



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE TRÊS LAGOAS**

MATHEUS DE BARROS PICOLOTTO

**Estrutura funcional de Trichoptera (Insecta) ao longo de um gradiente longitudinal em
uma Bacia Hidrográfica**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Três Lagoas

2024

Estrutura funcional de Trichoptera (Insecta) ao longo de um gradiente longitudinal em uma
Bacia Hidrográfica

Matheus B. Picolotto^{1*} and Luiz U. Hepp²

¹Laboratório de Indicadores Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Câmpus de Três Lagoas (CPTL), Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brazil.

Endereço: Av. Ranulpho Marques Leal, 3484, Três Lagoas/MS - 79613-000. E-mail: matheus.picolotto@ufms.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1656-8966>

²Laboratório de Indicadores Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Câmpus de Três Lagoas (CPTL), Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brazil.

Endereço: Av. Ranulpho Marques Leal, 3484, Três Lagoas/MS - 79613-000. E-mail: luiz.hepp@ufms.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8499-9549>

Resumo

Objetivo: Este estudo teve como objetivo avaliar a estrutura funcional e a distribuição de assembleias de larvas de Trichoptera ao longo de um gradiente longitudinal em uma bacia hidrográfica no Cerrado. **Métodos:** O estudo foi realizado em 15 córregos distribuídos pelo alto (n=4), médio (n=5) e baixo (n=6) curso da bacia hidrográfica do rio Sucuriú (Mato Grosso do Sul). Nos córregos foram mensuradas variáveis limnológicas e coletadas larvas de insetos da ordem Trichoptera, os quais foram identificados até o nível taxonômico de gênero. Foram selecionados os atributos funcionais tamanho corporal, flexibilidade do corpo, hábito alimentar, respiração e formato do corpo, e cada um foi quantificado de acordo com a literatura disponível, utilizando a técnica *fuzzy code*. Para testar os efeitos dos preditores ambientais sobre a estrutura funcional dos insetos, foi realizada uma análise de ordenação (RLQ). **Resultados:** Foram coletados um total de 750 indivíduos distribuídos em 18 gêneros e 9 famílias. Os gêneros mais frequentes nos córregos do médio e baixo curso foram *Smicridea* (73%) e *Oxyethira* (11%). No alto curso os gêneros mais frequentes foram *Nectopsyche* (46%) e *Smicridea* (13%). Foi observada uma segregação dos córregos do alto curso em relação aos córregos do médio e baixo curso. No alto curso foi observado maior proporção de organismos maiores (>0,5 cm) e de fragmentadores. Por outro lado, no médio e baixo curso foram observados organismos menores ($\leq 0,5$ cm) e filtradores. **Conclusões:** Os resultados indicam que as condições ambientais locais, observadas em cada curso da bacia hidrográfica, refletem em uma mudança na estrutura funcional de Trichoptera. Portanto, possíveis distúrbios antrópicos na bacia hidrográfica podem impactar a diversidade funcional de insetos aquáticos, e, conseqüentemente a dinâmica e funcionamento destes ambientes.

Palavras-chave: Insetos aquáticos; diversidade funcional; Invertebrados; Atributos funcionais.

Introdução

O gradiente longitudinal fluvial é caracterizado por mudanças graduais nas características físico-químicas e biológicas dos rios ao longo de seus cursos, desde as nascentes até a foz (López-Delgado et al., 2024). A Teoria do Rio Contínuo (Vannote et al., 1980), busca explicar como as comunidades de organismos se ajustam ao longo deste gradiente em resposta a disponibilidade de matéria orgânica nos diferentes trechos do rio. Segundo esta teoria, nas regiões de cabeceira, é esperado que haja menor entrada de luz nos sistemas e maior aporte de matéria orgânica alóctone proveniente da vegetação ripária, favorecendo a colonização destes habitats por insetos de hábito alimentar fragmentador. Nos trechos médios, é esperado que haja maior entrada de luz nos sistemas e portanto, maior produção primária autóctone, o que favorece insetos de hábito alimentar raspador. Já nas regiões a jusante, o material orgânico processado a montante desce como partículas finas de matéria orgânica, tornando-se a principal fonte de energia, o que favorece insetos de hábito alimentar filtrador e coletor.

Os insetos aquáticos apresentam atributos funcionais importantes para a dinâmica e funcionamento dos ecossistemas (Milesi et al., 2024). Estes atributos são influenciados por diversos fatores ambientais, e, portanto, refletem possíveis distúrbios antropogênicos nas condições do ecossistema (Castro et al., 2018). Diversas pesquisas recentes demonstram a relação entre os padrões de diversidade funcional e estrutura das assembleias de insetos aquáticos com o uso do solo (Dolédec et al., 2011; Machado, 2019; Milesi et al., 2024), cobertura de vegetação nativa (Hepp et al., 2023; Contieri, 2024) e o gradiente longitudinal dos rios (Tomanova et al., 2007; Brasil et al., 2014). Cientistas têm observado que a degradação de ecossistemas lóticos, principalmente associada a remoção da vegetação ripária, causa redução da diversidade funcional e homogeneização da estrutura funcional de insetos aquáticos, resultando na predominância de atributos funcionais relacionados a estratégias de resistência dos insetos (Castro et al., 2018; Hepp et al., 2023; Malacarne et al., 2024).

