



Universidade Federal do Rio Grande
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de
Ambientes Aquáticos Continentais



Diversidade funcional e taxonômica de cladóceros em uma bacia hidrográfica no sul do Brasil

Thais de Azevedo Carneiro

Orientadora: Edélti Faria Albertoni

Rio Grande
2025



Universidade Federal do Rio Grande
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de Ambientes
Aquáticos Continentais



Diversidade funcional e taxonômica de cladóceros em uma bacia hidrográfica no sul do Brasil

Aluno: Thais de Azevedo Carneiro

Orientadora: Edélti Faria Albertoni

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Rio Grande
2025

C289d	Carneiro, Thais de Azevedo Diversidade funcional e taxonômica de cladóceros em uma bacia hidrográfica no sul do Brasil / Thais de Azevedo Carneiro. – 2025. 61 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande, Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Orientadora: Dra. Edélti Faria Albertoni. 1. Biologia Marinha. 2. Zooplâncton. 3. Cladóceros. 4. Bacias do sul do Brasil. I. Albertoni, Edélti Faria. II. Título. CDU 573(28)
-------	--



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE-FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA
DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

Av. Itália s/n – Rio Grande/RS, Brasil. 96203-900 fone/fax: 53-3233.6848

e-mail: pgbac@furg.br

<https://ppgbac.furg.br>



**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS – Nº 001/2025**

Às 8:30h (oito horas e trinta minutos) do dia 17 (dezessete) do mês de janeiro de 2025 (dois mil e vinte e cinco), via Webconferência no endereço eletrônico: (<https://conferenciaweb.mp.br/sala/edelti-faria-albertoni-edelti>) reuniram-se docentes, discentes e comunidade em geral, para a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado da acadêmica **Thais de Azevedo Carneiro**. A Dissertação intitulada **“Diversidade funcional e taxonômica de cladóceros em uma bacia hidrográfica no sul do Brasil”** foi avaliada pela Banca Examinadora composta pela Prof^a. Dr^a. Edélti Faria Albertoni (Orientadora); Prof^a. Dr^a. Adriana Gava (FURG) e Prof^a. Dr^a. Rozane Maria Restello (URI). Após a defesa e arguição pública, a Banca Examinadora reuniu-se, para deliberação final, e considerou a acadêmica **APROVADA**. Desta forma, a acadêmica concluiu uma das etapas necessárias para a obtenção do grau de **MESTRE EM BIOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS**. Nada mais havendo a tratar, às 11:00 horas) foi lavrada a presente ata, que lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora, pela Acadêmica e pela Coordenadora do Curso.

Documento assinado digitalmente



EDELTI FARIA ALBERTONI

Data: 17/01/2025 17:14:16-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Edélti Faria Albertoni (PPGBAC – orientadora)

Documento assinado digitalmente



ADRIANA GAVA

Data: 17/01/2025 12:53:00-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Adriana Gava (PPGBAC/FURG)

Documento assinado digitalmente



ROZANE MARIA RESTELLO

Data: 17/01/2025 11:13:09-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Rozane Maria Restello (URI)

Documento assinado digitalmente



THAIS DE AZEVEDO CARNEIRO

Data: 17/01/2025 17:00:31-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Biól. Thais de Azevedo Carneiro (FURG)

Documento assinado digitalmente



CAMILA DE MARTINEZ GASPAR MARTINS

Data: 20/01/2025 13:54:11-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Camila De Martinez Gaspar Martins
Coordenadora do PPGBAC

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por guiar meus passos com sabedoria e humildade, e por sempre me dar força para continuar em frente nessa jornada.

Gratidão aos meus pais, Janete Marquetotti e Mario Carneiro, que apesar da sua avançada idade, sempre me deram apoio, se orgulharam a cada etapa vencida. Que desde o início, em escola rural, fizeram de tudo para que eu chegasse aonde estou. Foram muitas dificuldades, mas pai e mãe, nós estamos vencendo, e essa luta continua.

Ao meu amor, Bruno Costa, que fez com que eu nunca desistisse, me apoiou e me deu força para passar por todas as etapas. Obrigada por ser paciente e cuidar dos nossos bem mais preciosos. Aos meus filhos, Antônio e João, que são o combustível diário, a minha força maior, que faz com que apesar das dificuldades eu nunca pare de lutar e seguir em frente. Tudo isso é por vocês!

À minha querida orientadora Edélti Albertoni, por ser base nessa jornada. Obrigada por sempre ser, acima de tudo, uma palavra amiga. Que depois de 6 anos me acolheu e não desistiu de mim, mesmo em várias situações complicadas que passamos. Obrigada por ser essa pessoa exemplar, e inspiradora.

À FURG, por ser uma universidade pública e de qualidade, que preza pela igualdade de todos. Ao PPG BAC, pelo acolhimento e oportunidade, tenho orgulho em fazer parte desse time. Aos técnicos de laboratório, Leonardo Furlanetto, Claudio Trindade e Clara Silva, por todo auxílio nos procedimentos em laboratório. Aos demais colegas da Limnologia, por todas debates e conversas.

A minha amiga Bárbara, amizade que conquistei no mestrado, e quero levar para vida toda. Obrigada por todos os conselhos, risadas e conversas que tivemos nesses anos, foram essenciais para chegar até aqui. Aos colegas André e Mikael, por me auxiliar nas análises estatísticas, e por todo conhecimento compartilhado.

Ao professor Mauricio Camargo, pelos atendimentos, e ensinamentos para lidar com as análises estatísticas desenvolvidas nesse projeto. Sua experiência é admirável e sou grata por ter sido auxiliada.

Gratidão à todas as mães cientistas, que não desistem de seus sonhos. Somos guerreiras e lutamos para o melhor dos nossos filhos. A batalha é difícil, mas não é impossível.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e por dedicarem seu tempo na avaliação deste trabalho.

*Com carinho,
Thais Carneiro*

RESUMO

As comunidades aquáticas desempenham um papel crucial nos ecossistemas aquáticos, contribuindo para os processos ecológicos e manutenção da biodiversidade. Os cladóceros são considerados um elo entre os diferentes níveis tróficos, com a composição funcional dessa comunidade respondendo às mudanças ambientais. Estudos que analisem a influência das condições ambientais nas características funcionais dessa comunidade são importantes para a compreensão e preservação desses organismos e seu habitat. Dessa forma, objetivo deste trabalho foi avaliar a influência espaço-temporal de variáveis limnológicas na estrutura funcional e taxonômica da comunidade de cladóceros ao longo de um trecho de uma bacia hidrográfica no sul do Brasil (Bacia Hidrográfica Mirim - São Gonçalo - BHMSG). Especificamente, pretendemos determinar a diversidade taxonômica e funcional da comunidade de cladóceros e sua relação com variáveis limnológicas em diferentes zonas de amostragem e vários períodos de um ano em uma região da BHMSG. Paralelamente, categorizamos os traços funcionais desta comunidade e analisamos a influência espaço-temporal de variáveis limnológicas na composição desses traços. A comunidade de cladóceros e as variáveis limnológicas foram amostradas ao longo de um ano em três regiões da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo (BSMSG). Para classificar as zonas de amostragem com base em suas características limnológicas, usamos Análise de Componentes Principais (PCA) e Escala Multidimensional Não Métrica (NMDS) para composição de espécies. Calculamos índices taxonômicos e funcionais, frequência de táxons e características funcionais, e conduzimos uma análise RLQ. Contabilizamos um total de 2307 cladóceros distribuídos em 16 gêneros. A análise RLQ mostrou que indivíduos com tamanho corporal entre 0,25 mm e 0,50 mm, D-filtradores, litorâneos e pelágicos, de natação rápida e que produzem em média 10 ovos por ninhada foram os mais sensíveis às variáveis limnológicas. Nossos resultados sugerem que ambientes impactados por atividades antrópicas e maior variação nas características limnológicas reduzem a variabilidade de características funcionais dentro da comunidade, influenciando assim a dinâmica do funcionamento do ecossistema ao longo do tempo.

Palavras-chave: zooplâncton, rlq, variáveis limnológicas, traços funcionais

ABSTRACT

Aquatic communities play a crucial role in aquatic ecosystems, contributing to ecological processes and maintaining biodiversity. Cladocerans are considered a link between the different trophic levels, with the functional composition of this community responding to environmental changes. Studies that analyze the influence of environmental conditions on the functional characteristics of this community are important for the understanding and preservation of these organisms and their habitat. Thus, the objective of this work was to evaluate the spatiotemporal influence of limnological variables on the functional and taxonomic structure of the cladocerane community along a stretch of a watershed in southern Brazil (Bacia Hidrográfica Mirim - São Gonçalo - BHMSG). Specifically, we aim to determine the taxonomic and functional diversity of the cladocerane community and its relationship to limnological variables in different sampling zones and various one-year periods in a region of the BHMSG. At the same time, we categorized the functional traits of this community and analyzed the spatiotemporal influence of limnological variables on the composition of these traits. The cladocerane community and limnological variables were sampled over a year in three regions of the Mirim-São Gonçalo Hydrographic Basin (BSMSG). To classify sampling zones based on their limnological characteristics, we use Principal Component Analysis (PCA) and Non-Metric Multidimensional Scale (NMDS) for species composition. We calculated taxonomic and functional indices, taxa frequency, and functional characteristics, and conducted an RLQ analysis. We counted a total of 2307 cladocerans distributed in 16 genera. The RLQ analysis showed that individuals with body size between 0.25 mm and 0.50 mm, D-filters, littoral and pelagic, fast swimming and producing an average of 10 eggs per clutch were the most sensitive to limnological variables. Our results suggest that environments impacted by anthropogenic activities and greater variation in limnological characteristics reduce the variability of functional characteristics within the community, thus influencing the dynamics of ecosystem functioning over time.

Key-words: zooplankton, rlq limnological variables, functional traits

APRESENTAÇÃO

A dissertação inicialmente apresenta: introdução geral, com hipóteses, objetivo geral e objetivos específicos e bibliografia, seguindo as normas da ABNT. O capítulo 1 denominado, Functional and taxonomic diversity of Cladocera in a watershed in southern Brazil, está formatado conforme as normas da revista *Hydrobiologia*, com exceção do idioma. Ao final da dissertação apresentamos as considerações finais e perspectivas e bibliografia geral.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO 1.....	29
1. Introdução	31
2. Materiais e Métodos	33
2.1 Área de estudo	33
2.2 Amostragem das variáveis limnológicas e da comunidade de cladóceros	35
2.3 Diversidade taxonômica e funcional dos cladóceros	36
2.4 Análise de dados	37
3. Resultados	38
3.1 Variáveis limnológicas.....	38
3.2 Diversidade taxonômica e funcional dos cladóceros	41
4. Discussão	50
5. Conclusão	54
6. Agradecimentos	55
7. Referências Bibliográficas	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS	62

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 - Mapa com a localização do Canal São Gonçalo e zonas de amostragem da comunidade de cladóceros nos anos de 2018 e 2019, Rio Grande do Sul, Brasil. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. Círculos em verde: representação das zonas de amostragem.

Fig. 2 - Análise de Componentes Principais (PCA) da ordenação das zonas de amostragem da comunidade de cladóceros do Canal São Gonçalo com suas variáveis limnológicas. Temp = temperatura, DC = oxigênio dissolvido, Chla = clorofila- α , El. Cond = condutividade elétrica, Turbidity = turbidez.

