciam hábitat para diversas espécies de macroinvertebrados.

Em seu trecho de foz (CoA3) (28°9'9,11,23"S 54°19'35,03"O), encontra-se uma vegetação ciliar mais estruturada, contudo o seu leito sofre com o assoreamento. Além de sedimentos encontramos corredeiras no local.

2.5.3.2 Arroio das Pedras

De acordo com Dorneles et al (2018), o arroio das Pedras possui área de drenagem de 70,54 km², com perímetro de 47,05 km, o comprimento do curso principal de 16,49 km, o comprimento de todos os seus afluentes é de 84,47 km e a área da bacia 15,04 km². Ainda, de acordo com os mesmos autores, o coeficiente de compacidade (Kc) de 1,57, o índice de circularidade (Ic) de 0,40 e o coeficiente de conformação (Fc) de 0,31, demonstram que o arroio das Pedras aparentemente não está sujeito a grandes enchentes.

Em seu trecho de nascente (PeA1) (28°3'40,13"S 54°19'45,54"O), conta com inúmeros tanques de piscicultura em seu entorno, além da presença de plantio de eucalipto na margem esquerda. Neste local de coleta temos pouca vegetação ciliar, acesso do gado e, no seu leito encontramos sedimentos, rochas e poucas corredeiras.

No trecho intermediário (PeA2), inserido entre as coordenadas 28°6'7,39"S 54°21'24,61"O, é observada a prática da agricultura intensiva, suas margens são protegidas por vegetação ciliar nativa, presença de rochas e corredeiras, seu trecho médio possui largura maior que seu trecho de foz. No trecho amostrado em sua foz (PeA3) (28°7'40,88"S 54°23'19,82"O), ocorre a prática da agricultura intensiva nas áreas limítrofes com a presença de vegetação ciliar em ambas as margens. O local é também utilizado como atrativo turístico e possui presença de corredeira e remansos.

2.5.3.3 Arroio Giruá

Localizado à jusante da área urbana do município de Giruá, o trecho de nascente (GiA1) está entre as coordenadas 28°3'9,78"S 54°26'25,99"O. A região conta com o uso do solo para a agricultura, em seu entorno, apresenta vegetação ciliar, fundo rochoso com pouco assoreamento.

O trecho intermediário do arroio Giruá (GiA2), (28°4'12,94"S 54°31'2,10"O), possui vegetação ciliar e seu leito está assoreado pelo uso intenso do solo por agricultura. Apresenta também poucas corredeiras e podem ser observados vestígios do uso da água para recreação.

Já o trecho de foz do arroio Giruá (GiA3) (28°7'26,65"S 54°32'29,25"O), apresenta em seu entorno vegetação ciliar, integrando-se com a bovinocultura. O uso intensivo do solo para práticas da agricultura contribui para o assoreamento do local. O trecho conta com a presença de rochas, corredeiras e alguns locais de remansos.

2.5.3.4 Arroio Lambedor

Em seu trecho de nascente o arroio Lambedor (LaM1), localizado entre as coordenadas 28°2'10,23"S 54°33'51,74"O, o uso do solo é voltado para a bovinocultura de leite intensiva, com vegetação ciliar presente. Neste trecho

encontramos também corredeiras, fundo rochoso e presença de sedimentos nos remansos.

O trecho intermediário (LaM2) ($28^{\circ}3'38,65''\text{S}$ $54^{\circ}35'5,00''\text{O}$), possui em seu entorno, atividades como agricultura e bovinocultura. Ocorre vegetação ciliar com presença de muita taquara. Leito com a presença de sedimentos, rochas e algumas corredeiras.

No trecho amostral da foz do arroio Lambedor (LaM3) ($28^{\circ}5'23,96''\text{S}$ $54^{\circ}37'18,68''\text{O}$), ocorre no seu entorno o uso do solo para a agricultura e bovinocultura. Seu leito principal nos remansos se encontra assoreado e em algumas corredeiras tem a presença de rochas.

2.5.3.5 Arroio Fundão

No trecho de nascente do arroio Fundão (FuM1), $28^{\circ}1'5,92''\text{S}$ $54^{\circ}35'56,0''\text{O}$, ocorre nas áreas limítrofes o uso intenso do solo para a agricultura e a bovinocultura, com a presença de pouca vegetação ciliar. Seu leito nos remansos se encontra assoreado e com a presença de rochas nas corredeiras.

Trecho intermediário (FuM2), $28^{\circ}2'22,57''\text{S}$ $54^{\circ}37'32,32''\text{O}$, seu entorno é utilizado para a bovinocultura, com a presença de pouquíssima vegetação ciliar, margens muito erodidas, leito assoreado com sedimentos e rochas.

Trecho de foz (FuM3), $28^{\circ}3'43,31''\text{S}$ $54^{\circ}39'22,20''\text{O}$, o seu entorno é utilizado para a agricultura e bovinocultura para produção de leite. O leito principal do arroio encontra-se muito assoreado e com presença de vegetação ciliar rala.

2.5.3.6 Arroio Laranjeira

No trecho de nascente do arroio Laranjeira (LrB1), $27^{\circ}59'37,36''\text{S}$ $54^{\circ}39'59,39''\text{O}$, nas áreas limítrofes predomina a bovinocultura de leite, as margens estão erodidas, ocorre potreiro com acesso direto do gado e o leito do curso d'água está muito assoreado, tem presença de muito sedimento e em alguns trechos ocorrem corredeiras.

Trecho intermediário (LrB2), está localizado entre as coordenadas 28°1'37,86"S 54°40'30,23"O. O seu entorno é caracterizado por apresentar vegetação ciliar preservada, com presença de locais de assoreamento, com pouca corredeira e neste local o arroio é mais largo que no trecho foz.

No trecho de foz (LrB3), 28°2'55,88"S 54°41'0,31"O, tem a presença em seu entorno um potreiro com gramíneas e árvores esparsas, além do livre acesso de gado ao riacho. Neste trecho do arroio amostrado foram encontradas poucas corredeiras e muito sedimento no leito principal.

2.5.3.7 Arroio Pessegueiro

No trecho de nascente o arroio Pessegueiro (PsB1) 27°59'6,20"S 54°43'28,09"O, possui vegetação ciliar com acesso restrito do gado ao riacho. Fundo rochoso, com diversas corredeiras.

No trecho intermediário (PsB2), 27°58'58,20"S 54°47'44,75"O, o entorno é ocupado por potreiro com predominância de gramíneas, vegetação ciliar rala e o livre acesso de gado ao riacho. A área também é usada para o lazer, propiciados pelo leito de fundo rochoso e da presença de corredeiras.

No trecho de foz (PsB3) (27°59'32,82"S 54°51'0,19"O) o arroio Pessegueiro apresenta vegetação ciliar em suas margens. O leito do riacho se encontra assoreado com presença de grande quantidade de areia e cascalho, além da presença de um trecho com corredeira. O aspecto da água é acinzentado, o esgoto do município de Campina das Missões passa por uma estação de tratamento antes de chegar ao riacho a montante do local de amostragem.

2.5.3.8 Arroio Luiza

No trecho de nascente do arroio Luiza (LuB1), localizado nas coordenadas 28°4'23,72"S 54°53'10,00"O, tem a presença de um potreiro com acesso livre do gado ao riacho e as margens estão erodidas, parcialmente protegidas por gramíneas. No leito principal, tem muitas pedras com trecho de corredeira, além de remanços com muitos sedimentos.

O trecho intermediário (LuB2), localizado entre as coordenadas 28°2'38,82"S 54°53'36,99"O, apresenta em seu entorno um potreiro, com o livre acesso de gado, que conseqüentemente aumenta a erosão em suas margens. Em alguns trechos, as margens contam com vegetação ciliar e presença de gramíneas. Há presença de muito sedimento e poucas corredeiras.

Em seu trecho de foz o arroio Luiza (LuB3), coordenadas 28°0'26,34"S 54°54'2,84"O, possui vegetação nativa, contudo as suas margens, estão erodidas devido às chuvas e alta velocidade da água. O leito é rochoso, com crescimento de algas e ocorrem locais de remanço com sedimentos. Uso do solo do entorno é predominante para a agricultura e bovinocultura.

2.5.3.9 Arroio Lavínea

No trecho de nascente (LvB1), 27°59'42,41"S 54°59'12,20"O pode ser observado o local mais preservado em relação aos demais pontos amostrados no arroio Lavínea, com vegetação ciliar em maior abundância e potreiro mais afastado das margens, ainda foi possível verificar algumas áreas em pousio a montante. Uso do solo predominante para a bovinocultura do leite. Leito do arroio é rochoso com a presença de corredeira e pouco sedimento.

Trecho intermediário (LvB2), 27°59'3,00"S 54°59'16,17"O, o local amostrado conta com a proteção de vegetação ciliar, com potreiro logo a seguir e acesso do gado ao riacho em determinados pontos. Podem ser visualizados locais com margens erodidas, presença de sedimento e algumas corredeiras ao longo do trecho de amostragem.

Trecho de foz (LvB3), 27°55'34,10"S 54°58'56,69"O. Neste local de amostragem o arroio encontra-se bastante erodido, com pouca proteção ciliar e acesso direto do gado ao curso d'água. Ocorre pouca corredeira e presença de muito sedimento no leito do arroio.

3. RESULTADOS

Os resultados da presente Dissertação foram organizados em forma de artigo científico, na seção 3.1, pag. 39, com o título: “SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF PREIMAGINAL BLACK FLIES (DIPTERA: SIMULIIDAE) IN STREAMS OF A SUB-BASIN OF THE URUGUAY RIVER BASIN, SOUTHERN BRAZIL”. Este artigo será submetido para o Periódico Entomobrasilis e já está organizado conforme as normas para publicação. O trabalho aborda a influência de fatores abióticos sobre a comunidade de simúlideos em diferentes escalas espaciais e temporais, na sub-bacia hidrográfica do rio Comandá.

3.1 SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF PREIMAGINAL BLACK FLIES (DIPTERA: SIMULIIDAE) IN STREAMS OF A SUB-BASIN OF THE URUGUAY RIVER BASIN, SOUTHERN BRAZIL

Abstract: Adult females of most simuliid species (Diptera, Simuliidae) exhibit a blood-sucking habit. While obtaining blood from their hosts, these insects can cause health and economic problems depending on the number and intensity of the bites. Immature stages develop in water courses (rivers and streams) and are important in the ecology of lotic environments due to the larva's ability to filter organic matter dissolved in water, turning it available to the next level in the aquatic food chain. We aim to understand the distribution of immature simuliids (larvae and pupae) in the hydrographic sub-basin of the Comandaí river, in the Northwest region of Rio Grande do Sul, Brazil. For that purpose, simuliids were sampled in three stretches (source, intermediate and mouth) of nine streams, distributed along the three main regions of the sub-basin. Evaluations of the influence of abiotic factors in different spatial and temporal scales were made. Sampling was carried out in two seasons: between September and November 2016 (spring), and between April and July 2017 (autumn). In total, 17,146 individuals were sampled (larvae of last instars and pupae), which resulted in the identification of eleven Simuliidae species: *Simulium pertinax*, *Simulium incrustatum*, *Simulium subpallidum*, *Simulium orbitale*, *Simulium rubrithorax*, *Simulium jujuyense*, *Simulium subnigrum*, *Simulium perflavum*, *Simulium inaequale*, *Simulium spinibranchium* and *Simulium lutzianum*. The most abundant species in the two seasons and in all studied stretches were *S. pertinax* (77.55%), followed by *S. incrustatum* (14.56%) and *S. subpallidum* (2.35%). The highest abundance of simuliids was observed in stretches from the mouth of the streams, with 44.38% of the total number of individuals, followed by the intermediate stretches (29.90%) and sources (25.72%). Regarding the identification of indicator species, *S. pertinax*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum* and *S. orbitale* stood out in mouth stretches, and *S. rubrithorax* in source stretches. Environmental variables such as conductivity, altitude, canopy cover and stream width were interpreted as important conditioning factors for the distribution of simuliid immature stages in the Comandaí River sub-basin. In general, we concluded that Simuliidae are more abundant during spring in the study area, mainly in mouth stretches. Such information is important for the control and management of species with anthropogenic hematophagous habit, such as *S. pertinax*, which was the most representative species in both abundance and frequency of occurrence along the main water courses from the Comandaí River sub-basin, in upper Uruguay River region, southern Brazil.

Keywords: Lotic environments. Aquatic insects. Simuliid. Neotropical.

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE ESTÁGIOS IMATUROS DE BORRACHUDOS (DIPTERA: SIMULIIDAE) EM RIACHOS DE UMA SUB-BACIA DA BACIA DO RIO URUGUAI, NO SUL DO BRASIL

Resumo: As fêmeas adultas da maioria das espécies de simúlídeos (Diptera, Simuliidae) tem hábito hematófago. Mediante a obtenção de sangue nos hospedeiros estes insetos podem causar problemas de saúde e econômicos dependendo do número e da intensidade das picadas. Os estágios imaturos se desenvolvem em cursos d'água (rios e corretezas) e são importantes na ecologia de ambientes lóticos pela habilidade da larva filtrar matéria orgânica dissolvida na água e a tornar disponível para o nível seguinte na cadeia alimentar aquática. O presente trabalho tem por objetivo conhecer a distribuição dos imaturos de simúlídeos (larvas e pupas) na sub-bacia hidrográfica do rio Comandaí, na região Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. Para tanto foram realizadas amostragens de simúlídeos em três trechos (nascente, intermediário e foz) de nove riachos distribuídos nas três principais regiões da sub-bacia e feitas avaliações da influência de fatores abióticos em diferentes escalas espaciais e

temporais. As amostragens foram realizadas em duas estações: entre os meses de setembro a novembro de 2016 (Primavera), e entre os meses de abril a julho de 2017 (Outono). No total foram examinados 17.146 indivíduos (larvas de último instar e pupas) que resultaram na identificação de onze espécies de Simuliidae: *Simulium pertinax*, *Simulium incrustatum*, *Simulium subpallidum*, *Simulium orbitale*, *Simulium rubrithorax*, *Simulium jujuyense*, *Simulium subnigrum*, *Simulium perflavum*, *Simulium inaequale*, *Simulium spinibranchium* e *Simulium lutzianum*. As espécies mais abundantes nas duas estações do ano e em todos os trechos dos riachos estudados foram *S. pertinax* (77,55%), seguida por *S. incrustatum* (14,56%) e *S. subpallidum* (2,35 %). A maior abundância dos simulídeos foi obtida nos trechos de foz dos riachos, com 44,38% do total de indivíduos, seguido pelos trechos intermediários (29,90%) e de nascentes (25,72%). No estudo de espécies indicadoras, *S. pertinax*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum* e *S. orbitale* se destacaram para os trechos de foz e *S. rubrithorax* para nascentes. Variáveis ambientais como condutividade, altitude, cobertura do dossel e largura do riacho se mostraram importantes fatores condicionantes da distribuição dos estágios imaturos de simulídeos na sub-bacia do rio Comandaí. De uma forma geral conclui-se que no local do estudo os Simuliidae apresentam sua maior abundância na primavera, em trechos de foz dos riachos. Tais informações são importantes para o controle e manejo de espécies com hábito hematofago antropofílico, como *S. pertinax*, que foi a espécie mais representativa em abundância e frequência de ocorrência nos principais cursos d'água da sub-bacia do rio Comandaí, na região do alto rio Uruguai, sul do Brasil.