Trichoptera é uma das ordens de insetos aquáticos mais ricas e abundantes em ambientes de água doce (Breda et al., 2020). Esses organismos são sensíveis a alterações ambientais e apresentam uma alta diversidade de atributos funcionais (ex: hábitos, habitats e grupos tróficos) quando comparados a outros grupos de insetos aquáticos (Morse et al., 2019). Em ecossistemas lóticos, seus indivíduos desempenham um papel fundamental na decomposição de matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes (Morse et al., 2019). Logo, o diagnóstico dos padrões de diversidade funcional das comunidades de Trichoptera em córregos e rios é imprescindível para a compreensão do fluxo energético e funcionamento desses ambientes (Silva et al., 2009). Estudos no neotrópico mostram que córregos que apresentam cobertura por vegetação ripária e baixos níveis de perturbação antrópica, apresentam maior abundância relativa de tricópteros com tamanho corporal grande (Hepp et al., 2023), baixa flexibilidade (Brasil et al., 2014; Castro

et al., 2018), corpos achatados e hábito alimentar fragmentador (Brasil et al., 2014; Castro et al., 2018; Hepp et al., 2023). Enquanto locais sem vegetação ripária e com níveis maiores de perturbação antrópica, apresentam maior abundância relativa de tricópteros com tamanho corporal pequeno, corpos hidrodinâmicos e hábitos filtrador e coletor-catador (Brasil et al., 2014; Castro et al., 2018; Hepp et al., 2023). Nesta perspectiva, as hipóteses deste estudo são de que córregos no alto curso terão maior proporção de organismos fragmentadores e maiores e córregos do baixo curso terão maior proporção de organismos filtradores e menores.

O estudo dos atributos funcionais pode ajudar a esclarecer mudanças em padrões e processos das comunidades de ecossistemas lóticos impactados por atividades antrópicas. Considerando a crescente interferência antrópica que existe nos sistemas aquáticos do Cerrado, esta pesquisa busca avaliar a estrutura funcional e a distribuição de assembleias de Trichoptera ao longo de um gradiente longitudinal em uma bacia hidrográfica no Cerrado.

Materiais e Métodos

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em córregos situados na bacia hidrográfica do Rio Sucuriú, região leste do estado de Mato Grosso do Sul, localizada entre as coordenadas 18° 12'36,18'' a 20° 49'1,6'' S e 51° 38'2,79'' a 53° 31'27,96'' O. A região tem altitudes que vão de 230 a 874 metros acima do nível do mar, temperatura média anual variando entre ~22°C-23°C e precipitação anual que varia entre 1200 a 1750 mm (Ferreira, 2011). A bacia está inserida no domínio Cerrado, com transição entre as vegetações de Savana e Floresta estacional semidecidual em porções do médio e baixo curso. Ao longo da bacia hidrográfica são observados usos e ocupação da terra como as pastagens cultivadas de Braquiária (*Urochloa* spp.) para a pecuária, a silvicultura de espécies exóticas como eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e pinus (*Pinus* spp.), e as culturas temporárias de soja, milho e algodão (Pott et al., 2014; Mantovani et al., 2015; Ferreira et al., 2016). Na bacia hidrográfica foram selecionados 15 córregos de pequena ordem ($\leq 3^{\text{a}}$ ordem) distribuídos pelas regiões do alto (n=4), médio (n=5) e baixo (n=6) curso da bacia hidrográfica (Figura 1).