Fig. 3 - Frequência de táxons (%) da comunidade de cladóceros nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim.

Fig. 4 - Resultado da NMDS (Escala multidimensional não métrica) com matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis, nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM da comunidade de cladóceros no Canal São Gonçalo nos anos de 2018 e 2019. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. Bos1 = *Bosmina*, Bos2 = *Bosminopsis*, Camp = *Camptocercus*, Cero = *Ceriodaphnia*, Chy = *Chydoridae*, D1 = *Daphnia*, D2 = *Diaphanosoma*, Dis = *Disparalona*, Eph = *Ephemeroporus*, K = *Kurzia*, Ley = *Leydigia*, Mac = *Macrothrix*, Moi = *Moina*, Not = *Notoalona*, Ova = *Ovalona*, Pri = *Pricripleuxorus*.

Fig. 5 - Frequência de traços funcionais da comunidade de cladóceros nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. 5ABC= tamanho do corpo, 5DEF=modo de alimentação, 5GHI=tipo de habitat, 5JKL=comportamento de fuga, 5MNO=número médio de ovos por ninhada.

Fig. 6 - Matriz de correlação entre os índices de diversidade funcional (Fric, FEve e FDiv) e a riqueza da comunidade de cladóceros nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. *:sem correlação, **:pouca correlação; ***:correlação significativa.

Fig. 7 - Resultados da RLQ realizada com a composição da comunidade de cladóceros, os traços funcionais e as variáveis limnológicas do Canal São Gonçalo. 7a= relação das zonas de amostragem, 7b= traços funcionais, 7c= variáveis limnológicas. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim, Temp = temperatura, DC = oxigênio dissolvido, Chla = clorofila- α , El. Cond = condutividade elétrica, BS = tamanho do corpo, 1- <0.25mm, 2- >0.25mm a <0.50mm, 3- >0.50mm a <0.75mm, 4- >0.75mm a <1.00mm, FT = modo de alimentação, 1- B-filtrador, 2- C-filtrador, 3- D-filtrador, 4- S-filtrador. H = tipo de habitat, 1- litoral, 2-pelágico, SB = comportamento de fuga, 1- natação rápida, 2- natação reduzida, 3- para e pula, 4- sem se mover. EC = número médio de ovos por ninhada, 1- dois, 2- três, 3-doze, 4- quinze, 5- dezesseis, 6- vinte e cinco.

Fig. 8 - Análise de Fourth-Corner (Correlação de Pearson) entre características funcionais da comunidade de cladóceros e variáveis limnológicas do Canal São Gonçalo. Quadrados vermelhos = correlações positivas, Quadrados azuis = correlações negativas, Quadrados cinzas = correlações não significativas, Temp = temperatura, DC = oxigênio dissolvido, Chla = clorofila- α , El. Cond = condutividade elétrica. BS = tamanho do corpo, 1- <0.25mm, 2- >0.25mm a <0.50mm, 3- >0.50mm a <0.75mm, 4- >0.75mm a <1.00mm, FT = de alimentação, 1- B-filtrador, 2- C-filtrador, 3- D-filtrador, 4- S-filtrador. H = tipo de habitat, 1- litoral, 2-pelágico, SB = comportamento de fuga, 1- natação rápida, 2- natação reduzida, 3- para e pula, 4- sem se mover. EC = número médio de ovos por ninhada, 1- dois, 2- três, 3-doze, 4- quinze, 5- dezesseis, 6- vinte e cinco.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Traços funcionais e suas respectivas categorias para a comunidade de cladóceros no Canal São Gonçalo nos anos de 2018 e 2019.

Tabela 2. Valores médios ($\pm$ Desvio Padrão) das variáveis limnológicas nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. a,b,c,d = diferença estatística entre as campanhas ($p < 0.05$).

Tabela 3. Valores de abundância, riqueza e índices de diversidade taxonômica da comunidade de cladóceros nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. a,b,c,d = letras diferentes dentro de cada zona de amostragem - diferença estatística entre as campanhas ($p < 0,05$).

Tabela 4. Valores de Riqueza (S), Riqueza Funcional (FRic), Regularidade Funcional (FEve) e Divergência Funcional (FDiv) da comunidade de cladóceros nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. a,b,c,d = diferença estatística entre as campanhas ($p < 0.05$).

1 INTRODUÇÃO GERAL

2
3 Ecossistemas aquáticos são importantes ambientes para o ciclo de vida e
4 sobrevivência de uma vasta diversidade de espécies. O metabolismo destes ecossistemas é
5 modulado de forma direta pelas comunidades aquáticas (Esteves; Gonçalves, 2011). Neste
6 contexto, a caracterização das comunidades tem sido utilizada como uma importante
7 ferramenta na avaliação das condições ambientais (Pomari *et al.*, 2018; Zebral *et al.*, 2021;
8 Mazzoni *et al.*, 2023). Recentemente, estudos buscam entender como as mudanças
9 ambientais (precipitação, altas temperaturas) influenciam na biodiversidade e nos
10 processos ecossistêmicos (Hong *et al.*, 2022). Estas abordagens têm se tornado relevantes
11 atualmente, em função dos diversos impactos sobre os ambientes aquáticos, que alteram os
12 processos ecológicos e a estrutura de suas comunidades (Wang *et al.*, 2021), tendo
13 diferentes respostas em diferentes escalas de tempo e espaço (Magurran, 2021).

14 Dentre as comunidades aquáticas, o zooplâncton tem papel fundamental no
15 funcionamento dos ecossistemas aquáticos, principalmente no fluxo de energia e na
16 ciclagem de nutrientes (Esteves; Bozelli; Branco, 2011; Hébert *et al.*, 2017). Por possuir
17 uma posição intermediária na cadeia trófica, a comunidade zooplânctônica afeta
18 diretamente o estoque de biomassa e a disponibilidade de presas (consumo) (Hébert *et al.*,
19 2017) e predadores (ao serem consumidos) nos níveis tróficos (García-Chicote *et al.*,
20 2019). Estudos com abordagens baseadas em características morfológicas e funcionais têm
21 sido utilizados para descrever as comunidades de zooplâncton tanto de ambientes marinhos
22 (Li *et al.*, 2022) quanto de água doce (Gomes *et al.*, 2019).

23 O zooplâncton é constituído de organismos heterotróficos, com tamanhos que
24 variam de 0,2 mm a 3,0 mm (Elmoor-Loureiro, 1997; Ruppert *et al.*, 2005). Possuem ampla
25 distribuição geográfica e elevada abundância na maioria dos ambientes aquáticos (Hébert
26 e Beisner, 2020). O zooplâncton de água doce é representado principalmente por
27 protozoários, rotíferos, microcrustáceos (predominando Cladocera, Copepoda e Ostracoda)
28 (Esteves; Bozelli; Branco, 2011). A composição da comunidade de zooplâncton é
29 diversificada entre os diferentes tipos de ambientes aquáticos, sendo influenciada por
30 fatores físicos, químicos e biológicos (Dantas-Silva e Dantas, 2013). Os cladóceros
31 pertencem à Classe dos Branchiopoda, Subfilo Crustacea e Filo Arthropoda (Ruppert *et al.*,
32 2005). As famílias frequentemente identificadas no Brasil são Daphnidae, Moinidae,
33 Sididae, Bosminidae, Chydoridae, Ilyocryptidae e Macrothricidae (Elmoor-Loureiro,
34 1997). São organismos com tamanho corporal de 0,2 a 3,0 mm, em sua grande maioria

35 filtradores, assexuados, sendo encontrados em regiões pelágicas e litorâneas (Elmoor-
36 Loureiro, 1997; Esteves; Bozzelli; Branco, 2011). Alguns gêneros são encontrados
37 associados a plantas aquáticas e sedimentos, mas alguns grupos como a família Moinidae
38 são de hábito zooplânctônico (Elmoor-Loureiro *et al.*, 2016). Os estudos sobre cládóceros
39 são mais numerosos, em todos os tipos de ambientes aquáticos (Castilho-Noll *et al.*, 2023),
40 destacando a importância de pesquisas sobre a composição desta comunidade (Suhett *et*
41 *al.*, 2015).

42 A diversidade de espécies de cladóceros varia entre diferentes corpos de água e
43 depende de um complexo de fatores físicos, químicos e biológicos (De Souza Santos *et al.*,
44 2024). Variações na composição química da água alteram características fisiológicas e
45 comportamentais, favorecendo algumas espécies específicas (Carvalho e Bonecker, 2016).
46 Elevadas concentrações de nutrientes (Cruz-Rosado *et al.*, 2020), e alterações no fluxo
47 hidrológico (cheia e seca) (Gomes *et al.*, 2020), influenciam diretamente na abundância e
48 na riqueza de espécies da comunidade. A disponibilidade de alimento no ambiente aquático
49 favorece o ciclo de vida, elevando a riqueza funcional da comunidade (Josué *et al.*, 2021).
50 Entretanto, algumas variáveis limnológicas, como turbidez da água e profundidade, podem
51 influenciar negativamente sua diversidade funcional (Braghin *et al.*, 2021). Sensíveis às
52 alterações químicas (ex.: concentração de nutrientes) (Shen *et al.*, 2021), físicas
53 (ex.: temperatura) (Bomfim *et al.*, 2021) e bióticas (ex.: pressões por herbivoria) (Guo *et*
54 *al.*, 2021; Li *et al.*, 2019), constituem-se uma importante ferramenta de biomonitoramento,
55 pois fornecem uma rápida resposta sobre a integridade ambiental do ecossistema aquático
56 (Hébert *et al.*, 2017).

57 A biodiversidade de organismos de água doce ainda é pouco conhecida no Brasil
58 (Elmoor-Loureiro *et al.*, 2023). A maioria dos estudos com a comunidade de zooplâncton
59 no território brasileiro, foram desenvolvidos em regiões limnéticas de lagos artificiais e
60 naturais, em contraste com regiões litorâneas (Castilho-Noll *et al.*, 2023), rios (Bomfim *et*
61 *al.*, 2024) e áreas úmidas preservadas (Silva *et al.*, 2024). A diversidade biológica pode
62 ser analisada e definida de diversas maneiras (taxonômica, funcional, filogenética etc.)
63 (Magurran, 2021). Recentemente pesquisas demonstraram que a diversidade funcional, em
64 comparação à diversidade taxonômica, tem se tornado mais precisa na detecção de
65 alterações na estrutura da comunidade (Coelho e Henry, 2021). Estudos ecológicos têm
66 como principais desafios entender quais fatores alteram a estrutura de uma comunidade e
67 prever futuros padrões de diversidade e abundância de espécies relacionados com o

funcionamento do ecossistema. Recentemente, estudos baseados nas características das espécies têm sido utilizados como uma abordagem alternativa, porque oferecem uma resposta imediata de as alterações nas condições ambientais afetam a estrutura da comunidade nos ecossistemas (Mouillot *et al.*, 2013), sendo que a estrutura taxonômica e funcional de comunidades aquáticas é influenciada por variáveis temporais e espaciais (Bacca *et al.*, 2021). Em recentes revisões a literatura, Branco *et al.*, (2023) e Castilho-Noll *et al.*, (2023) ressaltaram que uma das principais lacunas e desafios a serem estudados atualmente, é a ecologia funcional da comunidade zooplanctônica.