Palavras-chave: Ambientes lóticos. Insetos aquáticos. Simulídeos. Neotropical.

3.1.1 Introduction

Simuliidae (Diptera: Culicomorpha) comprises 2,348 described species, of which 2,331 are living species and 17 extinct (ADLER 2020). These insects, commonly known as black-flies occur in all zoogeographic regions (except Antarctica) and, in most species, females present a hematophagous feeding habit (CROSSKEY 1990; HAMADA et al. 2002). Immature stages (eggs, larvae and pupae) develop in lotic aquatic environments and are characterized by the capacity of colonizing new substrates in a short period of time (KIEL et al. 1998; MALMQVIST et al. 1999; ADLER 2019).

Simulids play an important role in the trophic relationships of water courses (FERREIRA et al. 2020). Adults are well known for their medical-veterinary importance, since the hematophagous habit of females can cause several discomforts such as allergic reactions and even disease transmission (STRIEDER & CORSEUIL 1992). In certain regions these insects are parasite vectors, such as the nematodes *Onchocerca volvulus* Leuckart, 1893 and *Mansonella ozzardi* Manson, 1897 (SHELLEY et al. 2010). In many regions, the intense bites of these insects cause discomfort to their hosts, consequently leading to several socioeconomic damages (SARIÖZKAN et al. 2014).

According to Menzel et al. (2019), several authors have shown interest in better understanding the bioecology of simuliids. Regarding the spatio-temporal distribution of species, regions that comprise the Central Amazon and Atlantic Forest biomes are the ones that concentrate the higher number of recent studies conducted in Brazil, followed by the Cerrado biome (DOCILE et al. 2015; FIGUEIRÓ et al. 2012, 2014, 2015, 2020). According to Baptista et al. (2014), Brazilian studies regarding communities' diversity in lotic environments are generally focused on the ecology of biological organisms, addressing the composition and spatial distribution of species on a local scale, restricted to a certain river stretch or microbasin. Coscarón et al. (1991) mention that the South and Southeast regions of Brazil present severe problems related to disturbances caused by simuliids, due to the high occurrence rates of anthropophilic species (FIGUEIRÓ & GIL-AZEVEDO 2010). Among the species occurring in southern Brazil, *Simulium pertinax* Kollar, 1832 is the one with the highest population rates (STRIEDER et al. 2006).

Studies on the distribution of simuliids in hydrographic basins allow us to understand the general patterns of these aquatic insects' spatial organization in lotic environments, since the occurrence of immature stages is influenced by a series of local abiotic factors and the degree of each species' specialization to these factors (ADLER & KIM 1984; CORKUM & CURRIE 1987; MOREIRA et al. 1994; COSCARÓN et al. 1996; HAMADA & McCREADIE 1999; HAMADA et al. 2002; PEPINELLI et al. 2005; STRIEDER et al. 2006; TONGJURA et al. 2015; ADLER & McCREADIE 2019). Seasonality also plays an important role in the local distribution of species, since the rainy and dry seasons present distinct patterns of diversity and regional abundance (FIGUEIRÓ et al. 2014; SRISUKA et al. 2015; PAVITRA et al. 2020; FIGUEIRÓ et al. 2020).

The scientific literature on the distribution of simuliids inhabiting the Neotropical region is still scarce (FIGUEIRÓ & GIL-AZEVEDO 2010; MENZEL et al. 2019). However, the knowledge on the distribution of immature individuals in hydrographic sub-basins are essential for the efficient management of freshwater ecosystems and control of epidemiological important species (ARAÚJO-COUTINHO et al. 1999). In this sense, our main goal was to describe the local diversity of Simuliidae and to investigate how abiotic variables may influence the spatio-temporal distribution of species

inhabiting the main streams from the Comandaí River sub-basin, upper region of the Uruguay River basin.

3.1.2 Material and Methods

3.1.2.1 Study Area

We covered the main streams from the Comandaí River sub-basin, which is located in Rio Grande do Sul state, Brazil, between the geographical coordinates 27°07' S and 28°13' S, and between 53°24' W and 55°20' W. The basin has a total area of 11,056.23 km². Its sources are located at about 400 m altitude, and its mouth at 90 m. The Comandaí River has a total course of 170 km and an average slope of around 2.3 m/km² (ANA; DORA 2013).

The main economic activities in the sub-basin are related to agriculture and livestock production, where the cultivation of corn, soybeans and wheat are widespread throughout the region. Livestock, on the other hand, is characterized by the production of beef and dairy cattle, and to a lesser extent, pig and poultry farming (DEPARTAMENTO DE HÁDRICOS HÍDRICOS 2012). The tributary streams from the upper Uruguay River region are mostly short and quite steep, which make them attractive for tourism.

According to the Socioeconomic Atlas of Rio Grande do Sul (2002), the region's climate is subtropical, classified as humid mesothermal (Köppen classification), the temperature is very variable, with hot summers and severe winters, with the occurrence of frosts and eventual snowfall. The average temperature varies between 15 and 18 °C, with minimums of -10 °C and maximum of 40 °C. Regarding precipitation, the region presents a relatively balanced distribution of rainfall throughout the year, due to oceanic air masses entering the State (RIO GRANDE DO SUL 2002).

In order to survey the species richness and better understand the local distribution of simuliids in the Comandaí River sub-basin, 27 sample points were selected across nine main streams, based on their accessibility, presence of rapids, altitude and stretch of watercourse. The sample design comprised the following streams: Comandaizinho (Co), das Pedras (Pe), Giruá (Gi), Lambedor (La), Fundão (Fu), Laranjeira (Lr), Pessegueiro (Ps), Luiza (Lu) and Lavínea (Lv), with three points

in each stream: Source (1), Intermediate (2), and Mouth (3). Three streams are located in the Upper Comandaí region (A), three in the Middle Comandaí (M) and three in the Lower Comandaí (B). Thus, the twenty-seven sampling points were expressed as: CoA1, CoA2, CoA3, PeA1, PeA2, PeA3, GiA1, GiA2, GiA3, LaM1, LaM2, LaM3, FuM1, FuM2, FuM3, LrM1, LrM2, LrM3, PsB1, PsB2, PsB3, LuB1, LuB2, LuB3, LvB1, LvB2 and LvB3 (Fig. 1).

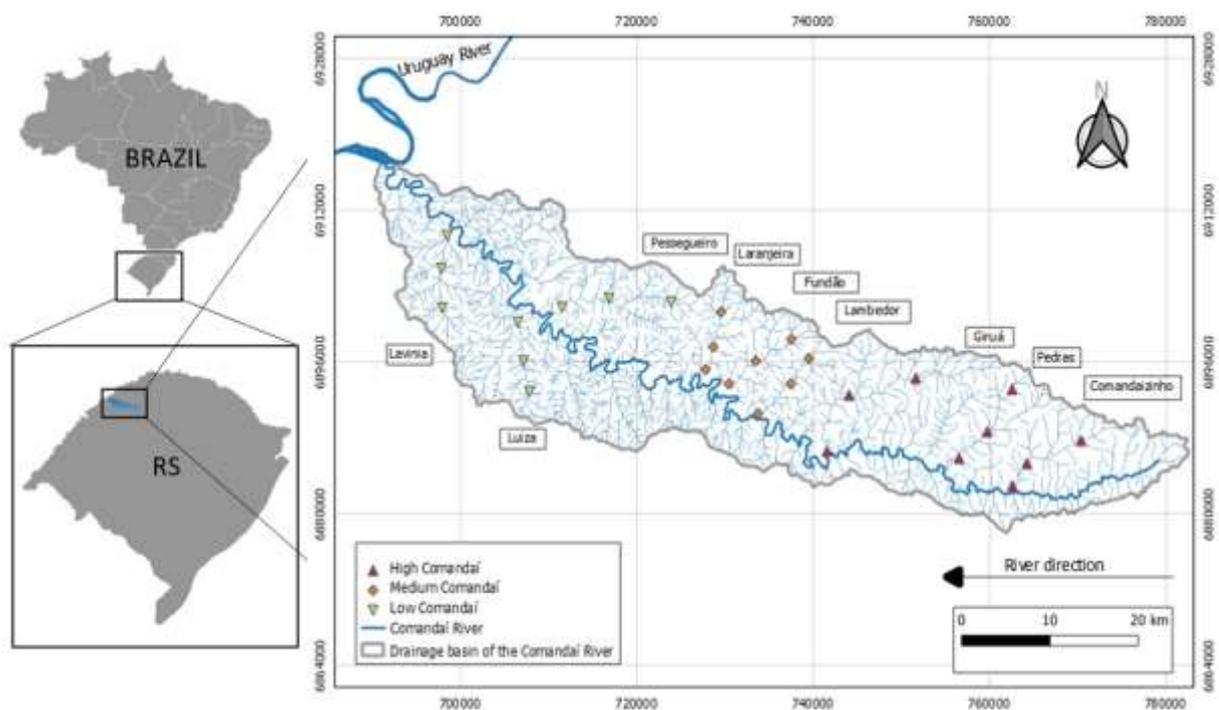


Figure 1- Location of the 27 simuliids' sampling points in the Comandaí River sub-basin, Rio Grande do Sul, Brazil.

3.1.2.2 Sampling

Spring is the season where the greatest species richness, as well as higher population are observed for Simuliidae species in southern Brazil (STRIEDER & CORSEUIL 1992). Thus, we decided to conduct the sampling in two seasons: autumn and spring, allowing a temporal comparison between two periods of the year. The first sampling occurred between the months of September and November 2016, and the second sampling occurred during autumn, between April and July 2017.

Sampling included only immature stages (larvae and pupae) and was performed downstream, in stretches of about 100 meters, for 40 minutes. Physicochemical and landscape factors were collected at all study points, right after sampling the immature simuliid individuals. A portable multiparameter meter was used to measure environmental parameters, such as: water temperature (°C), pH, electrical conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$), dissolved oxygen (%), also and atmospheric pressure (mmHg). Stream's width was also estimated using a measuring tape. Through the Google Earth Pro browser, we obtained the geographical coordinates and respective altitudes of sampling points. Such procedures follow the methods proposed by McCreddie et al. (2006).

3.1.2.3 Screening and identification of biological material

A screening process for the collected biological material was used prior to species identification, since the collection procedures were not selective for Simuliidae. Thus, we removed plant debris and other macroinvertebrate taxa from samples.

Strieder and Py-Daniel (1999) states that younger larval forms do not present the specific characteristics to ensure identification at the species level. Thus, all simuliid larvae were classified according to morphotype, and only individuals with well-formed branchial histoblast were considered for species identification.

For species identification we followed taxonomic keys, especially those proposed by Coscarón (1991) and Strieder et al. (1992). The most up-to-date global taxonomic inventory (ADLER 2020) was verified to check synonymous species. After identification, we deposited the material in the biological collection of the Zoology laboratory at Federal University of Fronteira Sul - UFFS, Cerro Largo *campus*.

3.1.2.4 Data analysis

We assumed that the number of sampled species represents the biological diversity of Simuliidae from the area, and that no species was neglected during sampling.

In order to determine the taxonomic composition and abundance of species from different regions of the basin (upper, middle and lower) and in different stretches

of the streams (source, intermediate and mouth) we calculated the frequency of occurrence (FO%) of each species in a given sampling point in relation to all others, for both sampling seasons.

The permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) was used to understand the interactions of simuliid composition across streams and between seasons, and a T test was used to analyze the composition of similar simuliid species between streams' stretches. The Monte Carlo Significance Test was used to highlight spatial and temporal indicator species. Regarding the spatial-temporal variation of species abundance and richness in relation to the season and stream, we used the bifactorial Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey's post-hoc test was used in the case of differences in ANOVA.

In order to select the abiotic variables that better explain the results, and then evaluate the relationship between simuliid diversity and environmental variables, we used the forward selection method. To stabilize and normalize as variances, the observed values, except pH, were log transformed ($\log(x + 1)$). The structure of the simuliid assemblage was evaluated through a Canonical Correspondence Analysis - CCA. These analyzes allowed us to visualize the most important relationships between all variables. The same data set was subjected to the MRPP (Multiple Response Permutation Procedure) permutation test, in order to compare the differences across the different regions and streams' stretches. All analyzes were performed using the PC ORD software (version 5.0) and with a significance of $\alpha = 0.05$.

3.1.3 Results

3.1.3.1 Taxonomic composition and abundance

We recorded a total of 17,146 simuliids (last instar larvae and pupae) which were identified into eleven species, as follows: *Simulium pertinax* Kollar, 1832; *Simulium incrustatum* Lutz, 1910; *Simulium subpallidum* Lutz, 1910; *Simulium orbitale* Lutz, 1910; *Simulium rubrithorax* Lutz, 1909; *Simulium jujuyense* Paterson & Shannon, 1927; *Simulium subnigrum* Lutz, 1910; *Simulium perflavum* Roubaud, 1906; *Simulium inaequale* Paterson & Shannon, 1927; *Simulium spinibranchium* Lutz, 1910 and *Simulium lutzianum* Pinto, 1932.