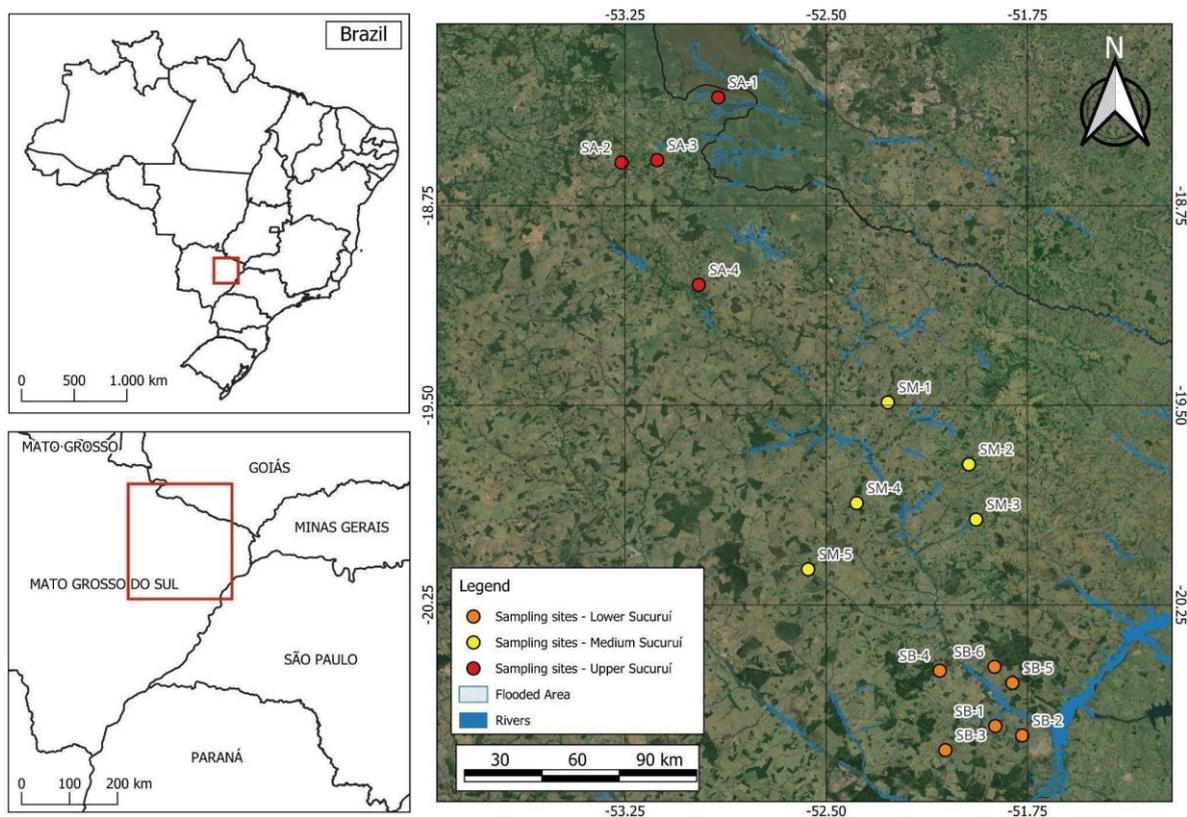


Figura 1. Localização geográfica dos córregos amostrados na bacia hidrográfica do rio Sucuriú, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Variáveis Limnológicas

Em cada córrego foram mensuradas as variáveis limnológicas temperatura da água, turbidez, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos utilizando um analisador multiparâmetros Horiba® U51. Nos mesmos locais, foram coletadas amostras de água para análise de alcalinidade, amônia e fósforo total segundo metodologia de APHA (2012).

Insetos aquáticos

Para a coleta dos insetos aquáticos foi utilizado uma rede em D (500 µm de malha) e esforço aproximado de ~3 minutos. Foram realizadas três sub-amostragens nos diferentes substratos do córrego, em um trecho de aproximadamente 20-30 metros. As amostras foram fixadas em campo com álcool 70% e levadas ao laboratório para triagem e identificação. No laboratório os insetos da ordem Trichoptera foram e identificados até o nível taxonômico de gênero de acordo com Pes et al. (2014) e Mugnai et al. (2010).

Atributos funcionais

Foram selecionados seis atributos funcionais para os gêneros de Trichoptera, sendo eles: tamanho do corpo, hábito alimentar, locomoção, formato do corpo, tipo de respiração e flexibilidade do corpo, descritos em 22 categorias de atributos (Tabela 1). Esses atributos foram selecionados baseado na relação que estas características apresentam com as condições ambientais e com a dispersão destes organismos pelo gradiente longitudinal. Esses atributos foram obtidos na literatura de acordo com dados disponíveis para a região neotropical (Milesi, 2016; Santos et al., 2024). Os atributos funcionais foram quantificados utilizando a técnica *Fuzzy code*, que determina valores de 0 a 3 de acordo com a afinidade que cada táxon apresenta em relação a cada categoria de atributo funcional. Sendo que 0 corresponde a nenhuma afinidade, 1 a fraca afinidade, 2 a média afinidade e 3 a forte afinidade (Chevenet et al., 1994).

Tabela 1. Atributos funcionais e suas categorias utilizadas para as larvas de Trichoptera nos córregos estudados.

Atributos funcionais	Categorias	Códigos
Hábito alimentar	Coletor	
	Fragmentador	
	Raspador	
	Filtrador	
	Predador	
Tamanho do corpo	$\leq 0,25$ cm	X0.25
	0,25_0,5 cm	X0.25>0.5
	0,5_1,0 cm	X0.5>1.0
	>1,0 cm	X1
Respiração	Tegumentar	
	Branquial	
Formato do corpo	Cilíndrico	
	Esférico	
	Achatado	
	Fusiforme	
Flexibilidade do corpo	$<10^\circ$	X10
	$\geq 10^\circ \leq 45^\circ$	X10_45
	$>45^\circ$	X45
Locomoção	Nadador	
	Agarrador	
	Escalador	
	Espalhador	

Análise dos dados

Os córregos foram agrupados em três categorias de acordo com o curso da bacia ao qual pertenciam (córregos do alto, médio e baixo cursos). A normalidade dos conjuntos de dados foi testada e, para as variáveis que não atenderam os pressupostos de normalidade, foram utilizadas abordagens de análise não-paramétrica. Para comparar cada uma das variáveis limnológicas e a riqueza dos organismos entre os cursos da bacia, foram utilizadas ANOVAs com teste de Tukey *a posteriori*. Para avaliar se houve diferença na abundância de organismos entre os cursos da bacia, foi necessária a utilização do teste de Kruskal-Wallis (com o teste de Dunn *a posteriori*). Para testar o efeito dos preditores ambientais sobre a estrutura funcional de Trichoptera, foram realizadas uma análise de ordenação RLQ (Doledéc et al., 1996). A análise RLQ se baseia em uma ordenação canônica simétrica que correlaciona as matrizes contendo as variáveis limnológicas por locais (R), a abundância de organismos por locais (L) e os atributos funcionais dos organismos (Q). Através da ordenação conjunta destas informações, a RLQ permite a visualização espacial dos dados provenientes das matrizes. Posteriormente, para testar o efeito do gradiente longitudinal sobre a estrutura funcional de Trichoptera, foi realizada uma análise *Between Class*, que utiliza os resultados da RLQ para realizar uma nova ordenação com as categorias (alto, médio e baixo). Para isto, foram utilizadas as funções *rlq* e *bca* do pacote '*ade4*' (Dray & Dufour, 2007). A significância foi testada por meio de um teste tipo Monte-Carlo ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas através do software R (R Core Team, 2024).