Na década de 1990, iniciaram-se os estudos com análise de traços funcionais de plantas terrestres (Tilman *et al.*, 1997). Nos anos mais recentes, a ecologia funcional de comunidades aquáticas também começou a ser analisada: zooplâncton, fitoplâncton, macroinvertebrados e peixes (Branco *et al.*, 2023). No século 21, deram-se as primeiras classificações de traços funcionais para a comunidade de zooplâncton por Barnett *et al.*, (2007), seguido por Rizo *et al.*, (2017), Benedetti *et al.*, (2018), Gutierrez *et al.*, (2021) e Fintelman-Oliveira *et al.*, (2023). O interesse por estudos que analisam a diversidade funcional, está ganhando importância nos diversos ramos da ecologia (Cianciaruso *et al.*, 2009), pois medir a diversidade funcional, significa medir a diversidade de características fenotípicas dos organismos, que influenciam nos processos da comunidade (Cianciaruso *et al.*, 2009, Calaça e Grelle, 2016; Hébert *et al.*, 2017).

O termo “traços funcionais”, descreve os papéis ecológicos das espécies, ou seja, como ocorre a interação entre a comunidade e o ambiente (Díaz e Cabido, 2001). As características funcionais estão integradas nos níveis de classificação ecológica, influenciando a nível de indivíduos, populações e ecossistemas (Violle *et al.*, 2007). A abordagem sobre a diversidade funcional e caracterização da comunidade zooplanctônica vem sendo utilizada como uma ferramenta na avaliação da integridade ambiental de ecossistemas aquáticos (Josué *et al.*, 2021). Assim, a diversidade funcional é definida como a variabilidade de traços funcionais dos indivíduos (Tilman, 2001), enquanto os traços funcionais são quaisquer características mensuráveis, tanto morfológicas, fisiológicas ou fenológicas, que influenciam nas taxas de sobrevivência, crescimento e reprodução das espécies (Violle *et al.*, 2007). A composição de traços funcionais do zooplâncton é diretamente influenciada por fatores físicos, químicos e biológicos do ambiente aquático (Dantas-Silva e Dantas, 2013; Braghin *et al.*, 2021; Fintelman Oliveira *et al.*, 2023).

As características funcionais das espécies de zooplâncton são consideradas uma ótima ferramenta na avaliação de mudanças ambientais e influências antropogênicas (Litchman *et al.*, 2013; Branco *et al.*, 2023). Ambientes eutrofizados, por exemplo, influenciam na composição e nos índices de diversidade funcional, favorecendo espécies mais especializadas, com melhor seletividade na captura de alimentos e capacidade de fuga de predadores (Duré *et al.*, 2021). A heterogeneidade do ambiente aquático (Picapedra *et al.*, 2022) e a invasão de novas espécies (Barroeta *et al.*, 2022), também modificam a estrutura da comunidade de zooplâncton alterando, a diversidade funcional dessa comunidade. A característica funcional de cada espécie deve ser medida a nível do indivíduo, e comparada entre as demais espécies de uma comunidade, sendo selecionada para análise a partir da sua relação com os hábitos das espécies (Sodré e Bozelli, 2019). A escolha dos traços funcionais a serem analisados em um estudo, depende de que maneira essas características influenciam nas variáveis ambientais e na estrutura da comunidade como um todo (comportamental, biológico e ecológico) (Hébert e Beisner, 2020). A função do ecossistema é refletida a partir da seleção adequada do atributo de efeito dos indivíduos (Hébert *et al.*, 2017).

As características funcionais dos indivíduos são divididas em: atributo de efeito (características dos indivíduos que alteram as condições ambientais, prevendo a função do ecossistema) ou atributo resposta (as condições ambientais que irão moldar as características dos indivíduos da comunidade) (Violle *et al.*, 2007). O uso integrado dos traços funcionais de efeito e resposta, revela as funções da comunidade, e prevê a resiliência frente a perturbações ambientais (Hébert *et al.*, 2017; Branco *et al.*, 2023). Geralmente os estudos com diversidade funcional de zooplâncton levam em consideração características ecológicas, de crescimento, alimentação e sobrevivência (Litchman *et al.*, 2013). Tamanho do corpo, expectativa de vida, taxa de alimentação e sobrevivência estão associados a processos vitais dos organismos (Violle *et al.*, 2007), uma vez que traços de efeitos, preveem a dinâmica das funções ecológicas a partir das características funcionais dos indivíduos, enquanto os traços de resposta, são utilizados para avaliar o comportamento da comunidade, ao longo de gradientes ambientais (Hébert *et al.*, 2017).

A seleção dos traços funcionais em estudos ecológicos é baseada nas relações das características ambientais com a composição dos traços funcionais (Branco *et al.*, 2023), e como influenciam nos processos ecológicos e vitais da comunidade (Litchman *et al.*, 2013). Segundo Branco *et al.*, (2023), três prioridades devem ser levadas em consideração, para a

escolha dos traços funcionais a serem analisados: priorizar características relacionadas a obtenção de recursos (modo de alimentação), o tipo de habitat, refletindo a função do indivíduo onde se encontra e sua relação com processos ecológicos e demais comunidades aquáticas, e por último a reprodução, característica funcional essencial para sobrevivência e preservação da espécie. A interface desses três tipos de características, gera traços secundários, como o comportamento de fuga do predador (Hébert *et al.*, 2017; Branco *et al.*, 2023). Quanto aos traços funcionais da comunidade de zooplâncton, diante a muitos estudos, já se tem atualmente padrões já estabelecidos de características de modo de alimentação, habitat, comportamento de fuga e reprodução (Barnett *et al.*, 2007; Benedetti *et al.*, 2016; Rizo *et al.*, 2017; Duré *et al.*, 2021; Gutierrez *et al.*, 2021; Fintelman-Oliveira *et al.*, 2023).

O modo de alimentação dos cládoceros é referente à posição do aparelho de filtração, se diferenciando conforme as famílias: tipo-B (Bosminidae), tipo-C (Chydoridae), tipo-D (Daphnidae) e tipo-S (Sididae) (Barnett *et al.*, 2007; Sodré *et al.*, 2017). A preferência dos indivíduos pelo tipo de habitat, é uma característica fundamental pois reflete a função da espécie em seu habitat (Branco *et al.*, 2023). Quanto ao tipo de habitat, os cládoceros são considerados pelágicos ou litorâneos (Barnett *et al.*, 2007; Duré *et al.*, 2021). Quanto ao comportamento de fuga, possuem estratégias relacionadas à velocidade de natação, podendo ser natação rápida, natação reduzida, para e pula e parado (Rizo *et al.*, 2017; Duré *et al.*, 2021). Quanto ao tipo de reprodução, em condições favoráveis são partenogenéticos, eclodindo a partir de ovos diploides; entretanto, quando as condições são desfavoráveis machos surgem na espécie, ocorrendo reprodução sexuada, com formação de efípios na fêmea (Dole-Oliever *et al.*, 2000; Esteves; Bozelli; Branco, 2011). As características, citadas acima, são fundamentais para o entendimento de processos ecológicos, dinâmica das comunidades aquáticas e adaptação dos indivíduos a alterações ambientais e climáticas (Branco *et al.*, 2023).

As características de resposta são as mais úteis na avaliação das interações entre indivíduos e na sucessão das comunidades, frente às alterações ambientais (Beisner e Longhi, 2013). O tamanho do corpo é um efeito resposta excelente na avaliação de funções vitais dos organismos, pois taxas fisiológicas e corporais, como excreção, metabolismo e alimentação, são alteradas conforme aumenta o tamanho do corpo (Litchman *et al.*, 2013; Hébert *et al.*, 2017). Alterações nas características físicas e químicas do habitat, oriundas de ações antrópicas, atuam como filtros ambientais, resultando em uma seleção de traços

funcionais específicos (Sodré e Bozelli, 2019). Em áreas urbanizadas, por exemplo, a concentração elevada de nutrientes modifica a composição funcional de espécies de zooplâncton (Shen *et al.*, 2021), mesmo padrão de alteração visto em áreas agrícolas (Gutierrez *et al.*, 2020).

A diversidade funcional é visualizada através de índices de diversidade, que são valores mensuráveis e atribuídos aos traços funcionais das espécies (Sodré e Bozelli, 2019). Os índices de diversidade funcional medem as diferenças entre os atributos funcionais, a partir da riqueza, abundância relativa e variação nos traços funcionais (Villéger *et al.*, 2008; Mammola *et al.*, 2021). Deste modo, a diversidade funcional passou a ser representada, por semelhanças e diferenças nos traços funcionais das comunidades nos ecossistemas (Garnier *et al.*, 2016). Como por exemplo, podemos analisar a comunidade com o FRIc (riqueza funcional), que mede o espaço funcional preenchido pelo número de características (traços funcionais) distintas dentro de uma comunidade (Laliberté e Legendre, 2010; Schleuter *et al.*, 2010), o Fdiv (divergência funcional) que analisa se as espécies da comunidade são funcionalmente semelhantes, ou se os traços são irregulares em sua distribuição (Villéger *et al.*, 2008; Schleuter *et al.*, 2010), e o Feve (regularidade funcional), que identifica o quão regular é a distribuição do número dos indivíduos em relação aos valores dos traços funcionais (Laliberté e Legendre, 2010; Garnier *et al.*, 2016). O uso dos índices de diversidade funcional é uma das principais ferramentas para o estudo de comunidades e ecossistemas em monitoramentos a longo prazo (Magurran, 2021; De Bello *et al.*, 2021).

Estudos recentes, que usam a abordagem funcional, não somente buscam entender a mudança na estrutura de traços funcionais dos indivíduos frente a gradientes ambientais, mas sim compreender os papéis ecológicos desempenhados pela comunidade (Branco *et al.*, 2023), uma vez que a comunidade de zooplâncton participa tanto de serviços ecossistêmicos (Lomartire *et al.*, 2021) como na regulação do clima global (Heneghan *et al.*, 2023). Com o intuito de avaliar as mudanças climáticas nos ecossistemas, deve ser levado em consideração a funcionalidade da comunidade baseada em características (Branco *et al.*, 2023). Mudanças nos padrões climáticos (aquecimento por exemplo), afetam de forma negativa, reduzindo a produção de biomassa e a riqueza de traços funcionais da comunidade (Bomfim *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, pesquisas com enfoque em ecologia funcional vem ganhando importância no Brasil, entretanto no sul do país, estudos com diversidade de zooplâncton em geral, correspondem a apenas 6% de todo território nacional (Castilho-Noll *et al.*,

2023). Especificamente com os cladóceros, a região sul do Brasil carece de estudos sobre a diversidade taxonômica, em que a maioria dos estudos se concentram principalmente no Sudeste do país (Elmoor-Loureiro e Souza, 2023). No extremo sul do Brasil, uma região com ambientes aquáticos importantes para a manutenção da biodiversidade (Simioni e Guasseli, 2017), encontramos poucos estudos com avaliação da ecologia funcional de microcrustáceos, com a grande maioria realizados em ambientes rasos (lagos e lagoas temporárias) (Martins e Albertoni, 2022).

Os aspectos levantados nos parágrafos anteriores permitem verificar que a maioria dos estudos com diversidade funcional de zooplâncton no Brasil são em ambientes de pequeno porte e a curto prazo (Branco *et al.*, 2023; Castillo-Noll *et al.*, 2023). Assim, avaliamos que os estudos de alterações na estrutura da comunidade zooplancônica ao longo de gradientes ambientais em diferentes habitats e ao longo de tempo, constituem importantes ferramentas para a compreensão da dinâmica da comunidade em relação à processos ecológicos dos ambientes aquáticos. Um dos principais focos de pesquisa com esta abordagem é entender como as mudanças ambientais influenciam na estrutura dessas comunidades e na composição dos traços funcionais, assim contribuindo para a conservação de processos ecossistêmicos dos ambientes aquáticos continentais.