S. pertinax and *S. incrustatum* were the most abundant species, representing 92.13% of the sampled simuliids (Table 1). The other species were far less frequent, representing only 7.87% of the total.

In general, *S. pertinax* was the most abundant species, represented by 13,298 individuals (77.55% of the total) and with the highest frequency of occurrence (98.15%), widely distributed along the water courses of the Comandaí River sub-basin. *S. pertinax* showed a greater association with mouth of sampling points, where 40.73% of the total individuals were sampled. *S. pertinax* was also common in both seasons (Table 1).

Table 1- Number of preimaginal Simuliidae individuals, capture proportion, frequency of occurrence, occurrence in streams' stretches and regions from the Comandaí River sub-basin, RS, Brazil, and presence by season, from September 2016 to July 2017.

Species	Nº of individuals	%PC (stretches)	%FO (stretches)	Streams' Stretches	Region of the basin	Season
<i>Simulium pertinax</i>	13.298	77.55	98.15	1, 2, 3	A, M, B	P,O
<i>Simulium incrustatum</i>	2.498	14,56	83.33	1, 2, 3	A, M, B	P,O
<i>Simulium subpallidum</i>	404	2,35	77.77	1, 2, 3	A, M, B	P,O
<i>Simulium orbitale</i>	324	1,89	27.77	1, 2, 3	A, M, B	P,O
<i>Simulium rubrithorax</i>	297	1,73	22.22	1, 2, 3	A, M, B	P,O
<i>Simulium jujuyense</i>	217	1,26	55.55	1, 2, 3	A, M, B	P,O
<i>Simulium subnigrum</i>	55	0,32	25.93	1, 2, 3	A, M, B	P,O
<i>Simulium perflavum</i>	28	0,16	14.81	1, 2, 3	A, M, B	O
<i>Simulium inaequale</i>	22	0,12	27.77	1, 2, 3	A, M, B	P,O
<i>Simulium spinibranchium</i>	2	0,01	3.70	1, 2	M, B	P,O
<i>Simulium lutzianum</i>	1	0,005	1.85	3	B	P

Legend: PC=capture proportion. FO=frequency of occurrence. Streams' stretches (1=sources, 2=intermediate, 3=mouth). Region of the basin (A=upper, M=middle, B=lower). Season (P=spring, O=autumn).

S. incrustatum was the second most abundant species in this study, totaling 2,498 sampled individuals (14.56%) and occurred very frequently, reaching FO =

88.01% during spring, predominantly in the intermediate stretches of streams, where it represented 38.98% of the total sampled individuals, as shown in Table 1.

S. subpallidum was the third most abundant species, totaling 404 individuals (2.35%). Its distribution occurs similarly in both seasons, with 210 specimens (51.98%) during spring and 194 (48.01%) during autumn, predominantly in stretches close to the mouth of streams (50.74%), followed by the intermediate sections (31.11%).

When analyzing the temporal distribution of simuliids we can see that most species occurred in both seasons. However, *S. perflavum* and *S. lutzianum* were found only in autumn and spring, respectively (Table 1).

Regarding the spatial distribution of species over large areas of the sub-basin, only *S. spinibranchium* and *S. lutzianum* were not found in all three regions (Upper, Middle, Lower). *S. spinibranchium* occurred only in streams located in the middle and lower region, while *S. lutzianum*, with only one sampled specimen, was found in the lower region of the sub-basin, as shown in Figure 2.

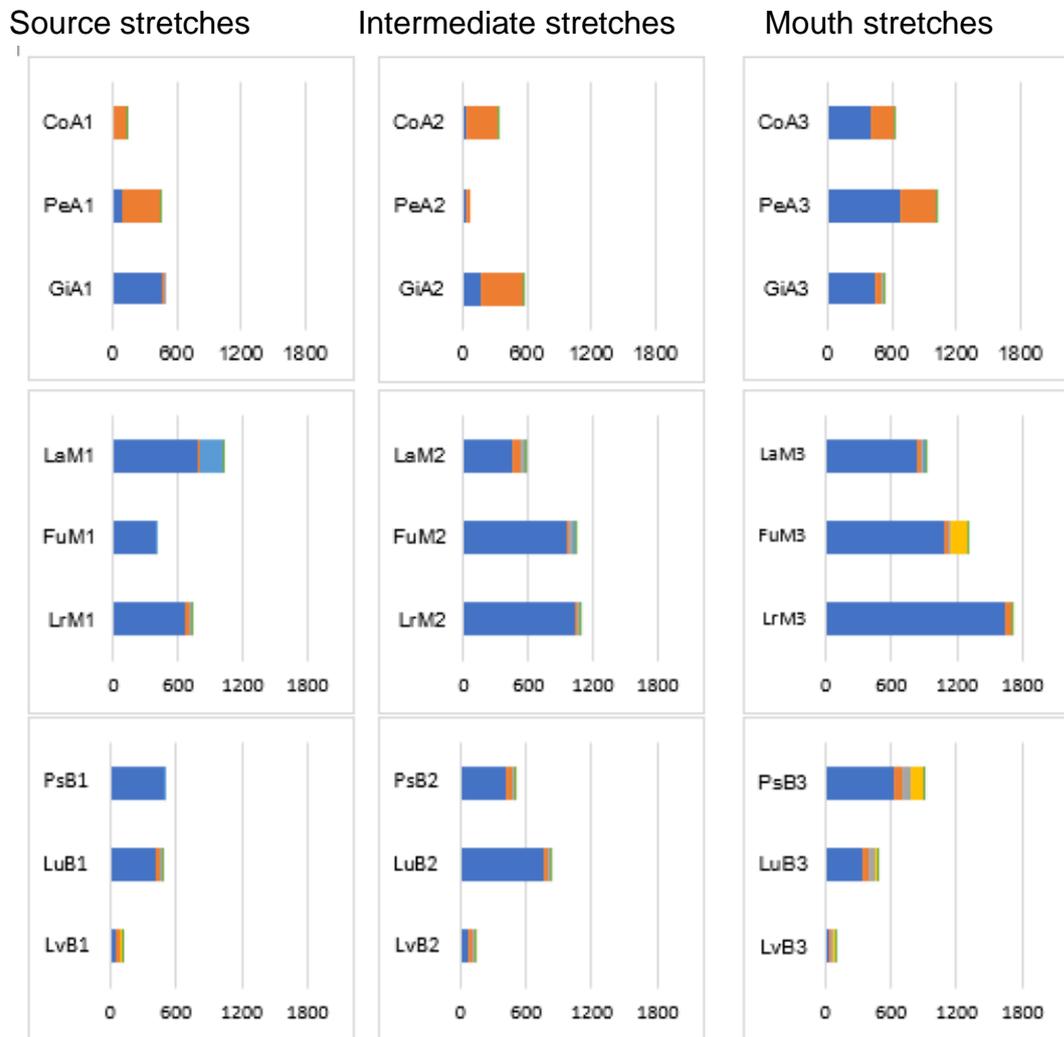
The streams' mouths showed a greater abundance of simuliids, comprising 7,610 (44.38%) individuals, followed by intermediate stretches with 5,128 (29.9%) and from the sources, with 4,408 individuals (25.72%) (Figure 2).

The Fundão (Fu) and Giruá (Gi) streams showed the higher abundances among all nine sampled streams, corresponding, respectively, to 21.24% and 19.21% of all sampled individuals. Spring was the season with higher abundance in these two streams, totaling 1,687 (16.72%) individuals in Fundão (Fu) and 1,533 (15.19%) in Giruá (Gi). When comparing the sampled sections, the Giruá stream showed a greater abundance (548) in the intermediate section, while Fundão had a higher abundance in the mouth section, totaling 961 individuals, as showed in Appendix 1.

The Laranjeira stream (Lr) showed a greater abundance of simuliids during autumn, totaling 1,956 (27.70%) individuals, when most individuals were found in the mouth section (57.41%). We observed a prevalence of *S. pertinax* in that site, represented by 1,093 (97.32%) specimens.

In the Lavínea stream (Lv), we observed the lowest simuliid abundance among all streams (2.07%), with 307 specimens (3.04%) during spring and 49 (0.69%) during

autumn, with a greater abundance in the intermediate section (35.95%) and source section (33.14%).



Legend:

- *S. pertinax* ■ *S. incrustatum*
- *S. subpallidum* ■ *S. orbitale*
- *S. rubrithorax* ■ *S. jujuyense*

Figure 2- Abundances of the six most abundant *Simulium* Latreille, 1802 species in relation to regions from the sub-basin of the Comandaí River, RS, Brazil, and streams' stretches, from September 2016 to July 2017.

The highest richness recorded in a single sampling point was eight species, in PsB3, in both seasons. The lowest richness was of one species, recorded in three sampling points (CoA1, PeA2 and PsB1), two in source regions and one in an intermediate section, during autumn (Appendix 1).

Regarding the taxonomic composition, no significant space-time interactions were found among the seasons and stretches ($P > 0.05$). However, significant differences were observed in the composition when evaluating factors separately. Spatially, we observed significant differences among stretches (PERMANOVA; pseudo-F = 2.07, $p < 0.05$; Table 2), where source and mouth stretches exhibited different taxonomic compositions (Table 3). Temporally, autumn and spring also showed other differences in taxonomic composition (pseudo-F = 5.02, $p < 0.05$; Table 2).

Table 2- PERMANOVA results from bi-factor analysis to assess species differences between groups ($p < 0.05$).

	d.f	SS	MS	F	p*
Stretches of streams	2	0.96	0.48	2.07	0.046
Season	1	1.16	1.16	5.02	0.001
Interaction	2	0.52	0.26	1.13	0.315

Table 3- PERMANOVA results. Paired comparisons with T test. Numbers in bold showed a statistical difference ($P < 0.05$).

Stretches of streams	t	p*
Source x Intermediate	1.00	0.37
Source x Mouth	1.74	0.02
Intermediate x Mouth	1.50	0.06

Some species are also indicators of certain seasons and of certain stretches. Temporally, while the species *S. incrustatum*, *S. jujuyense* and *S. orbitale* were indicators for the Spring ($P < 0.05$), *S. perflavum* was an indicator of the Autumn season ($P < 0.05$) (Table 4).

Table 4- Result of the Monte Carlo significance test of the maximum value for indicator species per season. Bold values were statistically significant ($P < 0.05$).

Species	Season	p*
<i>S. pertinax</i>	P	0.5357
<i>S. perflavum</i>	O	0.0034
<i>S. inaequale</i>	O	0.0566
<i>S. incrustatum</i>	P	0.0002
<i>S. subnigrum</i>	P	0.0670
<i>S. jujuyense</i>	P	0.0080
<i>S. subpallidum</i>	P	0.6321
<i>S. rubrithorax</i>	O	0.0522
<i>S. orbitale</i>	P	0.0002

Legend: O= autumn; P= spring.

In relation to the stretches of streams, *S. pertinax*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum* and *S. orbitale* species were indicator of mouth stretches ($P < 0.05$) and *S. rubrithorax* was an indicator of sources, as shown in Table 5.

Table 5- Result of the Monte Carlo significance test of the maximum value of indicator species for stretches of the streams in the sub-basin of the Comandaí River sub-basin, RS, Brazil. Bold values were statistically compromised ($P < 0.05$).

Species	Stretches of streams	p*
<i>S. pertinax</i>	3	0.0496
<i>S. perflavum</i>	1	0.8844
<i>S. inaequale</i>	3	0.5597
<i>S. incrustatum</i>	3	0.7862
<i>S. subnigrum</i>	1	0.3939
<i>S. jujuyense</i>	3	0.0538
<i>S. subpallidum</i>	3	0.0286

Continuação...

<i>S. rubrithorax</i>	1	0.0430
<i>S. orbitale</i>	3	0.0002

Legend: 1= Source; 2= Intermediate e 3= Mouth.

3.1.3.2 Spatio-temporal variation of abundance and richness

Regarding the analysis of bi-factorial variation, it was possible to verify that there were no statistically significant interactions between stretches and seasons ($p > 0.05$), as well as among the factors isolated (Table 6; Figure 3).

Table 6- Result of the variance analysis (ANOVA) for two-factor analysis of the simuliid abundance in the Comandaí River sub-basin, RS, Brazil, from September 2016 to July 2017.

Factor	SS	GL	MS	F	p*
Stretches of streams	1,48E+05	2	7,41E+04	2.563	0.082
Season	9,39E+04	1	9,39E+04	3.247	0.074
Stretches of streams x Season	1,26E+04	2	6325	0.219	0.804

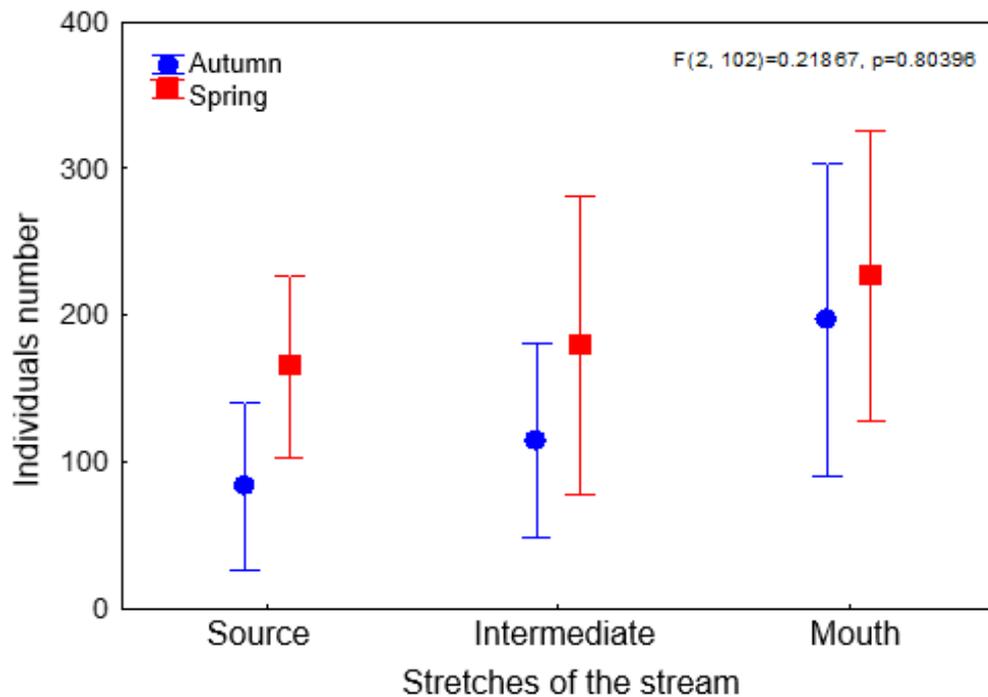


Figure 3- Analysis between the abundance of simuliids captured and stretches of the streams in the sub-basin of the Comandaí River, RS, Brazil, in the period between September 2016 and July 2017.