Resultados

Variáveis Limnológicas

As variáveis temperatura ($F_{(2,12)}=10,8$, $p = 0,042$), alcalinidade ($F_{(2,12)}=4,1$, $p = 0,043$), pH ($F_{(2,12)}=10,8$, $p = 0,002$) e sólidos dissolvidos totais ($F_{(2,12)}=4,8$, $p = 0,029$) apresentaram diferença significativa entre os cursos da

bacia. O pH foi neutro nos córregos do médio ($7,2\pm 0,3$) e baixo curso ($6,9\pm 0,3$) e ligeiramente ácido nos córregos do alto curso ($6,2\pm 0,4$). Os valores de sólidos dissolvidos totais foram maiores nos córregos do médio curso ($0,064\pm 0,045 \text{ mg.L}^{-1}$) em comparação aos córregos do alto curso ($0,008\pm 0,001 \text{ mg.L}^{-1}$). A alcalinidade foi maior em córregos do médio curso ($9,9\pm 4,6 \text{ mg.L}^{-1}$) em comparação à dos córregos do alto curso ($4,5\pm 1,9 \text{ mg.L}^{-1}$) (Figura 2).

Tabela 2. Variáveis limnológicas mensuradas nos córregos do alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Sucuriú, MS, Brasil.

Variáveis Limnológicas	Cursos da Bacia		
	Alto	Médio	Baixo
Temperatura da água (°C)	22,8±0,8	25,2±0,8	24,9±1,9
pH	6,2±0,4	7,2±0,3	6,9±0,3
Condutividade elétrica (mS.cm ⁻¹)	0,021±0,016	0,098±0,070	0,07±0,012
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	7,2±1,1	6,7±0,8	6,8±1,2
Sólidos dissolvidos totais (mg.L ⁻¹)	0,008±0,001	0,064±0,045	0,045±0,007
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	4,5±1,9	9,9±4,5	8,0±0,3
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	0,015±0,003	0,016±0,002	0,020±0,012
Amônia total (mg.L ⁻¹)	0,098±0,016	0,097±0,082	0,099±0,015

Tabela 3. Resultado das análises de variância realizadas para cada uma das variáveis limnológicas mensuradas nos córregos do alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica.

Variáveis	valor-F (gl = 2, 12)	valor-p	Tukey
Temperatura da água (°C)	4,17	0,042	Médio=baixo>alto
pH	10,87	0,002	Médio=baixo>alto
Condutividade elétrica (mS.cm ⁻¹)	3,78	0,053	Alto=médio=baixo
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	0,28	0,755	Alto=médio=baixo
Sólidos dissolvidos totais (mg.L ⁻¹)	4,81	0,029	Médio=baixo>alto
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	4,13	0,043	Médio=baixo>alto
Fósforo total (µg.L ⁻¹)	0,56	0,582	Alto=médio=baixo
Amônia total (mg.L ⁻¹)	0,003	0,997	Alto=médio=baixo

Assembleias de Trichoptera

Foram coletados 750 organismos distribuídos em 18 gêneros de Trichoptera. Desses, 633 foram coletados nos córregos do baixo curso (84,4%), 86 em córregos do alto curso (11,4%) e 31 em córregos do médio curso (4,1%). O gênero *Smicridea* (Hydropsychidae) foi o mais abundante (66,2% do total), sendo os organismos mais predominantes em córregos do baixo curso (75%) e médio curso (32,2%). O gênero *Nectopsyche* (Leptoceridae) foi o mais predominante em córregos do alto curso (46,5%) (Figura 4). Os gêneros *Metrichia* (Hydroptilidae), *Hydroptila* (Hydroptilidae) e *Macrostemum* (Hydropsychidae) ocorreram exclusivamente em córregos do alto curso (Tabela 4). A riqueza de gêneros não diferiu entre os cursos da bacia ($F_{(2,12)}=1,6$, $p = 0,22$). Por outro lado, houve diferença significativa na abundância de organismos entre os cursos da bacia ($\chi^2 = 8,2$, $df = 2$, $p = 0,01$). Os córregos do baixo curso apresentaram maior abundância de organismos quando comparados aos córregos do médio ($p= 0,002$) e alto curso ($p = 0,04$) (Figura 3).