Como relatado anteriormente, a região sul do Brasil carece de estudos relacionados a entender a distribuição taxonômica e a resposta da composição funcional da comunidade de cladóceros frente as alterações ambientais. Nossa área de estudo foi localizada em um trecho da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo (BHMSG), caracterizada por possuir ambientes com zonas rurais, urbanas e áreas úmidas preservadas. Deste modo, esta dissertação foi estruturada com o objetivo geral de avaliar a influência espaço-temporal das variáveis limnológicas na estrutura funcional e taxonômica da comunidade de cladóceros ao longo de um trecho da BHMSG. Especificamente, determinamos a diversidade taxonômica e funcional da comunidade de cladóceros e sua relação com as variáveis limnológicas ao longo de diferentes zonas de amostragem e em diferentes períodos de um ano em uma região da BHMSG. Em paralelo, categorizamos os traços funcionais desta comunidade e analisamos a influência espaço-temporal das variáveis limnológicas na composição dos traços funcionais da comunidade encontrada.

Com a hipótese de trabalho, espera-se que a região da Lagoa Mirim, por ser um ambiente com entorno mais preservado, apresente a maior diversidade taxonômica e funcional, principalmente na composição dos traços funcionais da comunidade de

cladóceros em relação às regiões do Canal São Gonçalo (CSG). Por outro lado, esperamos que a comunidade de cladóceros localizada nas zonas de amostragem do CSG seja diretamente influenciada pelas atividades urbanas e agrícolas em seu entorno, refletindo em baixa variabilidade das características funcionais, e maiores variações nas características limnológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACCA, Roberta C.; PIRES, Mateus M.; MOREIRA, Leonardo F.B.; STENERT, Cristina; MALTICHUK, Leonardo. The role of environmental and spatial factors in the assembly of aquatic insect communities in southern Brazilian temporary ponds. **Austral Ecology**, v. 46, n. 2, p. 228-238, 2021.

BARNETT, Allain J.; FINLAY, Kerri; BEISNER, Beatrix E. Functional diversity of crustacean zooplankton communities: towards a trait-based classification. **Freshwater Biology**, v. 52, n. 5, p. 796-813, 2007.

BARROETA, Ziortza; VILLATE, Fernando; URIARTE, Ibon; ARIARTE, Arantza. Impact of colonizer copepods on zooplankton structure and diversity in contrasting estuaries. **Estuaries and Coasts**, v. 45, n. 8, p. 2592-2609, 2022.

BEISNER, Beatrix E.; LONGHI, Maria Lorena. Spatial overlap in lake phytoplankton: Relations with environmental factors and consequences for diversity. **Limnology and oceanography**, v. 58, n. 4, p. 1419-1430, 2013.

BENEDETTI, Fabio; GASPARINI, Stéphane; AYATA, Sakina-Dorothee. Identifying copepod functional groups from species functional traits. **Journal of Plankton Research**, v. 38, n. 1, p. 159-166, 2016.

BENEDETTI, Fabio; VOGT, Meike; RIGHETTI, Damiano; GUILHAUMON, Francois; AYATA, Sakina-Dorothee. Do functional groups of planktonic copepods differ in their ecological niches?. **Journal of Biogeography**, v. 45, n. 3, p. 604-616, 2018.

BOMFIM, Francieli de Fatima; LANSAC-TÔHA, Fernando M.; LANSAC-TÔHA, Fábio A.; BONECKER, Claudia C. Determinants of zooplankton functional dissimilarity during years of El Niño and La Niña in floodplain shallow lakes. **Aquatic Sciences**, v. 83, n. 2, p. 41, 2021.

BOMFIM, Francieli F.; BONECKER, Claudia C.; LANSAC-TÔHA, Fábio A.; MICHELAN, Thaisa S. What do we know about zooplankton occurrence and distribution in Neotropical streams? A systematic review of published studies in Brazil. **Hydrobiologia**, v. 851, n. 11, p. 2561-2572, 2024.

BRAGHIN, Louizi S. M.; DIAS, Juliana D.; Simões, Nadson R.; BONECKER, Claudia C. Food availability, depth, and turbidity drive zooplankton functional diversity over time in a Neotropical floodplain. **Aquatic Sciences**, v. 83, p. 1-11, 2021.

BRANCO, Christina Wyss Castelo; FINTELMAN-OLIVEIRA, Ewerton; DOS SANTOS MIRANDA, Viviane Bernardes. A review of functional approaches for the study of freshwater communities with a focus on zooplankton. **Hydrobiologia**, v. 850, n. 21, p. 4719-4744, 2023.

CALAÇA, Analice Maria; GRELLE, Carlos Eduardo Viveiros. Diversidade funcional de comunidades: discussões conceituais e importantes avanços metodológicos. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 04, p. 401–416, 2016.

CARVALHO, Pedro F. De; BONECKER, Sérgio L. C. Variação da composição e abundância das espécies da Classe Appendicularia e seu uso como potenciais bioindicadoras de regiões e massas de água superficiais na área da Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 106, n. 0, 2016.

CASTILHO-NOLL, Maria S M.; PERBICHE-NEVES, Gilmar; SANTOS, Natan Guilherme; FATORETO SCHWIND, Leilane T.; LANSAC-TÔHA, Fernando M.; SILVA, Alan C S.; MEIRA, Bianca R.; JOKO, Ciro Y.; MORAIS-JÚNIOR, Cláudio S.; SILVA, Edissa E C.; ESKINAZI-SANT'ANNA, Eneida M.; OLIVEIRA, Felipe R.; SANTOS, Gleice S.; SILVA, João V F.; PORTINHO, Jorge L.; ARAUJO-PAINA,

Karime; CHIARELLI, Laura J.; DINIZ, Leidiane P.; BRAGHIN, Louizi de S M.; VELHO, Luiz F M.; SIMÕES, Nadson R. A review of 121 years of studies on the freshwater zooplankton of Brazil. **Limnologica**, v. 100, p. 126057, 2023.

CIANCIARUSO, Marcus Vinicius; SILVA, Igor Aurélio; BATALHA, Marco Antônio. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 93–103, 2009.

COELHO, Paula Nunes; HENRY, Raoul. Functional groups of microcrustaceans along a horizontal gradient in a Neotropical lake colonized by macrophytes. **Aquatic Sciences**, v. 83, n. 1, p. 3, 2021.

CRUZ-ROSADO, Leonardo; CONTRERAS-SÁNCHEZ, Wilfrido M.; HERNÁNDEZ-VIDAL, Ulises; GÓMEZ-GUTIÉRREZ, Jaime; CONTRERAS-GARCÍA, María de Jesús; MCDONAL-VERA, Alejandro. Seasonal variability of near-surface zooplankton community structure in the southern Gulf of Mexico. **Latin american journal of aquatic research**, v. 48, n. 4, p. 649-661, 2020.

DANTAS-SILVA, Lays Tamara; DANTAS, Ênio Wocyli. Zooplâncton (rotífera, cladocera e copepoda) e a eutrofização em reservatórios do nordeste brasileiro. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, p. 53–58, 2013.

DE BELLO, Francesco; CARMONA, Carlos P.; DIAS, André T. C.; GÖTZENBERGER, Lars; MORETTI, Marco; BERG, Matty P. **Handbook of Trait-Based Ecology: From Theory to R Tools**. Cambridge University Press, 2021.

DÍAZ, Sandra; CABIDO, Marcelo Ruben. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, n. 11, p. 646–655, 2001.

DOLE-OLIVIER, Marie J.; GALASSI, Diana M. P.; MARMONIER, Pierre; CREUZÉ DES CHÂTELLIERS, Michel. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. **Freshwater biology**, v. 44, n. 1, p. 63-91, 2000.

331 DURÉ, Gustavo A V.; SIMÕES, Nadson R.; BRAGHIN, Louizi de S. M.; RIBEIRO,
 332 Sylvia Maria M S. Effect of eutrophication on the functional diversity of zooplankton in
 333 shallow ponds in Northeast Brazil. **Journal of Plankton Research**, v. 43, n. 6, p. 894-907,
 334 2021.

335

336 ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. et al. Towards a synthesis of the biodiversity of
 337 freshwater Protozoa, Rotifera, Cladocera, and Copepoda in Brazil. **Limnologica**, v. 100,
 338 p. 126008, 2023.

339

340 ELMOOR-LOUREIRO, Lourdes MA; SOUSA, Francisco Diogo R. Taxonomic Catalog
 341 of the Brazilian Fauna: Superorder Cladocera (Crustacea: Branchiopoda), taxonomic
 342 history, diversity and distribution. **Zoologia (Curitiba)**, v. 40, p. e23020, 2023.

343

344 ELMOOR-LOUREIRO, Lourdes. **Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do**
 345 **Brasil**. Brasília: Editora Universa - UCB, 1997.

346

347 ESTEVES, Francisco de Assis; BOZELLI, Reinaldo Luis; BRANCO, Christina Wyss
 348 Castelo. Comunidade Zooplanctônica. In: ESTEVES, Francisco. **Fundamentos de**
 349 **Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, ed.3, p. 523–580.

350

351 ESTEVES, Francisco de Assis; GONÇALVES, José Francisco. Etapas do Metabolismo
 352 Aquático. In: ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de
 353 Janeiro: Interciência, 2011, ed. 3, p.119-124.

354

355 FINTELMAN-OLIVEIRA, Ewerton et al. Zooplankton functional groups in tropical
 356 reservoirs: discriminating traits and environmental drivers. **Hydrobiologia**, v. 850, n. 2, p.
 357 365-384, 2023.

358

359 GARCÍA-CHICOTE, Jara; ARMENGOL, Xavier; ROJO, Carmen. Zooplankton species
 360 as indicators of trophic state in reservoirs from Mediterranean river basins. **Inland Waters**,
 361 v. 9, n. 1, p. 113-123, 2019.

GARNIER, Eric; NAVAS, Marie-Laure; GRIGULIS, Karl. **Plant functional diversity: organism traits, community structure, and ecosystem properties**. Oxford University Press, 2016.

GOMES, Leonardo Fernandes et al. Environmental and spatial influences on stream zooplankton communities of the Brazilian Cerrado. **Community Ecology**, v. 21, n. 1, p. 25-31, 2020.

GOMES, Leonardo Fernandes et al. Zooplankton functional-approach studies in continental aquatic environments: a systematic review. **Aquatic Ecology**, v. 53, p. 191-203, 2019.

GUO, Yuxi; BOUGHTON, Elizabeth H.; QIU, Jiangxiao. Interactive effects of land-use intensity, grazing and fire on decomposition of subtropical seasonal wetlands. **Ecological Indicators**, v. 132, p. 108301, 2021.

GUTIERREZ, María Florencia et al. Metallic, metal oxide, and metalloid nanoparticles toxic effects on freshwater microcrustaceans: An update and basis for the use of new test species. **Water Environment Research**, v. 93, n. 11, p. 2505-2526, 2021.

GUTIERREZ, María Florencia et al. Responses of stream zooplankton diversity metrics to eutrophication and temporal environmental variability in agricultural catchments. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 12, p. 792, 2020.