When evaluating the richness, ANOVA does not show differences in the stretch x season interaction ($P > 0.05$). However, differences were found when the factors were tested separately ($P < 0.05$; Table 7). Spatially, a higher richness was observed in mouth stretches when compared to source and intermediate stretches ($P < 0.05$; Figure 4A). Temporally, a greater richness was observed during Spring ($P < 0.05$; Figure 4B).

Table 7- Two-way ANOVA test for species richness from the sub-basin of the Comandaí River, RS, Brazil, collected between September 2016 and July 2017.

Factor	SS	GL	MS	F	p*
Stretches of streams	15,17	2	7,58	3.607	0.031
Season	12	1	12	5.708	0.019
Stretches of streams x Season	2,06	2	1,03	0.489	0.615

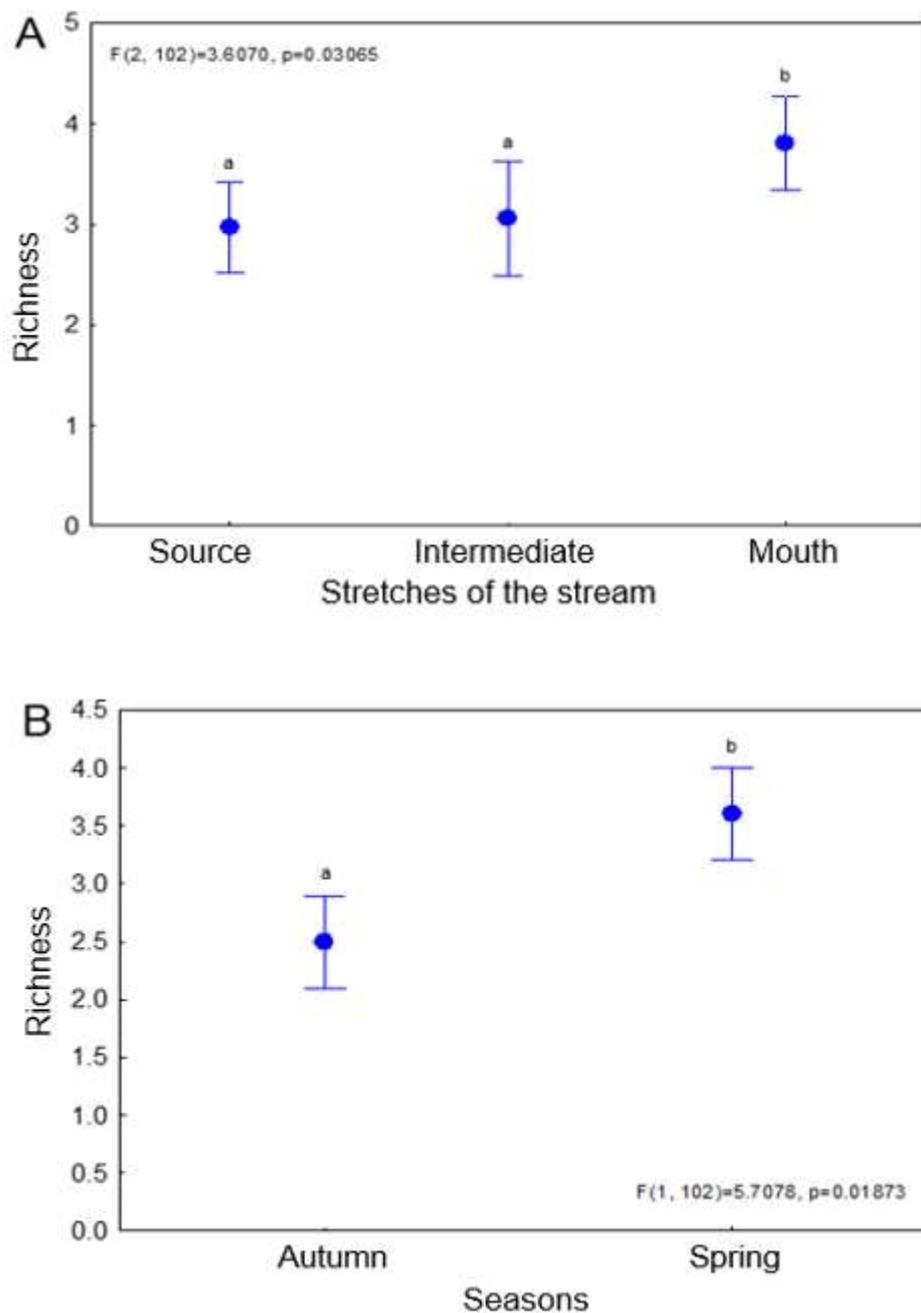


Figure 4- Analysis of simuliid richness when comparing stretches of streams (4A) and season (4B) based on individuals sampled in the Comandáí River sub-basin, RS, Brazil, from September 2016 to July 2017.

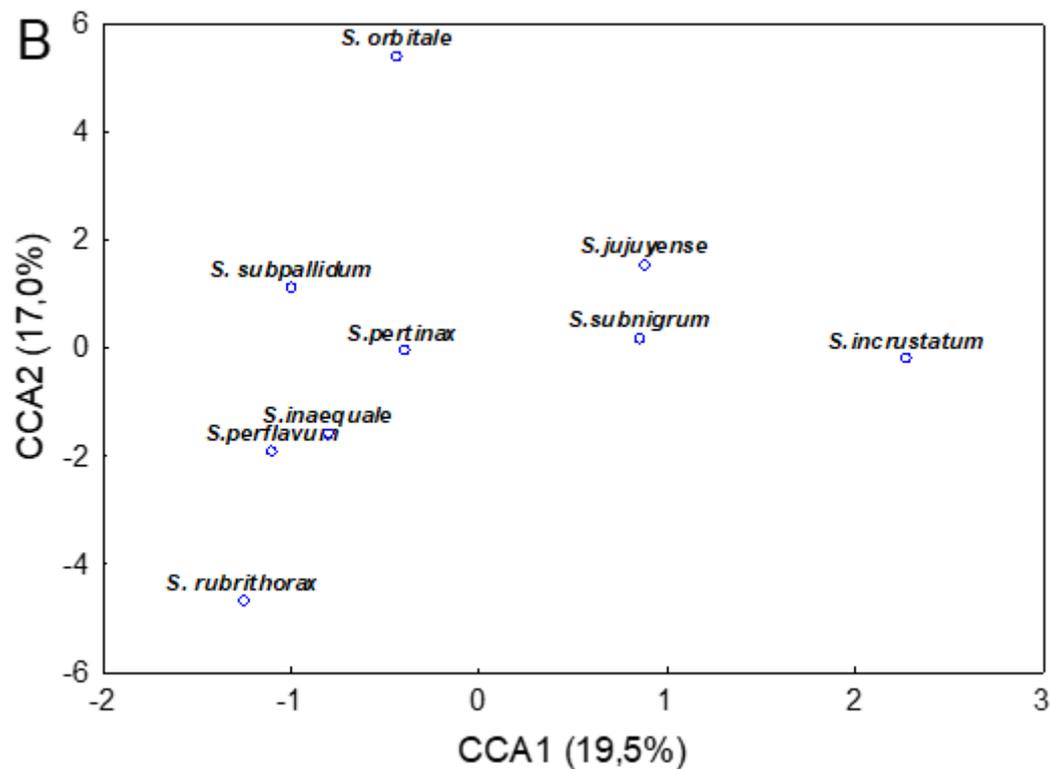
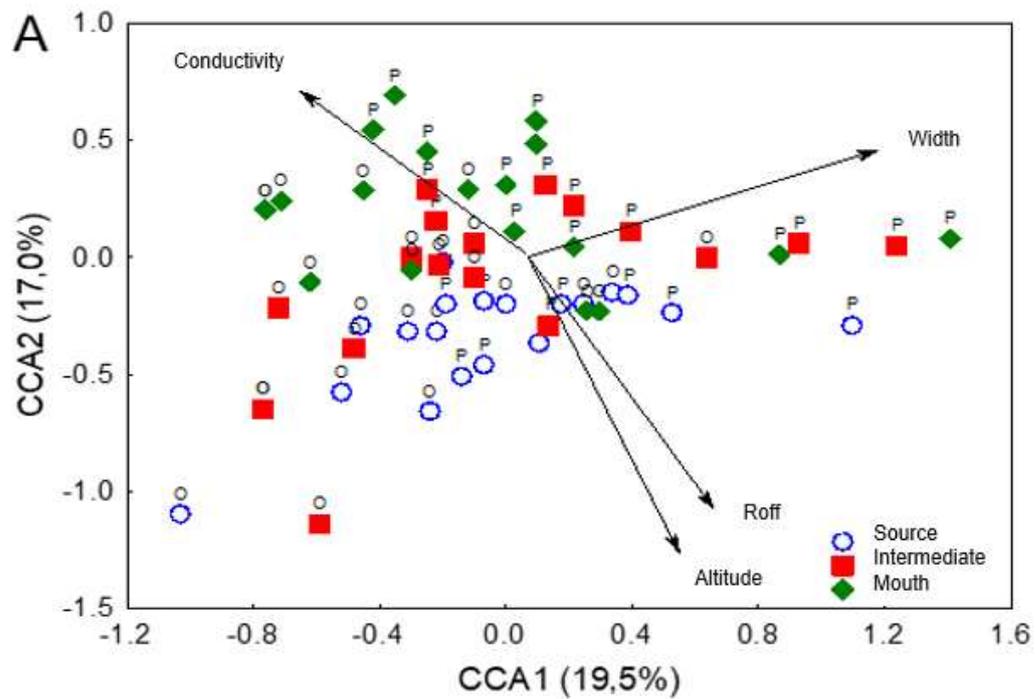
3.1.3.3 Relation with environmental variables

The forward selection method selected six abiotic variables from the total measured variables: altitude, electrical conductivity, stream width, dissolved oxygen, vegetation cover and temperature.

The CCA explained 36.5% of the total data variability (19.5% CCA 1 and 17.0% of CCA 2) and showed a relationship between biotic and abiotic variables in both axes ($P < 0.05$, Table 8). CCA1 segregated Spring from Autumn, where *S. incrustatum* was more related to Spring ($r = 0.48$; $p < 0.05$), which was characterized by a lower electrical conductivity. CCA2, on the other hand, segregated the stretches of highest altitude and vegetation coverage from the mouth stretches, which were wider. The spring stretches were related to the lower side of the biplot, associated with *S. rubrithorax* ($r = -0.61$; $p < 0.05$). The mouth stretches were related to the positive side of the CCA2 biplot, as well as the species *S. orbitale* ($r = 0.40$; $p < 0.05$). (Figure 5A and B).

Table 8- Result of the canonical correspondence analysis (CCA) associating the abiotic variables selected by the forward selection, with the abundances of simuliid species from the Comandaí River sub-basin, RS, Brazil, between September 2016 and July 2017. Values in bold ($P < 0.05$).

	Axis 1	Axis 2
Eigenvalues	0,037	0,024
Cumulative% of the explained variance of the species - environment relationship	19,5	17,0
Species - Environmental Correlation (r)	0,901	0,760
Correlations of environmental variables with the ordering axes		
Altitude	0,38	-0,65
Electrical Conductivity	-0,41	0,40
Stream width	0,07	0,65
Dissolved Oxygen	-0,19	-0,37
Coverage	0,24	-0,59
Temperature	-0,33	0,32



Legend: O= Autumn; P= Spring

Figure 5- Result of the Canonical Correspondence Analysis applied to the data matrix of simuliids and abiotic parameters sampled in the Comandaí River sub-basin, RS, Brazil, between September 2016 and July 2017.

3.1.4 Discussion

The region of the Uruguay River sub-basin is characterized by land use based on agricultural practices, mainly after the 1970s (TUCCI 2003). In the study area, pig farming and milk production currently predominate. These anthropic actions, added to the natural characteristics of the lotic environment, can influence the local diversity and abundance of simuliids, as well as the structure and composition of all aquatic organisms (COPPO & LOPES 2010; WAINFAS 2015). These anthropic actions, added to the natural characteristics of the lotic environment, can influence the local diversity and abundance of simuliids, as well as the structure and composition of all aquatic organisms (COPPO & LOPES 2010; WAINFAS 2015). These anthropic actions, along with the natural characteristics of lotic environments, can influence the local diversity and abundance of simuliids, as well as the structure and composition of all aquatic organisms (COPPO & LOPES 2010; WAINFAS 2015).

The Simuliid richness observed in the Comandaí River sub-basin represents 39.28% of all the reported species for the state of Rio Grande do Sul, Brazil (ADLER 2020). From the eleven sampled species in this study, *S. pertinax* (77.55%) showed the highest abundance and frequency of occurrence, a similar result was observed in other studies carried out in several other watersheds from Rio Grande do Sul (STRIEDER 2004; STRIEDER et al. 2006; SANTOS et al. 2007; BERTAZO et al. 2013; COUCEIRO et al. 2014; MENZEL et al. 2019), as well as in other Brazilian states (CUNHA, 2004; LOZOVEI et al. 2004; COPPO & LOPES 2010; ARANDA 2017; FIGUEIRÓ et al. 2020). This species adapts easily to different micro-habitats, and currently occurs in 17 of the 27 Brazilian states, in addition to other South American countries such as Argentina, Bolivia and Paraguay (ADLER 2020).

S. pertinax was found in all sampling points and was more associated with mouth stretches in streams, differently from the results obtained by Menzel (2019) for the Piratinim River basin, in the Pampa biome, where the highest abundance was recorded in source stretches. These results, obtained in Comandaí River sub-basin, may be related to the greater environmental homogeneity caused by anthropogenic actions. Hentges et al. (2021) state that in the Piratinim River basin, environmental conditions close to biological integrity predominate.