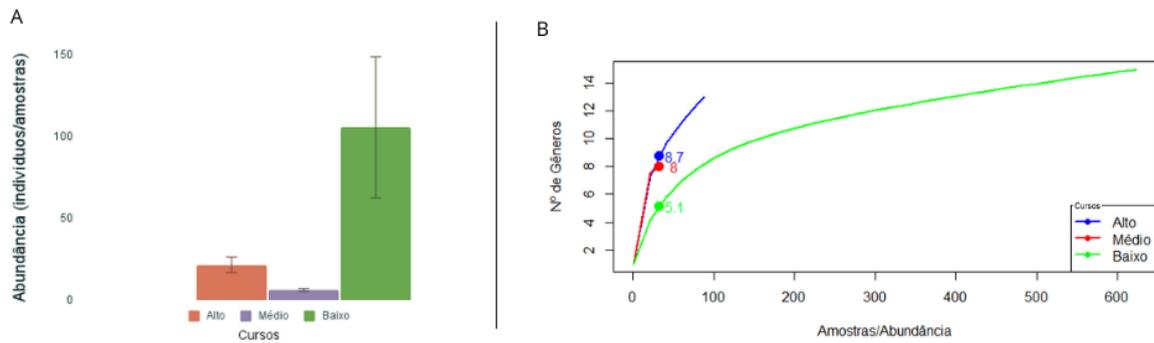


Figura 3. (A) Abundância (média±desvio padrao) nos cursos alto, médio e baixo da bacia hidrográfica. (B) Curvas de riqueza rarefeita para os cursos (alto, médio e baixa) com base na abundância de gêneros de Trichoptera.

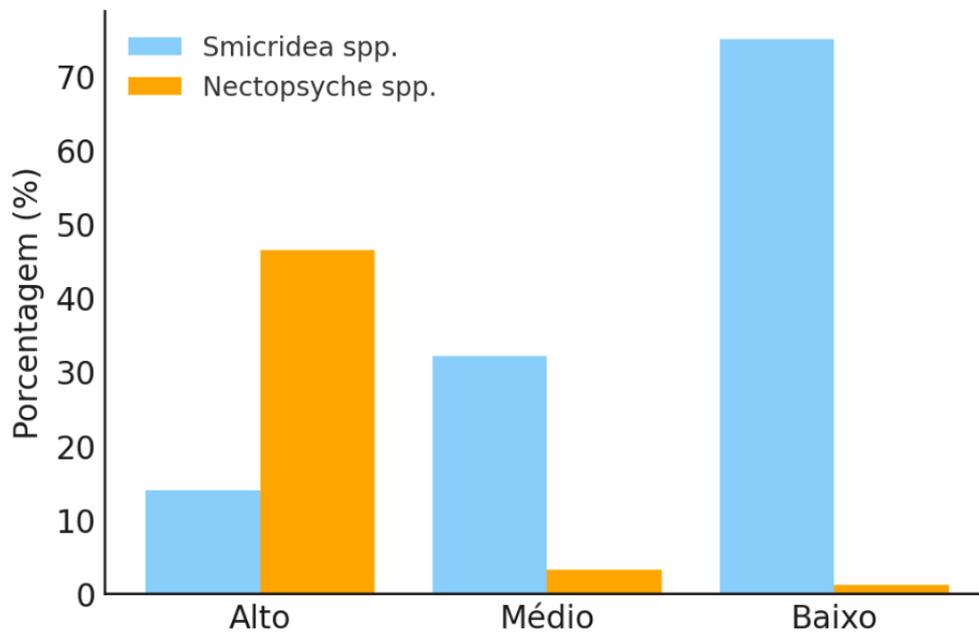


Figura 4. Porcentagem de *Smicridea* spp. e *Nectopsyche* spp. nos cursos alto, médio e baixo da bacia hidrográfica. .

Tabela 4. Abundância de larvas de Trichoptera amostradas nos cursos da bacia hidrográfica do rio Sucuriú, MS, Brasil.

Taxa	Cursos da Bacia		
	Alto	Médio	Baixo
HYDROPSYCHIDAE			
<i>Smicridea</i> McLachlan, 1871	12	10	475
<i>Leptonema</i> Guérin, 1843	7	0	13
<i>Macrostemum</i> Kolenati, 1859	1	0	0
GLOSSOSOMATIDAE			
<i>Itauara</i> Müller, 1888	2	0	15
<i>Mortoniella</i> Ulmer, 1906	4	2	10
HYDROPTILIDAE			
<i>Neotrichia</i> Morton, 1905	1	2	1
<i>Oxyethira</i> Eaton, 1873	0	2	73
<i>Hydroptila</i> Dalman, 1918	2	0	0
<i>Metrichia</i> Ross, 1938	6	0	0
<i>Alisotrichia</i> Flint, 1964	0	1	2
HELICOPSYCHIDAE			
<i>Helicopsyche</i> Siebold, 1856	8	3	23
LEPTOCERIDAE			
<i>Nectopsyche</i> Müller, 1879	40	7	8
<i>Oecetis</i> McLachlan, 1877	1	0	4
POLYCENTROPODIDAE			
<i>Cyrnellus</i> Banks, 1913	0	1	5
HYDROBIOSIDAE			
<i>Atopsyche</i> Banks, 1905	1	0	1
CALAMOCERATIDAE			
<i>Phylloicus</i> Müller, 1880	1	0	1
PHILOPOTAMIDAE			
<i>Wormaldia</i> McLachlan, 1865	0	0	1
<i>Chimarra</i> Stephens, 1829	0	3	1

Foi observado que os atributos funcionais e condições ambientais encontradas nos córregos do alto curso formaram um grupo segregado em relação aos córregos dos demais cursos da bacia. A ordenação foi resumida em 99% pelo primeiro eixo da RLQ e 0.4% pelo segundo eixo da RLQ. Pode-se observar a dispersão dos córregos do médio e baixo curso ao longo do primeiro eixo da RLQ, correspondendo a maiores valores de sólidos dissolvidos totais, alcalinidade e condutividade elétrica.