HÉBERT, Marie-Pier; BEISNER, Beatrix E. Functional trait approaches for the study of metazooplankton ecology. **Zooplankton ecology**, p. 3-27, 2020.

HÉBERT, Marie-Pier; BEISNER, Beatrix E.; MARANGER, Roxane. Linking zooplankton communities to ecosystem functioning: toward an effect-trait framework. **Journal of Plankton Research**, v. 39, n. 1, p. 3-12, 2017.

HENEGHAN, Ryan F. et al. Climate-driven zooplankton shifts cause large-scale declines in food quality for fish. **Nature Climate Change**, v. 13, n. 5, p. 470-477, 2023.

- HONG, Pubin et al. Biodiversity promotes ecosystem functioning despite environmental change. **Ecology Letters**, v. 25, n. 2, p. 555–569, 2022.
- JOSUÉ, Iollanda IP et al. Zooplankton functional diversity as an indicator of a long-term aquatic restoration in an Amazonian lake. **Restoration Ecology**, v. 29, n. 5, p. e13365, 2021.
- LALIBERTÉ, Etienne; LEGENDRE, Pierre. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. **Ecology**, v. 91, n. 1, p. 299-305, 2010.
- LI, Yixuan et al. Functional diversity and groups of crustacean zooplankton in the southern Yellow Sea. **Ecological Indicators**, v. 136, p. 108699, 2022.
- LI, Zhengfei et al. Different responses of taxonomic and functional structures of stream macroinvertebrate communities to local stressors and regional factors in a subtropical biodiversity hotspot. **Science of the Total Environment**, v. 655, p. 1288-1300, 2019.
- LITCHMAN, Elena; OHMAN, Mark D.; KIØRBOE, Thomas. Trait-based approaches to zooplankton communities. **Journal of plankton research**, v. 35, n. 3, p. 473-484, 2013.
- LOMARTIRE, Silvia; MARQUES, João C.; GONÇALVES, Ana MM. The key role of zooplankton in ecosystem services: A perspective of interaction between zooplankton and fish recruitment. **Ecological Indicators**, v. 129, p. 107867, 2021.
- MAGURRAN, Ane E. Measuring biological diversity. **Current Biology**, 31: R1174–R1177, 2021.
- MAMMOLA, Stefano et al. Concepts and applications in functional diversity. **Functional Ecology**, v. 35, n. 9, p. 1869–1885, 2021.
- MARTINS, Karoline Pereira; ALBERTONI, Edélti Faria. Alternance of alternative stable states influence the functional diversity of microcrustaceans in a shallow subtropical lake. **Austral Ecology**, v. 47, n. 5, p. 1016-1028, 2022.

MAZZONI, Aline Corrêa et al. Environmental factors are the major drivers of macroinvertebrate assemblage structure in southern Brazilian coastal lakes. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 28, n. 1, p. e12442, 2023.

MOUILLOT, David et al. A functional approach reveals community responses to disturbances. **Trends in ecology & evolution**, v. 28, n. 3, p. 167-177, 2013.

PICAPEDRA, Pablo Henrique dos Santos et al. Drivers of zooplankton spatial dynamics in a small neotropical river. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 34, p. e13, 2022.

POMARI, J.; KANE, D. D.; NOGUEIRA, M. G. Application of multiple-use indices to assess reservoirs water quality and the use of plankton community data for biomonitoring purposes. **International Journal of Hydrology**, v. 2, n. 2, p. 168-179, 2018.

RIZO, Eric Zeus C. et al. Identifying functional groups and ecological roles of tropical and subtropical freshwater Cladocera in Asia. **Hydrobiologia**, v. 799, n. 1, p. 83–99, 2017.

RUPPERT, Edward; FOX, Richard; BARNES, Robert. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**. Roca, São Paulo, 2005.

SANTOS, Gleice S.; DINIZ, Leidiane P.; SILVA, Edissa E C.; TOMÉ DE PAULA, Tayenne L.; GOMES, Paula C S.; CALVI, Raquel X.; DELFIM, Bruna L.; SIMÕES, Nadson R.; ESKINAZI-SANT'ANNA, Eneida M. What drives zooplankton taxonomic and functional β diversity? A review of Brazilian rivers. **Hydrobiologia**, v. 851, n. 5, p. 1305-1318, 2024.

SCHLEUTER, Diana et al. A user's guide to functional diversity indices. **Ecological monographs**, v. 80, n. 3, p. 469-484, 2010.

SHEN, Jiachen et al. Urbanization has changed the distribution pattern of zooplankton species diversity and the structure of functional groups. **Ecological Indicators**, v. 120, p. 106944, 2021.

SILVA, João Vitor Fonseca da et al. 30 year review of the zooplankton in three conservation units on the Upper Paraná River, Brazil, with notes for stressors, flood pulse, and public politics. **Hydrobiologia**, p. 1-20, 2024.

SIMIONI, João Paulo Delapasse; GUASSELLI, Laurindo Antonio. Banhados: abordagem conceitual. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 30, p. 33-47, 2017.

SODRÉ, Elder De Oliveira et al. Complimentary biodiversity measures applied to zooplankton in a recovering floodplain lake. **Fundamental and Applied Limnology**, v. 190, n. 4, p. 279–298, 2017.

SODRÉ, Elder De Oliveira; BOZELLI, Reinaldo Luiz. How planktonic microcrustaceans respond to environment and affect ecosystem: a functional trait perspective. **International Aquatic Research**, v. 11, n. 3, p. 207–223, 2019.

SUHETT, Albert Luiz et al. An overview of the contribution of studies with cladocerans to environmental stress research. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 2, p. 145–159, 2015.

TILMAN, David et al. The Influence of Functional Diversity and Composition on Ecosystem Processes. **Science**, v. 277, n. 5330, p. 1300–1302, 1997.

TILMAN, David. Functional diversity. In: **Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition**. Elsevier Inc, p. 587-596, 2001.

VILLÉGER, Sébastien; MASON, Norman WH; MOUILLOT, David. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. **Ecology**, v. 89, n. 8, p. 2290-2301, 2008.

489 VIOLLE, Cyrille et al. Let the concept of trait be functional!. **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882-
490 892, 2007.

491
492 WANG, Jianjun; SOININEN, Janne; HEINO, Jani. Ecological indicators for aquatic
493 biodiversity, ecosystem functions, human activities and climate change. **Ecological**
494 **Indicators**, v. 132, p. 108250, 2021.

495
496 ZEBRAL, Yuri Dornelles et al. Pollution levels and biomarker responses in zooplankton
497 from three hydrographic regions of southern Brazil: An integrated approach for water
498 quality monitoring. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 5, p.
499 106180, 2021.

CAPÍTULO 1

Diversidade funcional e taxonômica de cladóceros em um trecho de bacia hidrográfica no sul do Brasil

Functional and taxonomic diversity of Cladocera in watershed in southern Brazil

Thais Azevedo Carneiro^a; Edélti Faria Albertoni^a

^a Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil

Abstract

Environmental changes in aquatic ecosystems affect the functional and taxonomic composition of the cladoceran community. In this context, the objective of this study was to evaluate the spatiotemporal influence of limnological variables on the functional and taxonomic structure of the cladoceran community along a stretch of a watershed in southern Brazil. The cladoceran community and limnological variables were sampled over a year in three regions of the Mirim-São Gonçalo Hydrographic Basin (BSMSG). To classify the sampling zones based on their limnological characteristics we use Principal Component Analysis (PCA) and Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) for species composition. We calculated taxonomic and functional indices, frequency of taxa and functional traits, and conducted an the RLQ analysis. We counted a total of 2307 cladocerans distributed in 16 genera. The RLQ analysis showed that individuals with body size between 0.25mm and 0.50mm, D-filters, littoral and pelagic habitats, fast-swimming abilities and producing an average of 10 eggs per clutch, were the most sensitive to limnological variables. Our results suggest that environments impacted by anthropic activities and greater variation in limnological characteristics reduce the variability of functional traits within the community, thereby influencing the dynamics of ecosystem functioning over time.

Key-words: zooplankton, RLQ, limnological variables, functional traits.

Resumo

Mudanças ambientais em ecossistemas aquáticos afetam a composição funcional e taxonômica da comunidade de cladóceros. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência espaço-temporal de variáveis limnológicas na estrutura funcional e taxonômica da comunidade de cladóceros ao longo de um trecho de uma bacia hidrográfica no sul do Brasil. A comunidade de cladóceros e as variáveis limnológicas foram amostradas ao longo de um ano em três regiões da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo (BSMSG). Para classificar as zonas de amostragem com base em suas características limnológicas, usamos Análise de Componentes Principais (PCA) e Escala Multidimensional Não Métrica (NMDS) para composição de espécies. Calculamos índices taxonômicos e funcionais, frequência de táxons e características funcionais, e conduzimos uma análise RLQ. Contabilizamos um total de 2307 cladóceros distribuídos em 16 gêneros. A análise RLQ mostrou que indivíduos com tamanho corporal entre 0,25 mm e 0,50 mm, D-filtradores, litorâneos e pelágicos, de natação rápida e que produzem em média 10 ovos por ninhada foram os mais sensíveis às variáveis limnológicas. Nossos resultados sugerem que ambientes impactados por atividades antrópicas e maior variação nas características limnológicas reduzem a variabilidade de características funcionais dentro da comunidade, influenciando assim a dinâmica do funcionamento do ecossistema ao longo do tempo.

Palavras-chave: zooplâncton, rlq, variáveis limnológicas, traços funcionais.

1. Introdução

Ecosistemas aquáticos são importantes ambientes para o ciclo de vida e sobrevivência de uma vasta diversidade de espécies. O metabolismo destes ecossistemas é modulado de forma direta pelas comunidades aquáticas (Esteves & Gonçalves, 2011). Neste contexto, a caracterização das comunidades tem sido utilizada como uma importante ferramenta na avaliação das condições ambientais (Pomari et al., 2018; Zebral et al., 2021; Mazzoni et al., 2023). Recentemente, estudos buscam entender como as mudanças ambientais influenciam na biodiversidade e nos processos ecossistêmicos (Hong et al., 2022). Estas abordagens têm se tornado relevantes atualmente, em função dos diversos impactos sobre os ambientes aquáticos, que alteram os processos ecológicos e a estrutura de suas comunidades (Wang et al., 2021). Esses impactos acabam gerando respostas distintas em diferentes escalas de tempo e espaço (Magurran, 2021)

Dentre as comunidades aquáticas, o zooplâncton tem papel fundamental no funcionamento dos ecossistemas aquáticos, principalmente no fluxo de energia e na ciclagem de nutrientes (Esteves et al., 2011; Hébert et al., 2017). Por possuir uma posição intermediária na cadeia trófica, a comunidade zooplânctonica afeta diretamente o estoque de biomassa e a disponibilidade de presas (consumo) (Hébert et al. 2017) e predadores (ao serem consumidos) nos níveis tróficos (García-Chicote et al., 2019). Entre os componentes do zooplâncton, pesquisas sobre cládoceros são mais numerosas, em todos os tipos de ambientes aquáticos (Castilho-Noll et al., 2023), destacando a importância de pesquisas sobre a composição desta comunidade (Suhett et al., 2015; Elmoor-Loureiro & Sousa, 2023). Estudos com abordagens baseados em características morfológicas e funcionais têm sido usados para descrever as comunidades de zooplâncton tanto de ambientes marinhos (Li et al., 2019) quanto de água doce (Gomes et al., 2019).