S. incrustatum (14.56%) was the second most abundant species in this study and, along with *S. pertinax*, represented 92.11% of the total sample, also showing a wide distribution within the sampled streams, which corroborate previous studies (DOCILE et al. 2015; YA'COB et al. 2016; MENZEL et al. 2019). The occurrence of this species was higher in the source and in the upper region of the sub-basin.

S. pertinax and *S. incrustatum* were also the most abundant species in a study carried out in the Rio Caí basin, in Rio Grande do Sul, where two areas were compared: one with a reduced impact and the other with a greater environmental impact (STRIEDER et al. 2006). In the tributaries of the Paquequer River in Rio de Janeiro state, the prevalence and association of *S. incrustatum* and *S. pertinax* was observed, with intermediate levels of pollution (DOCILE et al. 2015). In the state of São Paulo, in a study conducted by Viviani et al. (2012), *S. incrustatum* also showed a greater association with intermediate levels of pollution.

According to Coscarón (1991) and Strieder & Corseuil, 1992, *S. incrustatum* and *S. pertinax* are the most harmful species to the well-being of human communities, both in the South and in other regions of Brazil, due to the discomfort caused by bites that can result from mild allergic reactions to inflammatory processes that require medication. However, species that benefit from aquatic environments in conditions of organic contamination, such as *S. pertinax*, can also be considered as bioindicators of water quality (PEDROSO-DE-PAIVA & BRANCO 2000; VIVIANI et al. 2012).

S. subpallidum was the third most abundant species, being more frequent in stretches from the mouth of the streams (50.74%), which generally have greater width and less current. These results coincide with studies carried out by Coscarón (1991) and Figueiró et al. (2008), who reported the preference of this species for low-flow water courses. However, Pepinelli (2003) also collected this species in streams of greater current. Other authors found an association of *S. subpallidum* with the rainiest period of the year (FIGUEIRÓ et al. 2014) and waters with an intermediate environmental impact (DOCILE et al. 2015). This species occurs in 19 Brazilian states, in addition to other countries such as Argentina, Guyana, Paraguay, Uruguay and Venezuela (ADLER 2020).

The fact that only few species were expressive in abundance is in accordance with the results obtained by McGill et al. (2007) and several other studies regarding

immature stages of simuliids (STRIEDER et al. 2006, SANTOS et al. 2010; ARANDA 2017; MENZEL et al. 2019; JITKLANG et al. 2020), suggesting that environments modified by economic activities are more homogeneous (COUCEIRO et al. 2014). In the Comandaí River sub-basin, a higher abundance of simuliids (44.38%) was observed in mouth stretches. This result is in accordance with Coppo & Lopes (2010), who, in an investigation carried out on the Paraná River, associated a greater abundance of simuliids in stretches of streams with a higher rate of environmental degradation.

The higher richness found in this study was of eight species, observed in two sampling points. This result is similar to studies such as Landeiro et al. (2009), who recorded the same richness in Mucugê, Chapada Diamantina, and Menzel et al. (2019), which reported seven species in five sampling points in the Ijuí River basin, Rio Grande do Sul. Hamada et al. (2002) and Pepinelli et al. (2005) suggested that these numbers are relatively high when compared to other regions of Brazil.

The results regarding the average species richness, when observed by streams' stretches (sampling point) were lower (4.74 for Spring; 4.03 for Autumn) than the general analysis grouped by streams (5.09 for Spring; 5.36 for Autumn). In other studies, a similar average richness was observed during Spring, with 5.44 for the Piratinim river basin and 4.25 for 39 streams in disturbed areas in the eastern and western regions of the state of Rio Grande do Sul (COUCEIRO et al 2014; MENZEL et al. 2019). The average richness found in studies conducted in South Brazil are high in relation to the other regions of Brazil (HAMADA et al. 2002; LANDEIRO et al. 2009).

Species diversity has practically not changed between seasons, which corroborates other studies on the temporal distribution of Simuliidae, where no major changes in species diversity were found (GRILLET & BARRERA, 1997; SANTOS et al. 2010). Such findings suggest that changes in species composition are more related to local geomorphology and environmental factors, in addition to the degree of the environment's conservation status (STRIEDER et al. 2006).

A higher simuliid abundance obtained during the Spring coincides with three other studies carried out in the southern region of Brazil: Strieder & Corseuil (1992) in Sapiranga, Rio Grande do Sul; Santos et al. (2010) in Londrina, Paraná; and Menzel (2019), in the Piratinim River basin, Pampa biome. However, it differs from the findings

of Figueiró et al. (2006) in the Itatiaia National Park, Rio de Janeiro, where the four seasons of the year were analyzed, and the highest abundances were found during Summer and Autumn.

Under a spatial analysis, four species were considered indicators for mouth stretches (*S. pertinax*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum* and *S. orbitale*), while *S. rubrithorax* was considered an indicator of spring stretches. The point with the higher occurrence of *S. rubrithorax* for the Comandaí River sub-basin meet the findings of Coscarón (1991), who indicated that the species has a preference for lotic environments with fast currents in small water courses. Source stretches of the streams in this study present relatively conserved riparian vegetation, with rocky bottoms, and land use in the neighboring areas is predominantly based on activities such as dairy farming and agriculture.

Conclusion

This study reports the occurrence of eleven simuliid species for the sub-basin of the Comandaí River, in the hydrographic region of the upper Uruguay River, southern Brazil. Mouth stretches from the nine studied streams were the ones of highest number of immature stages (larvae of the last instar and pupae), representing 44.38% from all sampled individuals, followed by the intermediate stretches (29.09%) and sources (25, 72%).

The most abundant species in both two seasons (Autumn and Spring) and in the three main regions from the sub-basin were *S. pertinax* (77.55%), followed by *S. incrustatum* (14.56%) and *S. subpallidum* (2.35%). *S. pertinax*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum* and *S. orbitale* were considered indicator species for mouth streams, and *S. rubrithorax* for sources.

Environmental variables such as conductivity, altitude, canopy coverage and stream width were shown to be important conditioning factors for the local distribution of immature simuliids. In this context, the results on the local distribution and abundance of simuliids may have been influenced by the geomorphological characteristics and anthropic actions on the lotic environments from the study area, where pig farming and milk production currently. Our findings may be useful to the

application of efficient control measures for species of health and sanitary importance in southern Brazil.

Acknowledgements

The authors are thankful to the Federal University of Fronteira Sul – Cerro Largo *campus*, for logistical support during the performance of this study.

Referências

Adler, PH & KC Kim, 1984. Ecological characterization of two sibling species, ILL-1 and IS-7, in the *Simulium vittatum* complex (Diptera: Simuliidae). *Canadian Journal of Zoology*. 62:1308-1315. DOI: <https://doi.org/10.1139/z84-188>

Adler, PH & JW McCreddie, 2019. Black flies (Simuliidae). In: *Medical and veterinary entomology*. Academic Press. 237-259. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00014-5>

Adler, PH, 2020. *World blackflies (Diptera: Simuliidae): uma revisão abrangente do inventário taxonômico e geográfico*. 142 pp.

ARANDA, AT, 2017. *Composição e distribuição da simuliofauna (Diptera: Simuliidae) em Remanescente De Mata Atlântica No Zoneamento Ambiental Do Parque Estadual Da Pedra Branca, Rio De Janeiro, RJ, Brasil*. Dissertação (Mestre em Biodiversidade e Saúde). Instituto Oswaldo Cruz.

Araújo-Coutinho, CJPC, Mello RP & Freire NMS, 1999. Larval Preference of *Psaroniocompsa incrustata* (Lutz, 1910) (Diptera: Simuliidae) for Different Colors of Artificial Substrates in Breeding Grounds, at Pium River, State of Rio Grande do Norte, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 94: 849-850. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-3812\(99\)00085-0](https://doi.org/10.1016/S0378-3812(99)00085-0)

Baptista, VA, Antunes MB, Martello AR, Figueiredo NSB, Amaral AMB, Secretti E & Braun B, 2014. Influence of environmental factors on the distribution of families of aquatic insects in rivers in southern Brazil. *Ambiente & Sociedade*, 17: 153-174. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000300010>

Bertazo, K, Hamada N & Salles FF, 2013. Fauna of Simuliidae (Diptera) from the state of Espírito Santo, Brazil: distribution, new records and list of species. *Revista Brasileira de Entomologia*. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262013000100014>

BRASIL. Agência nacional de Águas e Saneamento básico. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em 04 novembro 2020.

Coppo, TL & 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 e da Saúde, 31: 03-14. DOI: [10.5433/1679-0367.2010v31n1p03](https://doi.org/10.5433/1679-0367.2010v31n1p03)

Cordeiro, JLP & Hasenack H, 2009. Cobertura Vegetal Atual Do Rio Grande Do Sul. In: Pillar, V.P.; Muller, S.C.; Castilhos, Z.M.S.; Jacques, A.V.A (eds). Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: MMA. 23: 285- 299.

Coscarón, S, 1991. Insecta, Diptera, Simuliidae: Fauna água dulce de la República Argentina. 2 ed. Buenos Aires: Fecic.

Coscaron, S, Bernal, SI & Arias, CL, 1996. Revisión de Simulium (Psilopelmia) Enderlein en la región Neotropical y análisis cladístico de sus especies (Diptera: Simuliidae). Acta Zoologica Mexicana, 69: 37-104. DOI:

Corkum, LD & Currie DC, 1987. Distributional patterns of immature Simuliidae (Diptera) in northwestern North America. Freshwater Biology, 17: 201-221. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1987.tb01043.x>

Couceiro, S, Hamada N, Sagot L & Pepinelli, M, 2014. Black-fly assemblage distribution patterns in streams in disturbed areas in southern Brazil. Acta Tropica, 140: 26-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2014.07.018>

Crosskey R, 1990. The Natural History Of Blackflies. Reino Unido. John Wiley & Sons Ltd.

CUNHA, ABPV, 2004. Variação temporal e sazonal se larvas de Simulium sp. no litoral norte do estado de São Paulo. 2004. 58 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Curso de Pós - Graduação em Aquicultura, Jaboticabal.

Docile, TN, Figueiró R, Gil-Azevedo LH & Nessimian JL, 2015. Water Pollution And Distribution Of The Black Fly (Diptera: Simuliidae) In The Atlantic Forest, Brazil. Revista de Biología Tropical, 63: 683-693.

Dora A, 2013. Quantificação de reservas renováveis de água subterrânea em bacias hidrográficas a partir de séries históricas de vazão: uma ferramenta para gestão de bacias. Monografia (Engenharia Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ferreira, VMB; Souza JLDC, Moraes M, 2020. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em diferentes tipos de habitats em um trecho de rio de Mata Atlântica. Research, Society and Development, 9:, p. 94. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1848>

Figueiró, R, Nascimento ÉSD, Gil-Azevedo LH, Maia-Herzog M & Monteiro RF, 2008. Local distribution of blackfly (Diptera, Simuliidae) larvae in two adjacent streams: the role of water current velocity in the diversity of blackfly larvae. Revista Brasileira de Entomologia, 52: 452-454.

Figueiró, R, L-Azevedo LH, Maia-Herzog M, Monteiro RF, 2012. Diversity and microdistribution of black fly (Diptera: Simuliidae) assemblages in the tropical savanna streams of the Brazilian cerrado. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 107: 362-369. DOI:

Figueiró, R, Maia-Herzog M, Gil-Azevedo LH & Monteiro, RF, 2014. Variação sazonal em taxocenoses de mosca negra (Diptera: Simuliidae) do Cerrado Brasileiro (Tocantins, Brasil). *Journal of Vector Ecology* 39, 321-327. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvec.12107>

Figueiró, R, Calvet A, Gil-Azevedo, LH, Docile TN, Monteiro RF, Maia-Herzog M, 2015. Evidence Of Phenotypic Plasticity Of Larvae Of *Simulium subpallidum* Lutz in different streams from the Brazilian Cerrado. *Revista Brasileira de Entomologia*, 59: 28-31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2015.02.003> .

Figueiró, R, Santos SS, Docile TN, Costa T, Ferreira CA & Gil-Azevedo LH, 2020. Preliminary observations on the patterns of co-occurrence of Black fly (Diptera: Simuliidae) larvae and some of their potential macroinvertebrate predators. *Revista Brasileira de Entomologia*, 64. DOI: <http://orcid.org/0000-0003-0762-1312>

Figueiró, R & Gil-Azevedo, LH, 2010. The role of the Neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae) as vectors of the onchocerciasis: a short overview of the ecology behind the disease. *Oecologia Australis*, 14: 745-755. DOI: 10.4257/oeco.2010.1403.10. DOI: [10.5433/1679-0367.2010v31n1p03](https://doi.org/10.5433/1679-0367.2010v31n1p03)

Hamada, N, Mccreadie JW & Adler PH, 2002. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. *Freshwater Biology*, 47: 31-40. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00778.x>.

Hamada, N & Mccreadie JW, 1999. Environmental factors associated with the distribution of *Simulium perflavum* (Diptera: Simuliidae) among streams in Brazilian Amazonia. *Hydrobiologia*, 397: 71-78. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1003642430681>

Hamada, N, Mccreadie JW & Adler PH, 2002. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. *Freshwater Biology*, 47: 31-40.

Hentges SM, Menzel TC, Loebens CM, Siveris SE, Reynalte-Tataje DA, Strieder MN (2021) Structure of aquatic macroinvertebrate communities in streams of a sub-basin in the Pampa Biome, Southern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation* 16(2): 249–271. <https://doi.org/10.3897/neotropical.16.e60579>

Jitklang, S, Sawangproh W, Kuvangkadilok C, Baimai V & Adler PH, 2020. Ecology of black flies (Diptera: Simuliidae) in streams of northern and southern Thailand: Factors associated with larval and pupal distributions. *Acta Tropica*, 204, 105357.

Kiel, E, Böge F & Rühm W, 1998. Sustained effects of larval blackfly settlement on further substrate colonisers. *Archiv fur Hydrobiologie* 141: 153–166.

Landeiro, VL, Pepinelli M & Hamada, N, 2009. Species richness and distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Chapada Diamantina region, Bahia, Brazil. *Neotropical Entomology*, 38: 332-339.