Foi observado uma maior proporção de organismos maiores (>0,5 cm) nos córregos do alto curso, com corpos achatados e hábito alimentar fragmentador. Nos córregos do médio e baixo curso foi observado uma maior proporção de organismos menores ($\leq 0,5$ cm) e com hábito alimentar filtrador (Figura 5).

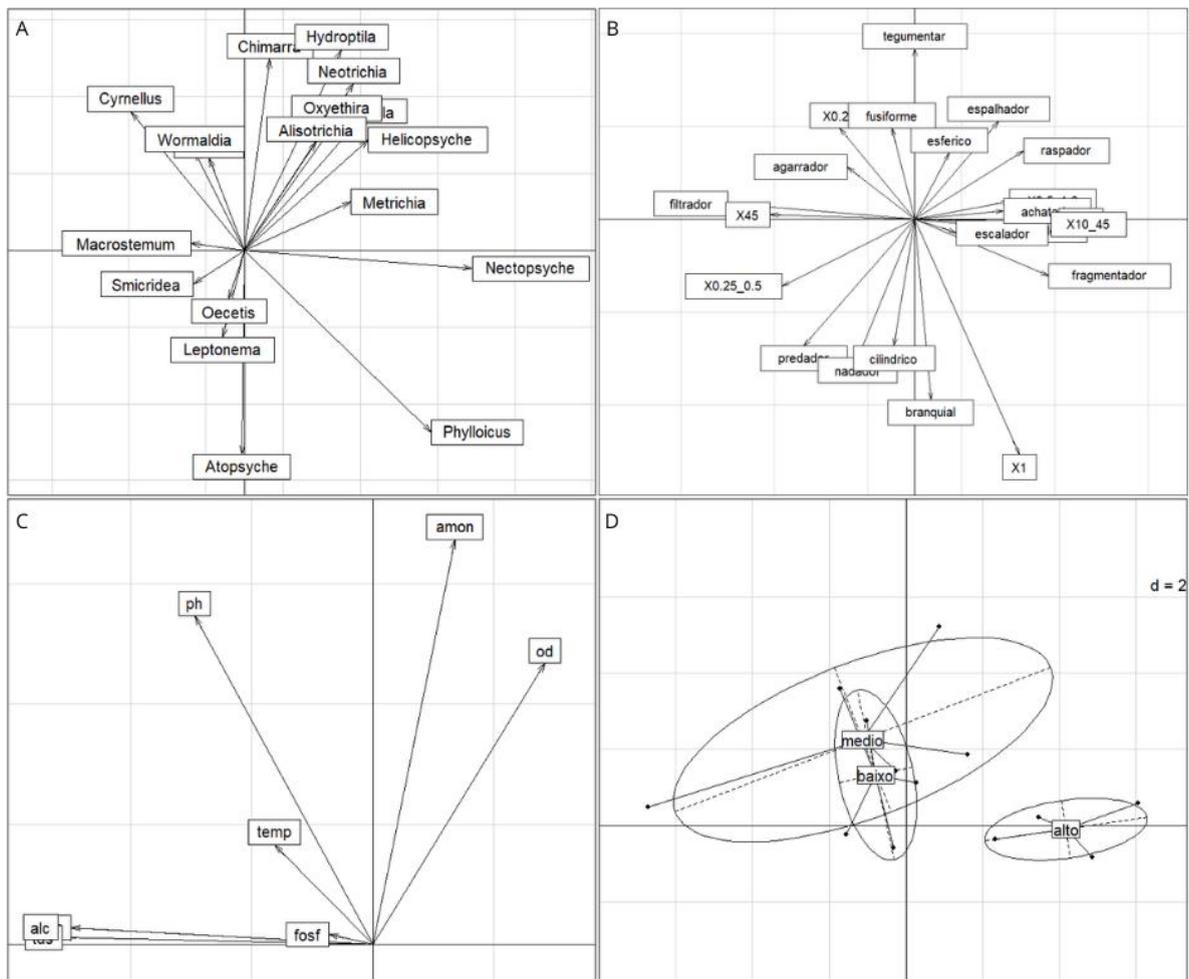


Figura 5. Resultados da análise RLQ realizada com as variáveis limnológicas, a abundância de organismos e os atributos funcionais dos organismos nos córregos da bacia do rio Sucuriú, MS. (A) Ordenação da composição dos organismos. (B) Ordenação dos atributos funcionais. (C) Ordenação das variáveis limnológicas. (D) Ordenação *Between-Class*.

Discussão

Neste estudo foi possível observar que a estrutura funcional de Trichoptera varia ao longo do gradiente longitudinal na bacia hidrográfica. Esta estrutura funcional foi influenciada, basicamente, pela expressiva abundância de *Smicridea* e *Nectopsyche*, além das variáveis ambientais: alcalinidade, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. Embora a bacia hidrográfica apresente um zoneamento espacial claro, devido às cotas de altitude, ambientalmente, os córregos do alto curso se mostraram distintos dos córregos do médio e baixo curso.