Recentemente, estudos baseados nas características das espécies são utilizados como uma abordagem alternativa (Mammola et al., 2021), tendo resposta imediata de como as alterações nas condições ambientais afetam a estrutura da comunidade nos ecossistemas (Mouillot et al., 2013; Diniz et al., 2021). A estrutura taxonômica e funcional de comunidades aquáticas é influenciada por variáveis temporais e espaciais (Bacca et al., 2021). Características ecológicas, de crescimento, alimentação e sobrevivência (Litchman et al., 2013), são as mais utilizadas em análises de diversidade funcional. Alterações nas características físicas e químicas do habitat, oriundas de ações antrópicas, atuam como

621 filtros ambientais, resultando em uma seleção de traços funcionais específicos (Díaz et al.,
622 2008; Sodré & Bozelli, 2019). Estudos recentes, que usam a abordagem funcional, não
623 somente buscam entender a mudança na estrutura de traços funcionais dos indivíduos frente
624 à gradientes ambientais, mas sim compreender os papéis ecológicos desempenhados pela
625 comunidade (Branco et al., 2023), uma vez que a comunidade de microcrustáceos participa
626 tanto de serviços ecossistêmicos (Lomartire et al., 2021) como na regulação do clima global
627 (Heneghan et al., 2023). Sensíveis às alterações químicas (ex.: concentração de nutrientes)
628 (Shen et al., 2021), físicas (ex.: temperatura) (Bomfim et al., 2021) e bióticas (ex.: pressões
629 por herbivoria) (Li et al., 2019; Guo et al., 2021), tornam-se uma importante ferramenta de
630 biomonitoramento, pois fornecem uma rápida resposta sobre a integridade ambiental do
631 ecossistema aquático (Hébert et al., 2017).

632 A biodiversidade de organismos de água doce ainda é pouco conhecida no Brasil
633 (Elmoor-Loureiro et al., 2023). A maioria dos estudos com a comunidade de zooplâncton
634 no território brasileiro, foram desenvolvidos abordando a riqueza e diversidade taxonômica
635 em regiões limnéticas de lagos artificiais e naturais, em contraste com regiões litorâneas
636 (Castilho-Noll et al., 2023), rios (Bomfim et al., 2024) e áreas úmidas preservadas (Silva
637 et al., 2025). Uma das principais lacunas e desafios a serem estudados atualmente, é a
638 ecologia funcional da comunidade de microcrustáceos (Branco et al., 2023; Castilho-Noll
639 et al., 2023). Nos últimos anos, pesquisas com enfoque em ecologia funcional vem
640 ganhando importância no Brasil, entretanto no sul do país, esses estudos correspondem a
641 apenas 6% de todo território nacional (Castilho-Noll et al., 2023). Especificamente com os
642 cladóceros, a região Sul do Brasil carece de estudos sobre a diversidade funcional, pois a
643 maioria dos estudos se concentram principalmente na região Sudeste do país (Elmoor-
644 Loureiro & Sousa, 2023). No extremo Sul do Brasil, uma região com ambientes aquáticos
645 importantes para a manutenção da biodiversidade (Simioni & Guasseli, 2017), uma
646 pesquisa em áreas úmidas temporárias avaliou a ecologia funcional de microcrustáceos
647 (Martins & Albertoni, 2022)

648 Os aspectos levantados anteriormente permitem verificar que a maioria dos estudos
649 com diversidade funcional de zooplâncton no Brasil são em ambientes de pequeno porte e
650 a curto prazo (Branco et al., 2023; Castilho-Noll et al., 2023). Assim, avaliamos que os
651 estudos de alterações na estrutura da comunidade zooplânctonica ao longo de gradientes
652 ambientais e ao longo de intervalos temporais, constituem importantes ferramentas para a
653 compreensão da dinâmica da comunidade em relação à processos ecológicos dos ambientes

654 aquáticos. Um dos principais focos de pesquisa com esta abordagem é entender como as
655 mudanças ambientais influenciam na estrutura dessas comunidades e na composição dos
656 traços funcionais, assim contribuindo para a conservação de processos ecossistêmicos de
657 ambientes aquáticos continentais.

658 A bacia hidrográfica Mirim -São Gonçalo (BHMSG) é uma região rica em ambientes
659 aquáticos importantes para a manutenção da biodiversidade aquática, caracterizada por
660 apresentar ambientes aquáticos com entorno com zonas rurais, urbanas e áreas úmidas
661 preservadas. A partir destas características, buscamos caracterizar a comunidade de
662 Cladocera em um trecho desta bacia, partindo de duas hipóteses: espera-se que a região da
663 Lagoa Mirim, por ser um ambiente com entorno mais preservado, apresente a maior
664 diversidade taxonômica e funcional, principalmente na composição dos traços funcionais
665 da comunidade de cladóceros, em relação às regiões do Canal São Gonçalo (CSG). Por
666 outro lado, esperamos que a comunidade de cladóceros localizada nas zonas de
667 amostragem do CSG, seja diretamente influenciada pelas atividades urbanas e agrícolas em
668 seu entorno, refletindo em baixa variabilidade das características funcionais, e maiores
669 variações nas características ambientais. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar
670 a influência espaço-temporal das variáveis limnológicas na estrutura funcional e
671 taxonômica da comunidade de cladóceros ao longo de um trecho da BHMSG.
672 Especificamente, queremos determinar a diversidade taxonômica e funcional da
673 comunidade de cladóceros e sua relação com as variáveis limnológicas ao longo de
674 diferentes zonas de amostragem e em diferentes períodos de um ano em uma região da
675 BHMSG, categorizando os traços funcionais encontrados na comunidade.

677 2. Materiais e Métodos

679 2.1 Área de estudo

681 A Planície Costeira do Rio Grande do Sul tem sua formação geológica recente,
682 oriunda de transgressões e regressões marinhas que esculpiu uma paisagem plana e com
683 uma gama de ambientes aquáticos (Schwarzbold e Schäfer, 1984). Ao extremo sul e à leste
684 do Uruguai, com uma área de 62.250km², está localizada a Bacia Hidrográfica Mirim-São
685 Gonçalo (BHMSG) (SEMA,2022). Ela é composta por muitos cursos d'água que desaguan
686 ao sul na Lagoa Mirim e no Canal São-Gonçalo (CSG). Este último intercomunica, com os
687 seus aproximados 70km de extensão, o estuário da Laguna dos Patos à Lagoa Mirim

(Hartmann et al., 1990). Em sua porção próxima à Laguna dos Patos, foi construída na década de 1960 uma barragem eclusa, que evita a salinização das águas do CSG e da Lagoa Mirim (ALM, 2024). Esta barragem permite que o CSG e a Lagoa Mirim atuem como um grande reservatório de água doce, garantindo uma reserva hídrica para cerca de um milhão de pessoas e possibilitando a agricultura irrigada (Gouvêa et al., 2010; Fernandes et al., 2021).

O CSG é um ambiente de grande importância no desenvolvimento regional, localizado em uma região predominantemente rural (FEPAM, 2016), caracterizado por possuir cultivos de arroz e soja em seu entorno (ALM, 2024). O fluxo de água neste canal é regulado pelas chuvas (Oliveira et al., 2015) e sua planície de inundação é importante para manter um alto nível de biodiversidade (Asmus, 1998). A BHMSG tem população estimada de 770.308 habitantes, sendo 684.202 habitantes em áreas urbanas e 86.106 habitantes em áreas rurais (SEMA, 2022). Na região alta do CSG (SGA), próxima a área urbana da cidade de Pelotas (Vianna, 2012), há atividade de mineração de areia-argila para uso em construções industriais e civis (Figueiredo et al., 2023). Na porção baixa, do CSG (SGB), próxima ao distrito de Santa Isabel, às margens do CSG (SEMA, 2022), encontramos áreas de lavouras de soja e arroz (ALM, 2024). Ao fim do CSG, temos a porção inicial da Lagoa Mirim (MIRIM) onde, em suas margens, encontra-se uma Unidade de Conservação Integral, a Estação Ecológica do Taim, caracterizada por ser um ambiente rico em áreas úmidas e com elevada biodiversidade (RAMSAR, 2017).

O estudo foi realizado entre os anos de 2018 e 2019, em 4 campanhas: C1(novembro de 2018), C2 (fevereiro de 2019), C3 (maio de 2019) e C4 (agosto de 2019). As coletas foram feitas em um transecto de 42 Km, onde 133 pontos foram aleatoriamente coletados, desde a eclusa do CSG em direção à enseada da Lagoa Mirim. As zonas de amostragem foram divididas em: SGA (São Gonçalo alto), SGB (São Gonçalo baixo) e MIRIM (enseada da Lagoa Mirim) (Figura 1).

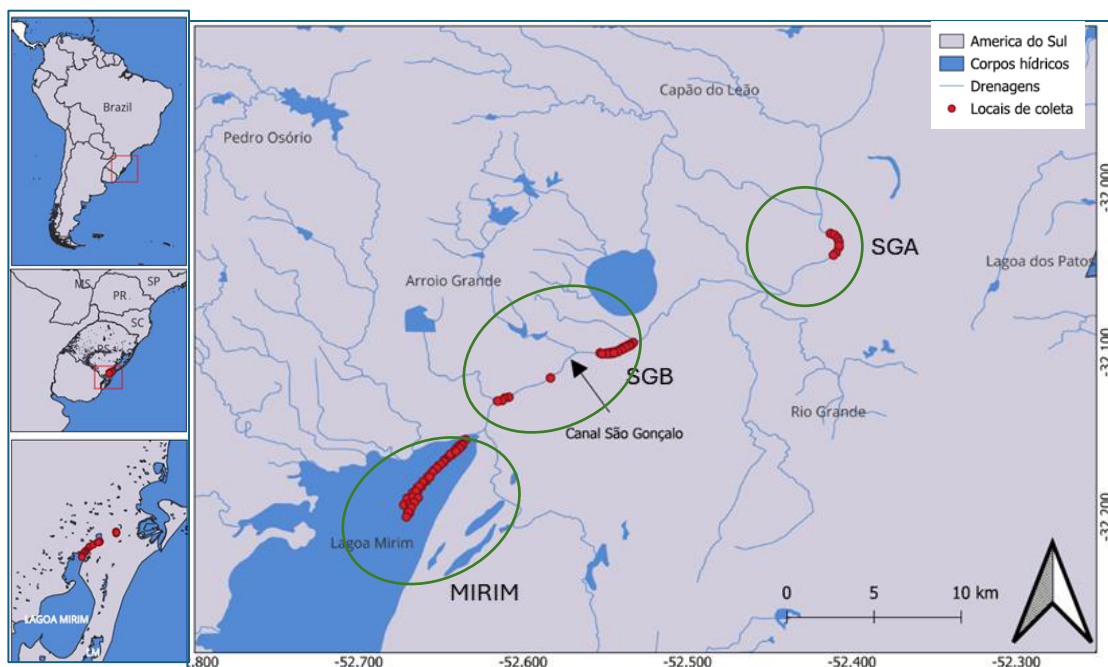


Fig 1. Mapa com a localização do Canal São Gonçalo e zonas de amostragem da comunidade de cladóceros nos anos de 2018 e 2019, Rio Grande do Sul, Brasil. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. Circulos em verde: representação das zonas de amostragem.