Loebens, CM, 2018. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água nos principais riachos da sub-bacia hidrográfica do Rio Comandaí, mesorregião noroeste rio-grandense, Brasil. Dissertação (Mestrado)- Curso de Ambiente e Tecnologias sustentáveis, UFFS- Cerro Largo.

Lozovei, AL, Petry F, Santos NLG & Ferraz ME, 2004. Levantamento das espécies de *Simulium* (Diptera, Simuliidae), Riacho dos Padres, município de Almirante Tamandaré, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48: 91-94.

Malmqvist, B, Zhang Y & Adler PH, 1999. Diversity, distribution and larval habitats of North Swedish blackflies (Diptera: Simuliidae). *Freshwater Biology*, 42: 301-314.

Mccreadie, JW, Adler PH, Grillet ME, & Hamada, N, 2006. Amostragem e estatísticas no entendimento da distribuição de larvas da mosca negra (Diptera: Simuliidae). *Acta entomologica serbica*, 11: 89-96.

Mcgill, BJ, Etienne RS, Gray JS, Alonso D, Anderson MJ, Benecha HK, Dornelas M, Enquist B.J, Green JL, He, F, Hurbert AH, Magurran AE, Marquet PA, Maurer BA Ostling A, Soykan CU, Uglanf KI & White EP, 2007. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters*, 10: 995-1015.

Menzel, TC, 2019. Distribuição Espacial E Temporal De Simuliidae (Diptera: Culicomorpha) Em Uma Bacia Hidrográfica Do Bioma Pampa, No Sul Do Brasil Dissertação. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ambiente e Tecnologias Sustentáveis, UFFS, Cerro Largo.

Menzel TC, Hentges SM, Tataje DAR, Strieder, MN (2019) Diversity and spatial distribution of black flies (Diptera: Simuliidae) in the Ijuí river drainage basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Entomobrasilis* 12:47-56. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v12i2.845>

Moreira, GRP, Pegoraro RA & Sato G, 1994. Influência de fatores abióticos sobre o desenvolvimento de *Simulium nogueirai* D'Andreatta & González em um córrego da mata Atlântica. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 23: 525–542.

NOVICKI, D. Diversidade de simúlídeos (diptera: simuliidae) em riachos da bacia do Rio Comandaí, Alto Rio Uruguai. 2017.

Pavitra, SP, Low LV, Tan TK, Lim YAL, Ya'cob Z, 2020. Temporal variation in diversity and community structure of preimaginal blackflies (Diptera: Simuliidae) in a tropical forest reserve in Malaysia. *Acta tropica*, 202: 105275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.105275>

Pedroso-De-Paiva & D, Branco EPO, 2000. Borrachudo: Noções Básicas de Biologia e Controle. Concórdia: Embrapa.

Pepinelli, M, Trivinho-Strixino S, Hamada N, 2003. Description of *Simulium* (*Chirostilbia*) *friedlanderi* Py-Daniel, 1987 (Insecta: Diptera: Simuliidae) female. *Biota Neotropica*, 3: 1-6.

Pepinelli, M, Trivinho-Strixino S, Hamada N, 2005. Imaturos de Simuliidae (Diptera, Nematocera) e caracterização de seus criadouros no Parque Estadual Intervales, SP, Brasil. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262005000400012>

Pramual, P & Kuvangkadilok C, 2009. Uso agrícola da terra e riqueza de espécies da mosca negra (Diptera: Simuliidae) e assembléias de espécies em riachos tropicais, nordeste da Tailândia. *Hydrobiologia*, 625, 173-184.

Santos JrJE, Strieder MN, Fiorentin GL & Neiss UG, 2007. Velocidade da água e a distribuição de larvas e pupas de *Chirostilbia pertinax* (Kollar) (Diptera, Simuliidae) e macroinvertebrados associados. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51: 62-67.

Santos, RB, Lopes J & Santos KB, 2010. Distribuição espacial e variação temporal da composição de espécies de borrachudos (Diptera: Simuliidae) em uma microbacia situada no norte do Paraná. *Neotropical Entomology*, 39: 289-298

Sariözkan, S, İnci A, Yildirim A, Düzlü, O, Gray EW, Adler PH, 2014. Economic Losses During an Outbreak of *Simulium* (Wilhelmia) Species (Diptera: Simuliidae) in the Cappadocia Region of Turkey. *Original Investigation*, 38: 116-119. DOI: 10.5152/tpd.2014.3446.

Shelley, AJ, Hernández LM; Maia-Herzog M, Luna Dias APA & Garritano PR, 2010 The Blackflies (Diptera: Simuliidae) Of Brazil. In: J.R. Arias; S. Golovatch; K.M. Wantzen & E. Dominguez (Eds). *Aquatic Biodiversity In Latin America*. Sofia: Pensoft, Vol. 1.

Srisuka, W, Takaoka H, Otsuka Y, Fukuda M, Thongsahuan S & Taai K, 2015. Seasonal biodiversity of black flies (Diptera: Simuliidae) and elevation of ecological factors influencing species distribution at Doi Pha Hom Poh National Park, Thailand. *Acta tropica*, v. 149: 212-219.

Strieder, MN, Corseuil E, 1992. Atividades de hematofagia em Simuliidae (Diptera, Nematocera) na Picada Verão, Sapiranga, RS - Brasil. *Acta Biologica Leopoldensia*, 14:75-98.

Strieder, MN, 2004. Espécies de simulídeos (Diptera, Nematocera, Simuliidae) no Rio Grande do Sul, Brasil: distribuição geográfica. *Entomología y Vectores*, 11: 117–121.

Strieder, MN, Santos JE & Vieira EM, 2006. Distribuição, abundância e diversidade de Simuliidae (Diptera) em uma bacia hidrográfica impactada no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 50: 119–124.

Strieder, MN & Py-Daniel, V, 1999. Espécies de *Inaequalium* (Diptera, Simuliidae): dados bionômicos e chaves para sua identificação. *Biociencias* 7: 43-72.

Tanaka, MO, Souza ALT, Moschini LE & Oliveira AK, 2016. Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 216: 333-339

Tongjura, JDC, Amuga GA, Mafuyai HB, Matur BM, Olatunwa JO, 2015. Influence of Some Water Physicochemical Parameters on the Distribution of Black Fly (Diptera,

Simuliidae) in Some Rivers in Nasarawa State, Nigeria. *Advances in Entomology*, 3: 101-110.

Viviani, ABP, Araújo-Coutinho CJPC, Moraes RB, Gil HB, Leung R & Camargo AFM, 2012. 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: 48-56.

Ya'cob, Z, Takaoka H, Pramual P, Low, VL & Sofian-Azirun M, 2016. Distribution pattern of black fly (Diptera: Simuliidae) assemblages along an altitudinal gradient in Peninsular Malaysia. *Parasites & Vectors*, 9: 1-16.

Wainfas, RL, 2015. 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. 2015. 67 f. Dissertação (Biodiversidade e Saúde), Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

4. CONCLUSÃO GERAL

Estudos em bacias hidrográficas são importantes para se conhecer a biodiversidade local e a qualidade do ambiente. O uso intensivo das terras para atividades econômicas, tais como: suinocultura e produção de leite no sistema de produção integração lavoura-pecuária ou até mesmo turístico, acaba por degradar o ambiente natural e altera todo o entorno dos cursos de água, assim como, a biota aquática.

O presente trabalho reporta a ocorrência de onze espécies de simúlideos para a sub-bacia do rio Comandaí, na região hidrográfica do alto rio Uruguai, no sul do Brasil. Os trechos de foz dos nove riachos estudados foram os que apresentaram o maior número dos estágios imaturos (larvas e pupas), com 44,38% dos indivíduos, seguido pelos trechos intermediários (29,09%) e nascentes (25,72%).

As espécies mais abundantes nas duas estações do ano (Outono e Primavera) e nas três principais regiões da sub-bacia foram *S. pertinax* (77,55%), seguida por *S. incrustatum* (14,56%) e *S. subpallidum* (2,35 %). Como espécies indicadoras para os trechos de foz dos riachos se destacaram *S. pertinax*, *S. jujuyense*, *S. subpallidum* e *S. orbitale*, e para nascentes destacou-se *S. rubrithorax*.

Variáveis ambientais como condutividade, altitude, cobertura do dossel e largura do riacho se mostraram importantes fatores condicionantes da distribuição local dos estágios imaturos de simúlideos. Neste contexto, os resultados sobre a distribuição e abundância local dos simúlideos podem ter sido influenciados pelas características geomorfológicas e ações antrópicas sobre o ambiente lótico na área do estudo, onde predomina atualmente a suinocultura e a produção de leite no sistema de produção integração lavoura-pecuária. Estas informações podem auxiliar na aplicação de medidas eficientes de controle das espécies com importância sanitária no sul do Brasil.

REFERÊNCIAS

- ADLER, P.H. World blackflies (Diptera: Simuliidae): uma revisão abrangente do inventário taxonômico e geográfico [2020]. 142 pp. 2020.
- ADLER, P.H.; CURRIE, D.C.; WOOD, D.M. **The black flies (Simuliidae) of North America**. New York: Cornell University Press, 2004. 941p..
- ADLER, P.H.; CHEKE, R.A.; POST, R.J. Evolution, epidemiology, and population genetics of black flies (Diptera: Simuliidae). **Infection, Genetics and Evolution**, v. 10, n. 7, p. 846-865, 2010.
- ADLER, P.H.; CROSSKEY, R. World blackflies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory. South Carolina: Inventory Revision, 2018. Disponível em: <https://biomia.sites.clemson.edu/pdfs/blackflyinventory.pdf> . Acesso em: 15 set 2020.
- ADLER, P.H.; KIM, KC. Ecological characterization of two sibling species, IIII-1 and IS-7, in the *Simulium vittatum* complex (Diptera: Simuliidae). **Canadian Journal of Zoology**, v. 62, n. 7, p. 1308-1315, 1984.
- ADLER, P.H.; MCCREADIE, J. W. The hidden ecology of black flies: sibling species and ecological scale. **American Entomologist**, v. 43, p. 153-161, 1997.
- ADLER, P.H.; MCCREADIE, J.W. Black flies (Simuliidae). In: Medical and veterinar y entomology. **Academic Press**, 2019. p. 237-259.
- ANBALAGAN, S.; KANNAN, M.; DINAKARAN, S.; KRISHNAN, M. Species diversity of black flies (Diptera: Simuliidae) in Oriental region and molecular phylogeny of the subgenus *Gomphostilbia* members. **Journal of Vector Borne Diseases**, v. 54, n. 1, p. 80-86, 2017.
- ARANDA, A. T. **Composição e distribuição da simuliofauna (Diptera: Simuliidae) em remanescente de mata atlântica no zoneamento ambiental do Parque Estadual da Pedra Branca, Rio de Janeiro, Brasil**. 2017. Tese de Doutorado.
- ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C.; MELLO, R. P.; FREIRE, N. M. S. The seasonal abundance of *Simulim (Chirostilbia) pertinax*, Kollar 1832,(Diptera, Simuliidae) and related entomological fauna in the municipality of Paraty, RJ, Brasil. **Revista Universidade Rural**, série ciênc. vida, v. 21, p. 107-116, 1999.
- BID –Banco Interamericano de desenvolvimento. Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável da Região da Bacia do Rio Uruguai (Parte Brasileira), Diagnóstico da Região da Bacia Uruguai, Relatório Final do Componente 1, 555 pp. 2008.

BAPTISTA, V.A.; ANTUNES, M.B.; MARTELLO, A.R.; FIGUEIREDO, N.S.B.; AMARAL, AM.B.; SECRETTI, E.; BRAUN, B. Influence of environmental factors on the distribution of families of aquatic insects in rivers in southern Brazil. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 153-174, 2014.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - Divisão de Controle de Recursos Hídricos - Disponibilidade Hídrica do Brasil. Brasília, 1984.

BUFFOLO I.R.A.; SOUZA T.M.M.; dos SANTOS SS.; RODRIGUES T.; BERBET LC.; DOCILE TN.; FIGUEIRÓ R. Desvendando os padrões de preferência de habitat de larvas de Simuliidae (Diptera) Neotropicais e suas conseqüências para o controle do vetor. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 7, n. 1, pág. 109-123, 2016.

CAMPOS, J. G.; ANDRADE, C.F.S. Aspectos da Entomologia Médica e Veterinária dos borrachudos (Díptera, Simuliidae) - **Biologia, Importância e Controle. Lecta**, v. 17, n. 1, p. 51-65, 1999.

CAMPOS, J. G.; ANDRADE, C.F.S. Considerações sobre os simulídeos (Diptera, Nematocera) e o seu controle. **Entomologia y Vectores**, v. 8, n. 1, p. 27-50, 2002.

CERQUEIRA, N.L. ,1959. Sobre a transmissão da *Mansonela ozzardi*. Nota 1 e nota 2. J. bras med. 1:885-914.

CORKUM, L.D.; CURRIE, D.C. Distributional patterns of immature Simuliidae (Diptera) in northwestern North America. **Freshwater Biology**, v. 17, n. 2, p. 201-221, 1987.

COSCARÓN, S. **Fauna de agua dulce de la República Argentina: Insecta Díptera: Simuliidae**. 1981.

COSCARÓN, S. **Insecta, Diptera, Simuliidae: Fauna agua dulce de la República Argentina**. 2 ed. Buenos Aires: Fecic, 1991. 304p.

COSCARON, S.; BERNAL, S.I.; COSCARÓN-ARIAS, C.L. Revisión de Simulium (Psilopelmia) Enderlein en la región Neotropical y análisis cladístico de sus especies (Diptera: Simuliidae). **Acta Zoologica Mexicana** (ns), v. 69, n. 69, p. 37-104, 1996.

COSCARÓN, S.; COSCARÓN-ARIAS, C.L. Distribution of Neotropical Simuliidae (Insecta, Diptera) and its areas of endemism. **Revista de la Academia Colombiana DE CIENCIAS**, V. 19, N. 75, P. 717-732, 1995.

COSCARÓN, S.; COSCARÓN-ARIAS, C.L. **Simuliidae Neotropical (Diptera: Insecta)**. Editores da Pensoft, 2007.