A variação limnológica observada, ficou restrita às variáveis temperatura da água, pH, alcalinidade e sólidos dissolvidos totais. A bacia hidrográfica do rio Sucuriú apresenta classes de usos majoritários no terço alto (agricultura), médio (agropecuária e silvicultura) e baixo (silvicultura) (Pott et al., 2014; Mantovani et al., 2015; Ferreira et al., 2016). Estas classes de usos colaboram com alterações nas condições normais dos corpos hídricos, uma vez que há remoção da vegetação ripária, maior aporte de sedimentos e produtos químicos utilizados nas práticas ocorrentes (Loureiro et al., 2018; Hepp et al., 2023).

Os córregos do alto curso possuem maior proporção de organismos maiores, achatados e fragmentadores. Estudos evidenciaram este padrão associado a áreas com maior cobertura de vegetação ripária e baixos níveis de perturbação antrópica (Brasil et al., 2014; Castro et al., 2018; Hepp et al., 2023). Locais com alta cobertura de vegetação ripária tendem a possuir uma maior concentração de matéria orgânica alóctone, que servem de recursos alimentar para organismos fragmentadores (Vannote et al., 1980; Tonin et al., 2018). O gênero mais frequente nos córregos do alto curso foi *Nectopsyche*, o qual apresenta indivíduos fragmentadores e construtores de abrigo (Glover & Floyd, 2004). Segundo Pereira et al. (2012) este gênero é um indicador de locais preservados no Cerrado, portanto a predominância destes organismos no alto curso indica que possivelmente esta região é composta por córregos preservados.

Por outro lado, os córregos de médio e baixo curso apresentaram maior proporção de organismos menores e filtradores. Os padrões observados no médio e baixo curso estão associados a áreas com menor cobertura de vegetação ripária e altos níveis de perturbação antrópica (Brasil et al., 2014; Castro et al., 2018; Hepp et al., 2023). Locais com baixa cobertura de vegetação ripária tendem a possuir uma maior concentração de partículas finas de matéria orgânica e sedimento, que servem de recursos alimentar para organismos filtradores (Vannote et al., 1980). O gênero mais frequente nos córregos do médio e baixo curso foi *Smicridea*, o qual apresenta indivíduos de hábito alimentar filtrador e relativamente tolerantes a impactos antrópicos (Henriques-Oliveira et al., 2015). Em estudos realizados na Mata Atlântica foi observado que *Smicridea* é mais abundante em áreas impactadas do que em áreas preservadas

(Henriques-Oliveira et al., 2015; Hepp et al., 2023). Portanto, a predominância deste gênero e a estrutura funcional dos organismos encontrados neste curso da bacia, indicam que possivelmente esta região é composta por córregos impactados.

Nossos resultados indicam que a estrutura funcional de assembléias de Trichoptera se modifica ao longo do gradiente longitudinal da bacia. As classes de uso presentes na bacia, podem causar a homogeneização das paisagens, refletindo na homogeneização da estrutura funcional das comunidades aquáticas da região. Portanto, é possível indicar que o aumento constante na exploração dessa região, tende a reduzir a diversidade nas comunidades de insetos aquáticos da bacia.

Referências

- Apha, Awwa, Wef, 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (22nd ed.). Washington D.C.: American Public Health Association, 1496 p.
- Brasil, L.S., Juen, L., Batista, J.D., Pavan, M.G. & Cabette, H.S.R., 2014. Longitudinal Distribution of the Functional Feeding Groups of Aquatic Insects in Streams of the Brazilian Cerrado Savanna. *Neotropical Entomology*, 43(5): 421–428.
- Breda, M., Restello, R.M., Giovenardi, R., Vizzotto, A.P., Soares, B. & Hepp, L.U., 2020. Alpha and beta diversities of Trichoptera (Insecta) assemblages in natural and rural subtropical streams. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 32(14): 1-10.
- Castro, D.M.P., Dolédec, S. & Callisto, M., 2018. Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna streams. *Ecological Indicators*, 84: 573–582.
- Chevenet, F., Dolédec, S. & Chessel, D., 1994. A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshwater Biology*, 31: 295–309.
- Contieri, B.B., 2024. *Land use and cover drives taxonomic and functional diversity of aquatic insects across tropical streams*. 79 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, Maringá, PR.
- Dolédec, S., Phillips, N. & Townsend, C., 2011. Invertebrate community responses to land use at a broad spatial scale: trait and taxonomic measures compared in New Zealand rivers. *Freshwater Biology*, 56: 1670-1688.
- Edwin, O., López-Delgado, F. A., Villa-Navarro, F. A. & Winemiller, K. O., 2023. Functional diversity in relation to the longitudinal gradient of a species-rich Neotropical river. *Journal of Tropical Ecology*, 40: e21. doi: 10.1017/s026646742400021x
- Ferreira, C.C., 2011. Geotecnologias aplicadas a criação e organização de banco de dados geoambientais da bacia hidrográfica do dados geoambientais da bacia hidrográfica do rio sucuriú - MS/BR. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, MS.
- Ferreira, C.C. & Piroli, E.L., 2016. Environmental zoning of landscapes: case study of the high stream of the Sucuriú's river watershed, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Boletim Goiano de Geografia*, 36(2): 341-358.
- Glover, J.B. & Floyd, M.A., 2004. Larvae of the genus *Nectopsyche* (Trichoptera: Leptoceridae) in eastern North America, including a new species from North Carolina. *Journal of the North American Benthological Society*, 23(3): 526–541. [https://doi.org/10.1899/0887-3593\(2004\)023](https://doi.org/10.1899/0887-3593(2004)023)
- Henriques-Oliveiras, A. L., Nessimian, J. L., Baptista, D. F. 2015. Diversity and

composition of Trichoptera (Insecta) larvae assemblages in streams with different environmental conditions at Serra da Bocaina, Southeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 27(4): 394-410.