2.2 Amostragem das variáveis limnológicas e da comunidade de cladóceros

No momento de coleta foram medidas com sonda Multiparâmetro HORIBA®, as variáveis limnológicas: temperatura (°C), pH, condutividade elétrica (mS.cm⁻²), turbidez (NTU) e oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹). Amostras da água foram coletadas *in situ* e encaminhadas para o Laboratório de Limnologia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) para determinação da concentração clorofila-*a* (µg.L⁻¹) dos pontos coletados (Baumgarten et al., 1996).

Foram coletados 50 L por ponto em cada zona amostral, e filtrados em rede de plâncton de 68µm de abertura de malha. Os indivíduos foram fixados e corados em álcool 80% para posteriormente serem identificados até o menor nível taxonômico possível com base em literatura específica (Elmoor-Loureiro, 1997; Gazulha, 2012; Sousa & Elmoor-Loureiro, 2019).

2.3 Diversidade funcional e taxonômica da comunidade de cladóceros

A diversidade taxonômica foi medida através da abundância, riqueza, frequência de táxons, Índice de Shannon-Wiener (diversidade), Índice de Simpson (dominância) e Índice de Pielou (equitabilidade) para cada campanha e zona de amostragem, utilizando o pacote ‘vegan’ do software R (R Core Team, 2024).

A seleção dos traços funcionais para o estudo, foi realizada tendo como base a importância de cada característica funcional do táxon dentro das comunidades e sua contribuição na manutenção de processos ecológicos do ambiente aquático. Assim, cinco traços funcionais foram escolhidos para a caracterização funcional da comunidade, cada um contendo suas respectivas categorias (Tabela 1). Traços funcionais, como o modo de alimentação, tipo de habitat, comportamento de fuga e números de ovos por ninhada (traços categóricos), foram compilados conforme literatura (Rizo et al., 2017; Simões et al., 2020; Duré et al., 2021; Fintelman-Oliveira et al., 2023) e durante o processo de identificação dos indivíduos, obtivemos o tamanho do corpo (traço numérico), usando um microscópio ocular (10x).

Tabela 1. Traços funcionais e suas respectivas categorias para a comunidade de cladóceros no Canal São Gonçalo nos anos de 2018 e 2019.

Functional traits	Categories	Codes
Body size	<0,25mm	BS1
	>0,25mm e <0,50mm	BS2
	>0,50mm e <0,75mm	BS3
	>0,75mm e <1,00mm	BS4
Feeding mode	B-filtration	FT1
	C-filtration	FT2
	D-filtration	FT3
	S-filtration	FT4
Habitat	Litoral	H1
	Pelagic	H2
Scape behavior	Fast swimming	SB1
	Reduced swimming	SB2

	Stop and jump	SB3
	Stop	SB4
Number of eggs for clutch	Two	EC1
	Ten	EC2
	Twelve	EC3
	Fifteen	EC4
	Sixteen	EC5
	Twenty-five	EC6

Calculamos a frequência dos traços funcionais para cada zona de amostragem e suas respectivas campanhas sazonais. A fim de avaliar a distribuição das características funcionais dentro da comunidade de cládóceros obtivemos os índices de diversidade funcional: riqueza funcional (FRic), divergência funcional (FDiv) e regularidade funcional (FEve) (Villéger et al. 2008; Laliberté e Legendre, 2010) para cada campanha e zona amostrada durante o estudo, usando o pacote ‘dbFD’ do software R (R Core Team, 2024).

2.4 Análise de dados

Para verificar as possíveis diferenças nas variáveis limnológicas entre as zonas de amostragem e campanhas, na abundância, riqueza e nos índices de diversidade taxonômicos e funcionais utilizamos ANOVA *one-way* seguida do pós-teste de Tukey de comparações múltiplas. Para ordenar as zonas de amostragem de acordo com suas características limnológicas usamos a Análise de Componentes Principais (PCA). Os ambientes e a composição de espécies foram ordenados através de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS), usando a matriz de Bray-Curtis.

Medimos a influência da distância espacial e temporal das variáveis limnológicas nos traços funcionais através da análise RLQ, que ordena três matrizes: matriz R ordena as variáveis ambientais, a matriz L ordena os valores de abundância de táxons por local e, a matriz Q os traços funcionais de cada táxon. Após a RLQ, utilizamos a análise de Fourth-Corner, baseada na correlação de Pearson para avaliar a relação entre as características do habitat e os traços funcionais, usando o pacote ‘ade4’ do software R (R Core Team, 2017). Para realizar as análises, utilizamos o modelo 2, que randomiza a matriz de variáveis ambientais para relacioná-las com a matriz de traços funcionais. Testamos a significância

da randomização com base no teste de Monte-Carlo ($p < 0.05$). Todas as análises estatísticas foram executadas nos softwares R version 4.3.3, Graphpad Prism 8.4.3 e Past 4.1.7

3. Resultados

3.1 Variáveis limnológicas

A maioria das variáveis limnológicas do CSG mostraram diferença entre as campanhas, mas não entre as zonas de amostragem (Tabela 2). A temperatura máxima da água foi de 24.1°C (± 0.36), apresentando diferença nos meses mais quentes (C1 e C2). O pH apresentou variação entre todas as zonas de amostragem e na campanha C1, em geral com valores variando de 6.5 ± 0.32 a 7.6 ± 0.08 , caracterizado como levemente alcalino. Os teores de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), se mantiveram acima de 7.1 mg.L^{-1} , apresentando diferença entre todas as campanhas, com valores máximos nos meses mais frios (C3 e C4). A condutividade elétrica (mS.cm^{-2}), não ultrapassou 0.11 mS.cm^{-2} , com valores menores principalmente no mês mais quente (C2). Os maiores valores de turbidez (NTU) foram observados na zona SGB, e não ultrapassaram $40.6 \pm 1.72 \text{ NTU}$ na zona MIRIM durante a C4. A clorofila- α ($\mu\text{g. L}^{-1}$) apresentou maiores valores no mês mais frio (C4), acima de $26.5 \pm 11.4 \mu\text{g. L}^{-1}$, em todas as zonas de amostragem.

Tabela 2. Valores médios ($\pm$ Desvio Padrão) das variáveis limnológicas nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. a,b,c,d = diferença estatística entre as campanhas ($p < 0.05$).

Environmental variables		SGA Mean±SD	SGB Mean±SD	MIRIM Mean±SD
Temperature (°C)	C1 (Nov/2018)	23.4±0.22a	24.0±0.23a	23.4±0.04a
	C2 (Feb/2019)	24.1±0.36b	23.9±0.11b	23.1±0.11b
	C3 (May/2019)	17.7±0.14c	18.0±0.10c	17.4±0.13c
	C4 (Aug/2019)	11.6±0.20c	11.8±0.09c	11.6±0.18c
pH	C1 (Nov/2018)	7.2±0.23a	7.6±0.08a	7.4±0.11a
	C2 (Feb/2019)	6.5±0.32b	7.2±0.18b	7.0±0.08b
	C3 (May/2019)	6.6±0.20b	7.3±0.09b	7.1±0.17b
	C4 (Aug/2019)	7.0±0.24b	7.0±0.17b	7.0±0.08b
Oxygen (mg.L ⁻¹)	C1 (Nov/2018)	7.1±0.58a	7.4±0.84a	7.4±0.75a
	C2 (Feb/2019)	9.0±0.94b	10.1±0.59b	9.12±0.36b
	C3 (May/2019)	12.2±2.05c	12.7±1.79c	11.7±0.74c
	C4 (Aug/2019)	13.7±1.15d	14.3±0.47d	16.2±2.33d
Conductivity (mS.cm ⁻²)	C1 (Nov/2018)	0.11±0.010a	0.11±0.004a	0.11±0.002a
	C2 (Feb/2019)	0.10±0.002b	0.10±0.010b	0.10±0.004b
	C3 (May/2019)	0.10±0.030a	0.11±0.010a	0.11±0.010a
	C4 (Aug/2019)	0.10±0.010a	0.11±0.001a	0.11±0.001a
Turbidity (NTU)	C1 (Nov/2018)	52.1±3.10a	82.3±36.41a	52.2±5.34a
	C2 (Feb/2019)	84.7±6.29a	131.1±52.16a	51.9±7.66a
	C3 (May/2019)	59.9±40.17a	116.9±61.04a	62.4±30.61a
	C4 (Aug/2019)	48.3±15.92b	62.2±2.80b	40.6±1.72b
Chlorophyll-a (µg.L ⁻¹)	C1 (Nov/2018)	8.8±4.05a	11.3±3.87a	12.4±1.53a
	C2 (Feb/2019)	16.03±19.35a	16.0±7.76a	14.5±5.43a
	C3 (May/2019)	17.6±13.86a	11.7±4.91a	12.1±5.01a
	C4 (Aug/2019)	31.1±9.96b	40.4±6.87b	26.5±11.4b

Os dois primeiros componentes da PCA explicaram 98.8% dos dados amostrados (89.7% e 9.1% para os eixos 1 e 2, respectivamente) (Figura 2). Observamos que altas concentrações de turbidez foram positivamente relacionadas ao eixo 1, indicando uma forte relação da zona SGB com essa variável. A clorofila- α e o oxigênio dissolvido se mostraram positivamente relacionados ao eixo 2, apresentando relação com a zona MIRIM. A zona SGA está mais relacionada com a temperatura, que está negativamente correlacionada ao eixo 2.