COSTA- JUNIOR D. da; PINHEIRO, F.P.; ROSA, A.P. de A.T. da; NETO, H.F.; LINS-LAINSON, Z.C. Síndrome hemorrágica de Altamira. 107-112. In: Leão, R.N.Q.D. 1997. **Doenças infecciosas e parasitárias: enfoque amazônico**. CEJUP/UEPA/Instituto Evandro Chagas. 886 pp.1997.

DA COSTA MARINHO, W.R.; SANTOS R.G.; CRUZ L.S.; BORGES I.C.V.; MEDEIROS B.M.; SILVA R.A. da.; ARAÚJO A.K.; MENEZES J.S.; FEITOSA N.M.; FIGUEIRÓ R.; FONSECA R.N. simuliídeos (Simuliidae: Diptera) como objeto de estudo no brasil e no mundo. **Nature and Conservation**, v. 14, n. 1, 2020.

CROSSKEY, R. W. Observations on the bionomics of adult *Simulium damnosum* Theobald (Diptera, Simuliidae) in Northern Nigeria. **Annals of Tropical Medicine & Parasitology**, v. 49, n. 2, p. 142-153, 1955.

CROSSKEY, R. Simuliid Taxonomy-The Contemporary Scene. In: MARSHALL, L (Org.). **Blackflies: The future for biological methods in integrated control**. São Paulo: Academic Press do Brasil LTDA, 1981. cap. 1, p. 3-18.

CROSSKEY R. W. **The Natural History of Blackflies**. Chichester: Wiley, 1990. 711 p..

CURRIE, D.C.; ADLER, P.H. Global diversity of blackflies (Diptera: Simuliidae) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p.469–475, 2008.

CURRIE, D. C.; GRIMALDI, D. A new black fly (Diptera: Simuliidae) genus from mid Cretaceous (Turonian) amber of New Jersey. **Studies on Fossils in Amber, with Particular Reference to the Cretaceous of New Jersey**. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, p. 473-485, 2000.

DOCILE, T.N.; FIGUEIRÓ, R.; GIL-AZEVEDO, L.H.; NESSIMIAN, J. Water pollution and distribution of the black fly (Diptera: Simuliidae) in the Atlantic Forest, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 63, n. 3, p. 683-693, 2015.

EYMANN, M. Padrões de dispersão exibidos por larvas de moscas pretas *Cnephia dacotensis* e *Simulium rostratum* (Diptera: Simuliidae). **Insetos aquáticos**, v. 13, n. 2, pág. 99-106, 1991.

FELD, C.K.; KIEL, E.; LAUTENSCHLAGER, M. The indication of morphological degradation of streams and rivers using Simuliidae. **Limnologica**, v. 32, n. 3, p. 273-288, 2002.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Londrina: EMBRAPA/SUDESUL, 1984. 791 p.

FERREIRA, V.M.B.; SOUZA, J.L.C.; MORAES, M. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em diferentes tipos de habitats em um trecho de rio de Mata Atlântica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, p. 94, 2020.

FIGUEIRÓ, R.; GIL-AZEVEDO, L.H. The role of the Neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae) as vectors of the onchocerciasis: a short overview of the ecology behind the disease. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 3, p. 745-755, 2010.

FIGUEIRÓ, R.; ARAÚJO-COUTINHO, C.J.P.C.; GIL-AZEVEDO, L.H.; NASCIMENTO, E.S.; MONTEIRO, R.F. Spatial and temporal distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Itatiaia National Park, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 135, n. 4, p. 542-550, 2006.

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. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 107, n. 3, p. 362-369, 2012.

FIGUEIRÓ, R.; MAIA-HERZOG, M.; GIL-AZEVEDO, L.H.; MONTEIRO, R. F. Seasonal variation in blackfly (Diptera: Simuliidae) taxocenoses from the Brazilian Savannah (Tocantins, Brasil). **Journal of Vector Ecology**, v. 39, n. 2, p. 321-327, 2014.

FIGUEIRÓ, R.; CALVET A.; GIL-AZEVEDO L.H.; DOCILE T.N.; 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**, v. 59, n. 1, p. 28-31, 2015.

FIGUEIRÓ, R.; SANTOS, S.S.; DOCILE, T.N.; DA COSTA, T.R.; FERREIRA C.A.; GIL-AZEVEDO L.H. Observações preliminares sobre os padrões de co-ocorrência de larvas da mosca negra (Diptera: Simuliidae) e alguns de seus potenciais predadores de macroinvertebrados. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 64, n. 3, 2020.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Proposta elaborada para o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, de acordo com o Contrato Administrativo Nº 003/96. [S.I.]: 1998.

GIL-AZEVEDO, L.H.; FERREIRA JR.N.; MAIA-HERZOG, M. Chave de identificação de pupas de Simuliidae (Diptera) do Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 3, p. 742-752, 2005.

GRAY, E.W.; ADLER, P.H.; NOBLET, R. Economic impact of black flies (Diptera: Simuliidae) in South Carolina and development of a localized suppression program. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 12, n. 4, p. 676-678, 1996.

HAMADA, N. Association between *Hemerodromia* sp. (Diptera, Empididae) and *Simulium perflavum* (Diptera, Simuliidae) in Central Amazonia, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 88, n. 1, p. 169-170, 1993.

HAMADA, N.; ADLER, P.H. **Bionomia e chave para imaturos e adultos de *Simulium* (Diptera: Simuliidae) na Amazônia Central, Brasil**. Volume 31, Número 1, Pags. 109-132, 2001.

HAMADA, N.; MCCREADIE, J.W.; ADLER, P.H. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in streams of Central Amazonia, Brazil. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 31-40, 2002.

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

HAMADA, N.; GRILLET, M.E. Black flies (Diptera: Simuliidae) of the Gran Sabana (Venezuela) and Pacaraima Region (Brazil): Distributional data and identification keys for larvae and pupae. **Entomotropica**, v16, n1, p 29-49, 2001.

HAMADA, N.; MCCREADIE, J.W. Environmental factors associated with the distribution of *Simulium perflavum* (Diptera: Simuliidae) among streams in Brazilian Amazonia. **Hydrobiologia**, v. 397, p. 71-78, 1999.

KARR, J. R. Rivers como sentinelas: usando a biologia dos rios para orientar o gerenciamento da paisagem. **Ecologia e gestão de rios: Lições da ecorregião costeira do Pacífico**, p. 502-528, 1998.

KIEL, E.; RÖDER, T. Gelelectrophoretic studies on labial gland secretions of immature blackflies (Simuliidae, Diptera). **Limnologica**, v. 32, n. 3, p. 201-205, 2002.

LEHANE, M.J.; LEHANE, M. **The biology of blood-sucking in insects**. Cambridge University Press, 2005.

LOEBENS, C.M. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água nos principais riachos da sub-bacia hidrográfica do Rio Comandaí, mesorregião noroeste rio-grandense, Brasil. 2018. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3943>. Acesso em 02 abr. 2021.

MAIA-HERZOG, M.; VALENTE A.C.dos S.; LUNA-DIAS, A.P.; GIL-AZEVEDO L.H.; MARCHON-SILVA V. *Simulium* (Chirostilbia) *brunnescens* (Diptera: Simuliidae)-new species from the Brazilian cerrado, Manso dam, state of Mato Grosso, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 107, n. 5, p. 591-597, 2012.

MALMQVIST, B.; ADLER, P.H.; KUUSELA, K.; MERRITT R.W.; WOTTON R.S. Moscas negras no bioma boreal, organismos-chave em ambientes terrestres e aquáticos: uma revisão. **Ecoscience** , v. 11, n. 2, pág. 187-200, 2004.

MARDINI, L.B.L.F.; TORRES M.A.N.; SILVEIRA G.L.; VATZ A.M. *Simulium* spp. programa de controle no Rio Grande do Sul, Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 95, p. 211-214, 2000.

MARDINI, L.B.L.F. Contribuição ao Manejo Integrado de Simulídeos (INSECTA-DIPTERA-NEMATOCERA-SIMULIIDAE) no Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Biociências - Zoologia da PUCRS, Porto Alegre, 2002, 105p.

MARDINI, L. Centro Estadual de Vigilância em Saúde do Rio Grande do Sul (Coord.). **Guia para orientação aos municípios sobre manejo integrado, controle e gestão de insetos da família Simuliidae (Diptera, Nematocera) no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CEVS, 2006.

MENZEL, T.C. **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE SIMULIIDAE (DIPTERA: CULICOMORPHA) EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA DO BIOMA PAMPA, NO SUL DO BRASIL** Dissertação. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ambiente e Tecnologias Sustentáveis, UFFS, Cerro Largo, 2019.

MORAES, M.A.P.; SHELLEY, A.J.; DIAS, A.P.A.L. *Mansonella ozzardi* no território federal de Roraima, Brasil: distribuição e achado de um novo vetor na área do rio Surumu. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 80, n. 4, p. 395-400, 1985.

MOREIRA, G. R. P.; PEGORARO, R. A. & SATO G. Influência de fatores abióticos sobre o desenvolvimento de *Simulium nogueirai* D'Andreatta & González em um córrego da mata Atlântica. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 23: 525–542. 1994.

OLIVEIRA, M. A.; GOMES, C.F.F.; PIRES, E.M.; MARINHO, C.G.S.; DELLA LUCIA, T.M.C. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, p. 800-807, 2014.

OMS. Organização Mundial da Saúde. Controle da Oncocercose na região africana: Situação atual e perspectivas. Relatório do diretor regional. 2007

OPAS. Organização Panamericana de Saúde. Oncocercose: último foco da doença ocorre em comunidade indígena entre Brasil e Venezuela. 2018.

PAVITRA, S. P.; LOW, V.L.; TAN, T.L.; LIM, Y.A.L.; YA'COB, Z. Temporal variation in diversity and community structure of preimaginal blackflies (Diptera: Simuliidae) in a tropical forest reserve in Malaysia. **Acta tropica**, v. 202, p. 105275, 2020.

PEDROSO-DE-PAIVA, D.; BRANCO, E. P. O. **Borrachudo: Noções Básicas de Biologia e Controle.** Concórdia: Embrapa, 2000.

PEPINELLI, M.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; HAMADA, N. Imaturos de Simuliidae (Diptera, Nematocera) e caracterização de seus criadouros no Parque Estadual Intervales, SP, Brasil. 2005.

PEPINELLI, Mateus. Checklist de Simuliidae (Insecta, Diptera) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 667-674, 2011.

PETRY, F.; LOZOVEI, A. L.; CHAHAD-EHLERS, S. Eggs fertility and biological aspects of the life cycle in natural populations of Simulium (Diptera, Simuliidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 5, p. 799-805, 2006.

PIEDRAS, S.R.N.; BAGER, A.; MORAES, P. R. R., ISOLDI, L. A., FERREIRA, O. G. L., & HEEMANN, C Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. *Ciência Rural*, v. 36, n. 2, p. 494-500, 2006.

PINHEIRO, F. P.; DOMINGOS, C.JR.; ZÉAC, L.; BENSABATH, G.; MAROJA, O.M.; ANDRADE, A.H.P.; Haemorrhagic syndrome of Altamira. **The Lancet**, v. 303, n. 7859, p. 639-642, 1974.

POST, RJ; MUSTAPHA, M.; KRUEGER, A. Taxonomia e inventário das citoespécies e citótipos do complexo *Simulium damnosum* (Diptera: Simuliidae) em relação à oncocercose. **Medicina Tropical e Saúde Internacional**, v. 12, n. 11, pág. 1342-1353, 2007.

RIBEIRO, M. Rede das Águas da Fundação SOS Mata Atlântica, Ambiental Brasil 2016. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2016/03/23/124087-agua-de-rioe-ruim-ou-pessima-em-363-de-pontos-avaliados-por-estudo.html>>. Acesso em: 22 out. 2020.

ROSS, D.H.; MERRITT, R.W. Factors affecting larval black fly distributions and population dynamics. In: KIM, K.C.; MERRITT, R.W. (Eds.). **Black flies: Ecology, population management and annotated world list**. Pennsylvania: University Park, 1987. p. 90-108, 1987.

RUIZ-ARRONDO, I.; ALARCÓN-ELBA, P.M.; FIGUERAS, L.; DELACOUR-ESTRELLA, A.M.; MUÑOZ, A.; KOTTER, H.; PINAL, R.; LUCIENTES, L. Expansión de los simúlidos (Diptera: Simuliidae) en España: un nuevo reto para la salud pública y la sanidad animal. **Bol SEA**, v. 54, p. 193-200, 2014.

SANTOS JR., J. E.; STRIEDER, M. N.; FIORENTIN, G. L.; NEISS, U. G. Velocidade da água e a distribuição de larvas e pupas de *Chirostilbia pertinax* (Kollar) (Diptera, Simuliidae) e macroinvertebrados associados. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, n. 1, p. 62-67, 2007.

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

SARIOZKAN, S., INCI, A., YILDIRIM, A., DUZLU, O., GRAY, E.W., ADLER, P.H. Economic losses during an outbreak of *Simulium* (*Wilhelmia*) species (Diptera: Simuliidae) in the Cappadocia region of Turkey. **Turk. Soc. Parasitol.** 38, 116–119, 2014.

SHELLEY, A. J.; COSCARÓN, S. Simuliid blackflies (Diptera: Simuliidae) and ceratopogonid midges (Diptera: Ceratopogonidae) as vectors of *Mansonella ozzardi* (Nematoda: Onchocercidae) in northern Argentina. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 96, n. 4, p. 451-458, 2001.

SHEPP, D. L.; CUMMINS, J. D. Restoration in an urban watershed: Anacostia River of Maryland and the district of Columbia. **Watershed Restoration: Principles and Practices.**, p. 297-317, 1997.

SRISUKA, W.; TAKAOKA, H.; OTSUKA, Y.; FUKUDA, M.; THONGSAHUAN, S.; TAAI, K. Seasonal biodiversity of black flies (Diptera: Simuliidae) and elevation of ecological factors influencing species distribution at Doi PhaHomPoh National Park, Thailand. **Acta tropica**, v. 149, p. 212-219, 2015.

STRIEDER, M.N. Espécies de simulídeos (Diptera, Nematocera, Simuliidae) no Rio Grande do Sul, Brasil: distribuição geográfica. **Entomología y Vectores**, v. 11, n. 1, p. 117–121, 2004.