Hepp, L.U., Milesi, S.V., Picolotto, R.C., Decian, V.S., Restello, R.M., Huiñocana, J.S. & Albertoni, E.F., 2023. Agriculture affects functional diversity of aquatic insects in Subtropical Atlantic Forest streams. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 35(31): 1-12.

Machado, N.R., 2019. *Influência do uso do solo sobre a estrutura e diversidade funcional de insetos aquáticos em riachos neotropicais*. 44 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Paraná, Dep. de Zootecnia, Palotina, PR.

Loureiro, R.C., Menegat, M.N., Restello, R.M & Hepp, L.U. 2018. Incorporation of zinc and copper by insects of different functional feeding groups in agricultural streams. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 17402–17408.

Malacarne, T.J., Machado, N.R. & Moretto, Y., 2024. Influence of land use on the structure and functional diversity of aquatic insects in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 851: 265–280.

Mantovani, J.R.A., Ferreira, C.C. & Bacani, V.M., 2015. Uso de sistemas de informação geográfica na avaliação do estado de conservação da bacia hidrográfica do rio Sucuriú/MS. In: Benini, S.M. *Uso de sistemas de informação geográfica na análise ambiental em bacias hidrográficas*. Tupã/SP: ANAP, p. 15-35.

Milesi, S.V., Deliberalli, W., Lazari, P.L., Hepp, L.U. & Restello, R.M., 2024. Chironomidae functional traits in Atlantic Forest streams: spatial and temporal patterns. *Hydrobiologia*, 851: 457–470.

Milesi, S.V., Dolédec, S. & Melo, A.S., 2016. Substrate heterogeneity influences the trait composition of stream insect communities: an experimental in situ study. *Freshwater Science*, 35(4): 1321–1329.

Morse, J.C., Frandsen, P.B., Graf, W. & Thomas, J.A., 2019. Diversity and Ecosystem Services of Trichoptera. *Insects*, 10(5): 125.

Mugnai, R., Nessimian, J.L. & Baptista, D.F., 2010. *Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Technical Books, 176 p.

Pereira, L.R., Cabette, G.S.R. & Juen, L., 2012. Trichoptera as bioindicators of habitat integrity in the Pindaíba river basin, Mato Grosso (Central Brazil). *International Journal of Limnology*, 48(3): 295-302.

- Pes, A.M., Santos, A.P.M., Silva-Barcelos, P. & Camargos, L.M., 2014. Ordem Trichoptera. In: Hamada, N., Nessimian, J.L. & Querino, R.B. *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus/AM: INPA, p. 391-433.
- Pott, V.J., Pott, A. & Moreira, S.N., 2014. Vegetation of the Planning and Management Unit of the Sucuriú river basin. *GeoPantanal*, 16: 221-233.
- R Core Team, 2024. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <http://www.R-project.org>.
- Santos, N.B.B., Cruz, G.M., Monteles, J.S., Faria, A.P.J., Firmino, V.C., Shimano, Y., Ferreira, V.R.S., Andrade, A.L., Salles, F.F., Castro, D.M.P., Quinteiro, F.B., Lima, L.R.C., Dias, L.G., Pes, A.M.O., Hamada, N. & Juen, L., 2024. Database of immature stage traits of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera (EPT) genera for the Amazon. *Aquatic Sciences*, 86(35): 1-18.
- Silva, F.L., Pauleto, G.M., Talamoni, J.L.B. & Ruiz, S.S., 2009. Categorização funcional trófica das comunidades de macroinvertebrados de dois reservatórios na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum/Biological Sciences*, 31(1): 73-78.
- Souza, M.M. & Gastaldini, M.C.C., 2014. Water quality assessment in watersheds with different anthropogenic impacts. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19(3): 263-274.
- Statzner, B., Dolédec, S. & Hugueny, B., 2004. Biological trait composition of European stream invertebrate communities: assessing the effects of
- Tomanova, S. & Usseglio-Polatera, P., 2007. Patterns of benthic community traits in neotropical streams: relationship to mesoscale spatial variability. *Fundamental and Applied Limnology*, 170(3): 243–255.
- Tonin, A.M., Hepp, L.U. & Gonçalves Junior, J.F., 2018. Spatial variability of plant litter decomposition in stream networks: from litter bags to watersheds. *Ecosystems*, 21(3): 567-581. <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-017-0169-1>.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E., 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130–137.

in neotropical streams: a test of the River Continuum Concept. *Fundamental and Applied Limnology*, 170(3): 233–241.

Vieira, N.K.M., Poff, N.L., Carlisle, D.M., Moulton, S.R., Koski, M.L. & Kondratieff, B.C., 2006. A database of lotic invertebrate traits for North America. *Data Series 187*, US Geological Survey, Reston, Virginia.