STRIEDER, M.N.; SANTOS, J.E.; VIEIRA, E.M. Distribuição, abundância e diversidade de Simuliidae (Diptera) em uma bacia hidrográfica impactada no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, n. 1, p. 119–124, 2006.

STRIEDER, M. N.; CORSEUIL, E. Atividades de hematofagia em Simuliidae (Diptera, Nematocera) na Picada Verão, Sapiranga, RS - Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 14, n. 2, p. 75-98, 1992.

STRIEDER, M.N.; PY-DANIEL, V. Espécies de *Inaequalium* (Diptera, Simuliidae): dados bionômicos e chaves para sua identificação. **Biociências**, v. 7, n. 2, p. 43–72, 1999.

STUART, A.E.; HUNTER, F.F. Posicionamento filogenético de *Ectemnia*, uma mosca negra autapomórfica (Diptera: Simuliidae), usando caracteres comportamentais. **Jornal canadense de zoologia**. V. 76, n. 10, pág. 1942-1948, 1998.

SHELLEY, A. J.; DIAS, A.P.A.L. *Simulium argentiscutum* sp. nov. (Diptera: simuliidae), a member of the *S. amazonicum*-group of species; description of adults, pupa and larva. 1980.

SHELLEY, A. J.; L. M. HERNÁNDEZ; M. MAIA-HERZOG; A. P. A. LUNA DIAS & P. R. GARRITANO. The Blackflies (Diptera: Simuliidae) of Brazil. In: J.R. ARIAS; S. GOLOVATCH; K.M. WANTZEN & E. DOMINGUEZ (Eds). **Aquatic Biodiversity in Latin America**. Sofia: Pensoft, 2010. vol. 1, 821p..

TAVARES, M. K. P. Estudo morfológico e morfométrico de citoformas de *Simulium guianense* Wise, sl 1911 (Diptera: Simuliidae). 2019.

TONGJURA, J. D. C.; AMUGA, G.A.; MAFUYAI, H.B.; MATUR, B.M.; OLATUNWA, J.O. Influence of some water physicochemical parameters on the distribution of black fly (Diptera, Simuliidae) in some rivers in Nasarawa State, Nigeria. **Advances in Entomology**, v. 3, n. 03, p. 101, 2015.

TORRES, S. R. La expansión de la mosca negra (*Simullium erythrocephalum*) en España. Monografía (Graduação em Farmácia). 2020.

VIVIANI, A.; ARAUJO COUTINHO, C. J. P. C. Period of ovarian development of *Simulium pertinax* Kollar, 1832 (Diptera: Simuliidae) under laboratory conditions. **Entomologia y Vectores**, v. 6, n. 2, p. 180-189, 1999.

ZAMPIVA, N. K.; PEPINELLI, M. Checklist de Simuliidae (Insecta, Diptera) do Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 107, 2017.

ANEXO A – Composição de espécies de acordo com estação do ano nos 27 pontos amostrais pertencentes à sub-bacia hidrográfica do rio Comandai, Rio Grande do Sul, Brasil, no período de setembro 2016 a julho 2017. *S. pertinax*= S.pert; *S. incrustatum*= S.incr; *S. subpallidum*= S.sub; *S. jujuyense*= S.juju; *S. orbitale*= S.orb; *S. rubrithorax*= S.rub; *S. inaequale*= S.inae; *S. subnigrum*= S.su; *S. perflavum*= S.per; *S. spinibranchium*= S.spi; *S. lutzia*= S.lut.

Pontos	Espécies											Abundância (n)
	<i>S. pert.</i>	<i>S. incr.</i>	<i>S. sup</i>	<i>S. orbi</i>	<i>S. rubr</i>	<i>S. juju</i>	<i>S. sub</i>	<i>S. perf</i>	<i>S. Inae</i>	<i>S. spin</i>	<i>S. lut</i>	
Primavera												
CoA1	3	126	1	0	0	12	7	0	0	0	0	149
CoA2	24	260	0	0	0	14	0	0	0	0	0	298
CoA3	4	186	0	0	0	2	0	0	0	0	0	192
PeA1	96	352	1	0	0	1	15	0	0	0	0	465
PeA2	31	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
PeA3	311	316	3	0	0	18	4	0	1	0	0	653
GiA1	443	24	2	0	0	0	0	0	0	0	0	469
GiA2	166	381	0	0	0	0	1	0	0	0	0	548
GiA3	448	53	6	7	0	2	0	0	0	0	0	516
LaM1	430	22	0	0	66	2	0	0	0	0	0	520
LaM2	52	54	1	0	0	4	0	0	0	0	0	111
LaM3	102	24	3	2	0	13	0	0	0	0	0	144
FuM1	40	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	45
FuM2	614	25	21	11	0	10	0	0	0	0	0	681
FuM3	772	15	10	156	0	8	0	0	0	0	0	961
LrM1	344	38	5	0	0	5	1	0	0	0	0	393
LrM2	560	20	10	1	0	4	0	0	0	0	0	595
LrM3	538	45	2	3	0	0	2	0	0	0	0	590
PsB1	443	4	5	0	9	0	2	0	0	1	0	464
PsB2	327	32	14	6	0	8	1	0	0	0	0	388
PsB3	529	27	49	109	0	4	15	0	1	0	1	735

Continuação...

LuB1	242	23	17	1	2	7	0	0	2	0	0	294
LuB2	258	17	10	3	0	2	0	0	1	0	0	291
LuB3	149	21	10	17	0	19	0	0	0	0	0	216
LvB1	43	46	5	1	0	17	0	0	0	0	0	112
LvB2	66	39	14	1	0	3	0	0	0	0	0	123
LvB3	21	17	20	5	0	9	0	0	0	0	0	72

Outono

CoA1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CoA2	6	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	12
CoA3	349	30	4	0	0	0	2	0	0	0	0	385
PeA1	3	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	7
PeA2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
PeA3	358	18	0	0	0	0	1	0	1	0	0	378
GiA1	14	0	18	0	0	0	2	0	0	0	0	34
GiA2	2	14	1	0	0	15	0	0	0	0	0	32
GiA3	1	6	0	0	0	12	0	0	0	0	0	19
LaM1	345	1	0	0	153	0	0	0	1	0	0	500
LaM2	396	34	24	0	15	0	1	5	3	1	0	479
LaM3	735	18	7	0	14	9	0	0	0	0	0	783
FuM1	344	0	2	0	14	0	0	5	0	0	0	365
FuM2	335	4	12	0	6	1	0	1	2	0	0	361
FuM3	317	12	14	0	0	0	0	0	3	0	0	346
LrM1	326	0	7	0	11	0	1	2	0	0	0	347
LrM2	482	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	486
LrM3	1093	13	6	0	0	1	0	9	1	0	0	1123
PsB1	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
PsB2	95	13	13	0	1	3	0	0	0	0	0	125
PsB3	99	56	17	1	1	1	0	1	1	0	0	177
LuB1	170	13	7	0	0	0	0	0	0	0	0	190
LuB2	510	14	1	0	1	0	0	0	1	0	0	527

Continuação ...

LuB3	192	33	47	0	0	8	0	2	0	0	0	282
LvB1	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
LvB2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
LvB3	16	11	7	0	0	3	0	0	1	0	0	38

ANEXO B – Coordenadas geográficas e características de paisagem associadas com os riachos, nos 27 pontos de amostragem, na sub-bacia hidrográfica do rio Comandai, RS, Brasil. Legenda: P= presente; A=ausente.

Local	GPS	Altitude (m)	Largura (m)	Cob. dossel	Veg. Ripária	Veg. Aquática
CoA1	28°6'30,40"S 54°14'54,27"O	354	2.3	P	P	P
CoA2	28°7'53,35"S 54°18'37,28"O	311	10	A	P	P
CoA3	28°9'9,11,23"S 54°19'35,03"O	296	12	P	P	A
PeA1	28°3'40,13"S 54°19'45,54"O	355	3.3	P	P	A
PeA2	28°6'7,39"S 54°21'24,61"O	308	10	A	P	P
PeA3	28°7'40,88"S 54°23'19,82"O	285	8	P	P	A
GiA1	28°3'9,78"S 54°26'25,99"O	326	5	P	P	P
GiA2	28°4'12,94"S 54°31'2,10"O	274	8	P	P	P
GiA3	28°7'26,65"S 54°32'29,25"O	248	11	A	P	P
LaM1	28°2'10,23"S 54°33'51,74"O	279	5	P	P	A
LaM2	28°3'38,65"S 54°35'5,00"O	247	7	P	P	A
LaM3	28°5'23,96"S 54°37'18,68"O	202	8	P	P	A
FuM1	28°1'5,92"S 54°35'56,0"O	268	5	P	P	A
FuM2	28°2'22,57"S 54°37'32,32"O	217	7	A	A	A
FuM3	28°3'43,31"S 54°39'22,20"O	190	9	A	P	A
LrM1	27°59'37,36"S 54°39'59,39"O	256	4	P	P	A
LrM2	28°1'37,86"S 54°40'30,23"O	209	9	A	P	P
LrM3	28°2'55,88"S 54°41'0,31"O	187	7	P	P	A
PsB1	27°59'6,20"S 54°43'28,09"O	234	5	P	P	A
PsB2	27°58'58,20"S 54°47'44,75"O	176	8	P	P	A
PsB3	27°59'32,82"S 54°51'0,19"O	144	13	A	P	P
LuB1	28°4'23,72"S 54°53'10,00"O	274	5	P	A	A
LuB2	28°2'38,82"S 54°53'36,99"O	146	6	P	P	A
LuB3	28°0'26,34"S 54°54'2,84"O	131	11	A	P	P
LvB1	27°59'42,41"S 54°59'12,20"O	138	7	P	P	A
LvB2	27°59'3,00"S 54°59'16,17"O	132	5	P	P	A
LvB3	27°55'34,10"S 54°58'56,69"O	105	9	A	P	A

ANEXO C – Variáveis físico-químicas associadas com os 27 pontos de amostragem, na bacia hidrográfica do rio Comandai, RS, em duas estações do ano no período entre setembro de 2016 a julho de 2017.

Estação	Ponto de Coleta	Temp. (°C)	Pressão (mmHg)	OD (%)	OD (mg/l)	Cond. Elétr (ms/cm)	pH
Primavera	CoA1	14.6	735.8	113.4	11.18	79.1	8.8
	CoA2	14.9	739.2	74.1	7.31	55.0	7.85
	CoA3	14.9	739.7	48.8	4.79	52.1	7.71
	PeA1	19.5	731.9	44.8	3.90	59.5	7.53
	PeA2	19.6	730.0	21.7	1.99	49.3	7.19
	PeA3	17.7	736.8	40.4	3.71	63.3	7.68
	GiA1	20.1	735.9	59.8	5.22	71.1	7.52
	GiA2	15.7	740.4	75.4	7.13	67.3	7.81
	GiA3	15.2	742.8	98.7	9.74	103.8	7.37
	LaM1	19.2	736.6	43.4	3.88	95.6	7.25
	LaM2	19.5	739.9	29.3	2,71	87.3	6.72
	LaM3	19.6	742.3	33.2	3.02	91.3	7.01
	FuM1	19.4	738.3	37.8	3.48	109.2	7.01
	FuM2	19.8	742.9	48.9	4.17	106.4	8.05
	FuM3	18.6	745.5	93.1	8.32	139.6	8.42
	LrM1	20.8	732.5	23.1	2.04	76.4	6.94
	LrM2	21.5	737.3	21.4	1.88	88.4	7.28
	LrM3	28.8	735.9	21.2	1.85	93.6	6.98
	PsB1	22.0	733.5	29.6	2.56	97.0	7.13
	PsB2	23.1	737.7	32.3	2.76	138.6	7.27
	PsB3	23.7	739.0	29.2	2.47	138.4	7.13
	LuB1	19.9	744.8	34.4	3.11	105.8	6.86
	LuB2	20.1	747.0	32.3	2.91	106.7	6.79
	LuB3	21,1	748.0	31.1	2.77	125.6	6.64
	LvB1	21.1	746.5	43.7	3.93	191.7	7.28

Continuação...

	LvB2	22.8	746.2	33.4	2.85	188.9	7.40
	LvB3	22.9	748.9	26.6	2.28	168.1	7.03
Outono	CoA1	17.3	737.8	87	8.12	31.9	3.73
	CoA2	16.7	741.4	89.7	8.43	44.0	4.74
	CoA3	16.3	742.8	97.0	9.40	39.3	6.15
	PeA1	19.0	736.8	86.7	7.78	49.3	4.93
	PeA2	18.5	740.0	92.9	8.43	51.0	5.12
	PeA3	16.2	743.5	97.0	9.60	48.8	6.40
	GiA1	19.8	739.8	26.9	2.50	53.7	6.92
	GiA2	19.6	734.5	27.2	2.50	54.0	7.08
	GiA3	19.6	736.6	32.2	2.94	55.3	7.45
	LaM1	17.7	743.5	98.0	9.30	142.7	6.93
	LaM2	17.6	744.7	98.0	9.30	139.6	6.77
	LaM3	17.5	747.9	99.0	9.40	142.9	6.72
	FuM1	18.4	742.2	97.0	9.00	93.6	7.00
	FuM2	16.7	747.0	97.0	9.30	77.1	6.69
	FuM3	17.3	749.0	99.0	9.90	81.7	6.92
	LrM1	18.7	745.4	95.0	8.70	155.6	7.66
	LrM2	18.6	749.5	97.0	9.10	157.8	7.40
	LrM3	16.3	751.6	99.0	9.70	133.9	7.19
	PsB1	18.5	747.1	99.0	9.20	162.4	7.32
	PsB2	18.6	750.5	98.0	9.20	185.6	6.96
	PsB3	18.4	752.5	95.0	8.90	198.4	7.06
	LuB1	16.4	750.5	97.0	9.40	174.6	7.60
	LuB2	17.0	753.3	91.0	8.80	180.0	7.14
	LuB3	18.0	753.2	92.0	8.60	200.3	7.01
	LvB1	16.7	750.1	88.0	8.60	254.0	7.38
	LvB2	16.0	751.4	89.0	8.80	245.4	7.27
LvB3	16.5	754.9	78.0	7.60	296.2	7.17	