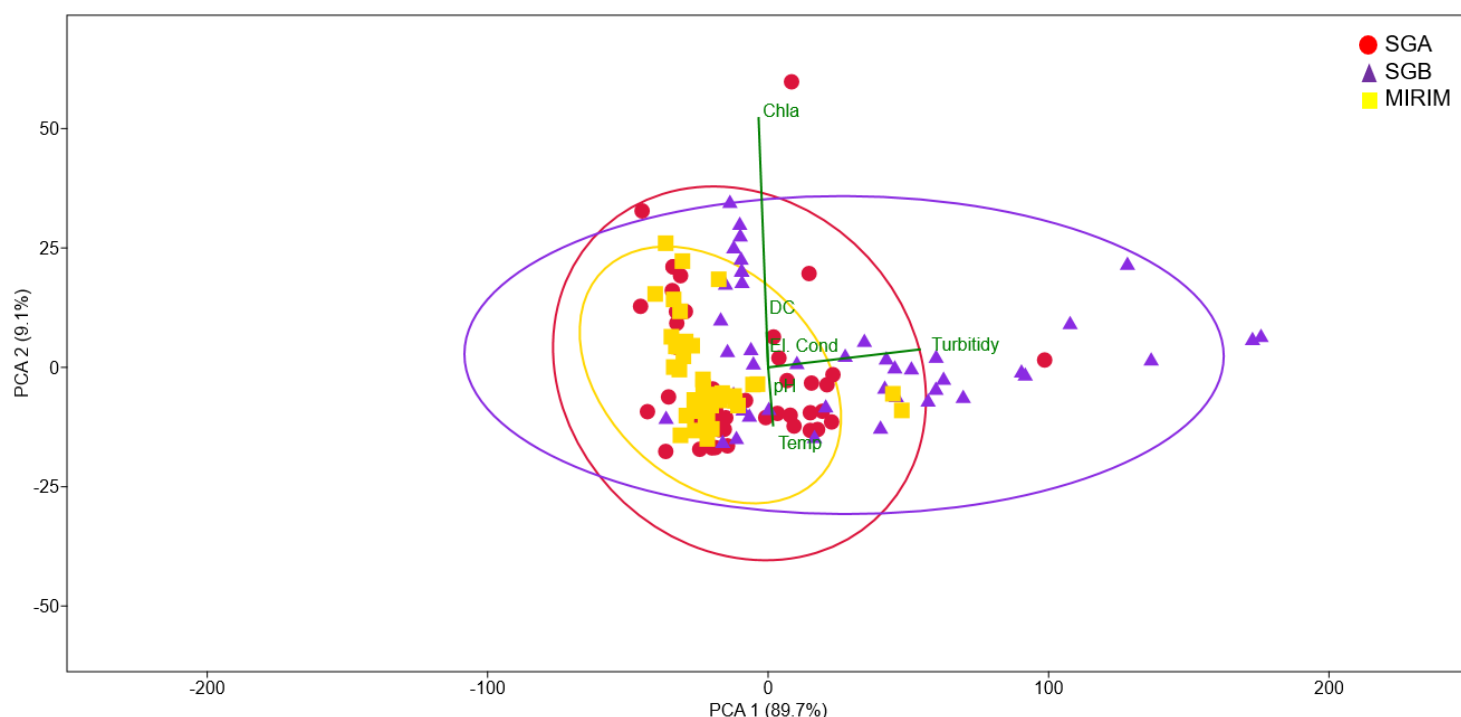
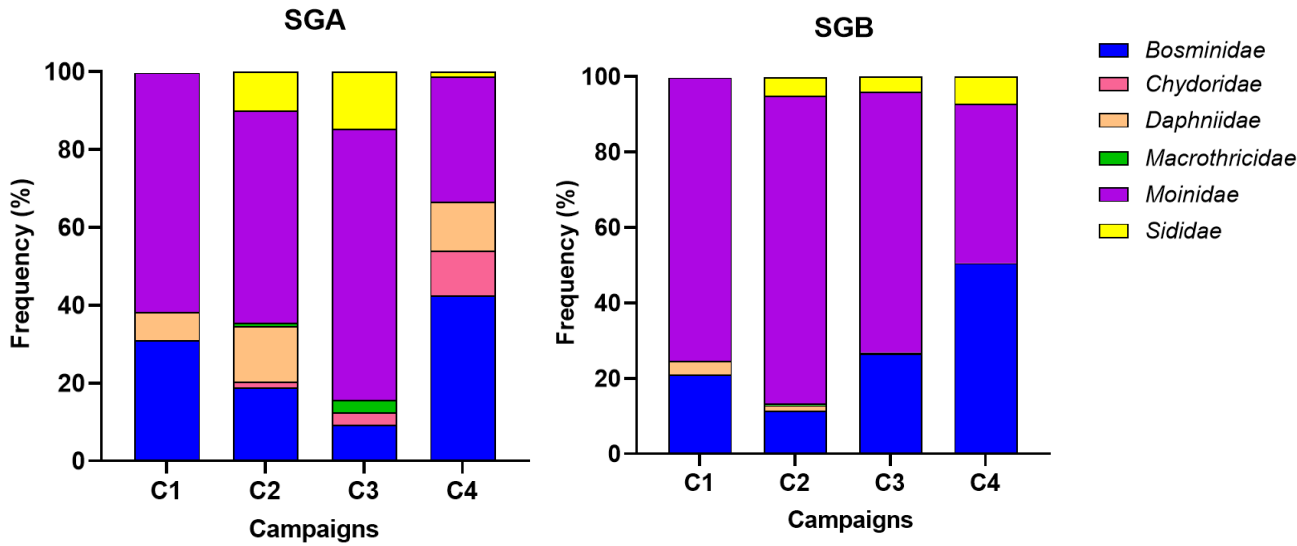


Fig. 2 - Análise de Componentes Principais (PCA) da ordenação das zonas de amostragem da comunidade de cladóceros do Canal São Gonçalo com suas variáveis limnológicas. Temp = temperatura, DC = oxigênio dissolvido, Chla = clorofila- α , El. Cond = condutividade elétrica, Turbidity = turbidez.

3.2 Diversidade taxonômica e funcional dos cladóceros

Ao todo foram identificados 2307 cladóceros, distribuídos em 16 táxons. Contabilizamos a maior abundância de organismos na zona SGB com 1205 indivíduos, correspondendo à 52% da abundância total, seguido da SGA com 572 indivíduos, compreendendo 25% da amostra e por último a MIRIM com 530 indivíduos, representando 23% da comunidade identificada. Quanto a riqueza, a zona SGA apresentou a maior riqueza com 13 táxons, seguido da zona MIRIM (12) e da zona SGB (6).

A família Macrothricidae foi exclusiva da zona SGA durante a C3, enquanto não identificamos gêneros da família Chydoridae na zona SGB. Entre os gêneros amostrados, os mais abundantes foram os gêneros *Moina* (69%), *Bosmina* (5%) e *Ceriodaphnia* (1%). Em relação a frequência de táxons (%), nas zonas de amostragens, os gêneros da família Moinidae foram os táxons mais frequentes, e gêneros das famílias Macrothricidae e Chydoridae menos frequentes (Figura 3).



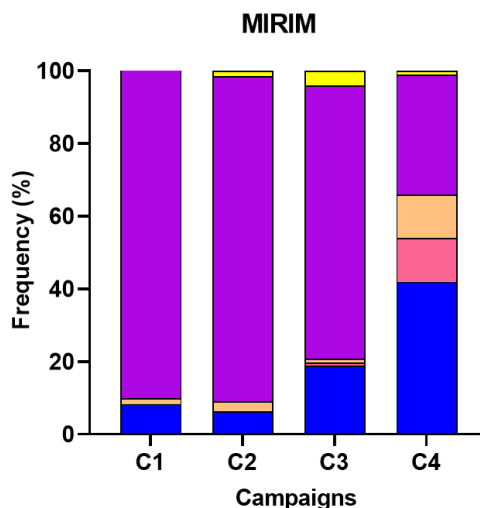


Fig. 3 - Frequência de táxons (%) da comunidade de cladóceros nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim.

Todas as métricas de diversidade taxonômica diferiram entre as zonas de amostragem ($p < 0.05$) (Tabela 3). O índice de Shannon mostrou a SGA como a zona mais diversa durante todas as campanhas, em contrapartida, a zona MIRIM durante as campanhas C1, C2 e C3 e zona SGB durante a campanha C4, apresentaram os menores valores de diversidade. O índice de Pielou (Equitabilidade-J) apresentou maior uniformidade na MIRIM durante a todas as campanhas. As zonas SGB e MIRIM, tiveram a maior dominância (Índice de Simpson 1-D) durante todas as campanhas amostradas.

Tabela 3. Valores de abundância, riqueza e índices de diversidade taxonômica da comunidade de cladóceros nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. a,b,c,d = letras diferentes dentro de cada zona de amostragem - diferença estatística entre as campanhas ($p < 0,05$).

Campaigns	Sampling zones	Richness	Abundance(n)	Shannon-H	Equitability-J	Simpson 1-D
C1 (Nov/2018)	SGA	5a	178a	1.114a	0.692a	0.577a
	SGB	5b	465b	0.716b	0.444b	0.394b
	MIRIM	4c	186c	0.361c	0.261c	0.161c
C2 (Feb/2019)	SGA	9a	211a	1.412a	0.642a	0.655a
	SGBb	6b	364b	0.738b	0.411b	0.325b
	MIRIM	5c	143c	0.429	0.302c	0.197c
C3 (May/2019)	SGA	8a	96a	1.101a	0.529a	0.490a
	SGB	5b	279b	0.879b	0.546b	0.470b
	MIRIM	6c	101c	0.869c	0.485c	0.412c
C4 (Aug/2019)	SGA	9a	87a	1.657a	0.754a	0.746a
	SGB	3b	97b	0.909b	0.827b	0.566b
	MIRIM	11c	100c	1.559c	0.650c	0.704c

Em relação à composição da comunidade nas diferentes zonas, foi encontrada alta similaridade entre as zonas de amostragem. A NMDS (stress = 0.190), mostrou que em relação à abundância dos táxons (matriz de Bray-Curtis), as zonas de amostragens são semelhantes entre si (Figura 4).

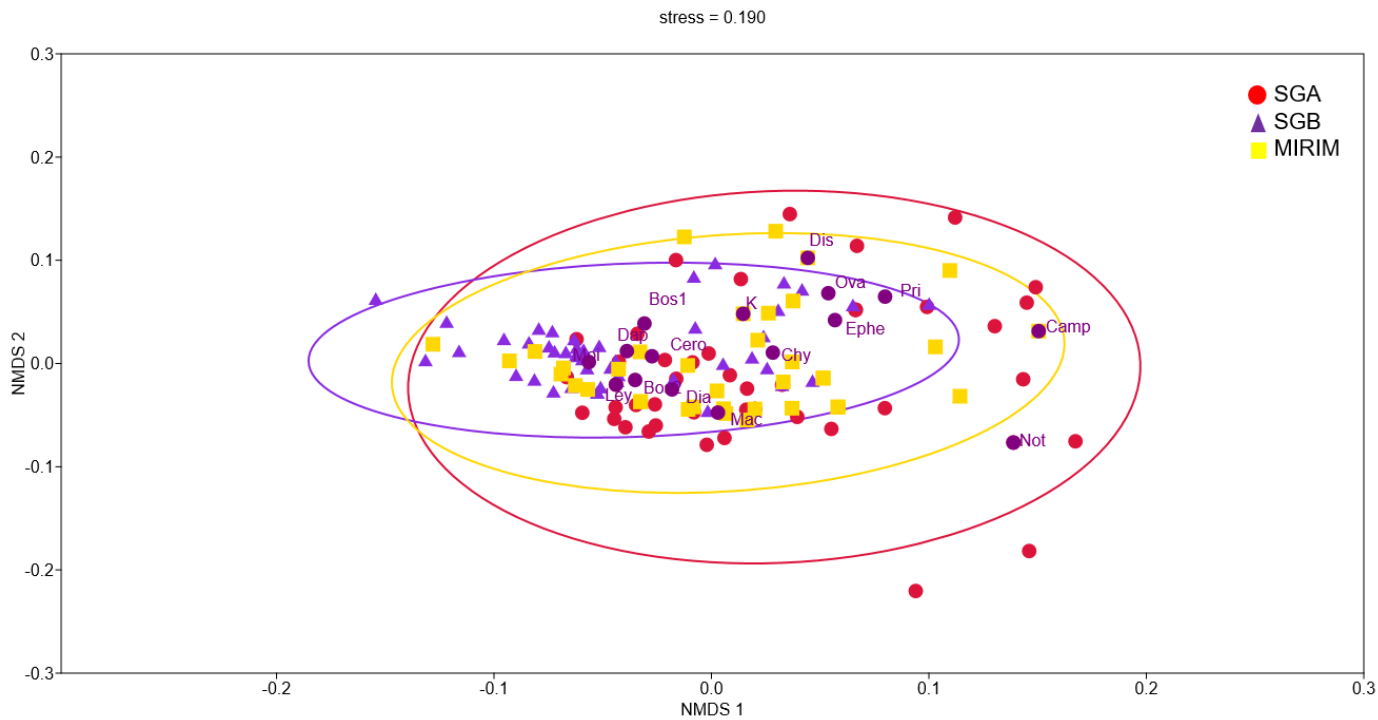
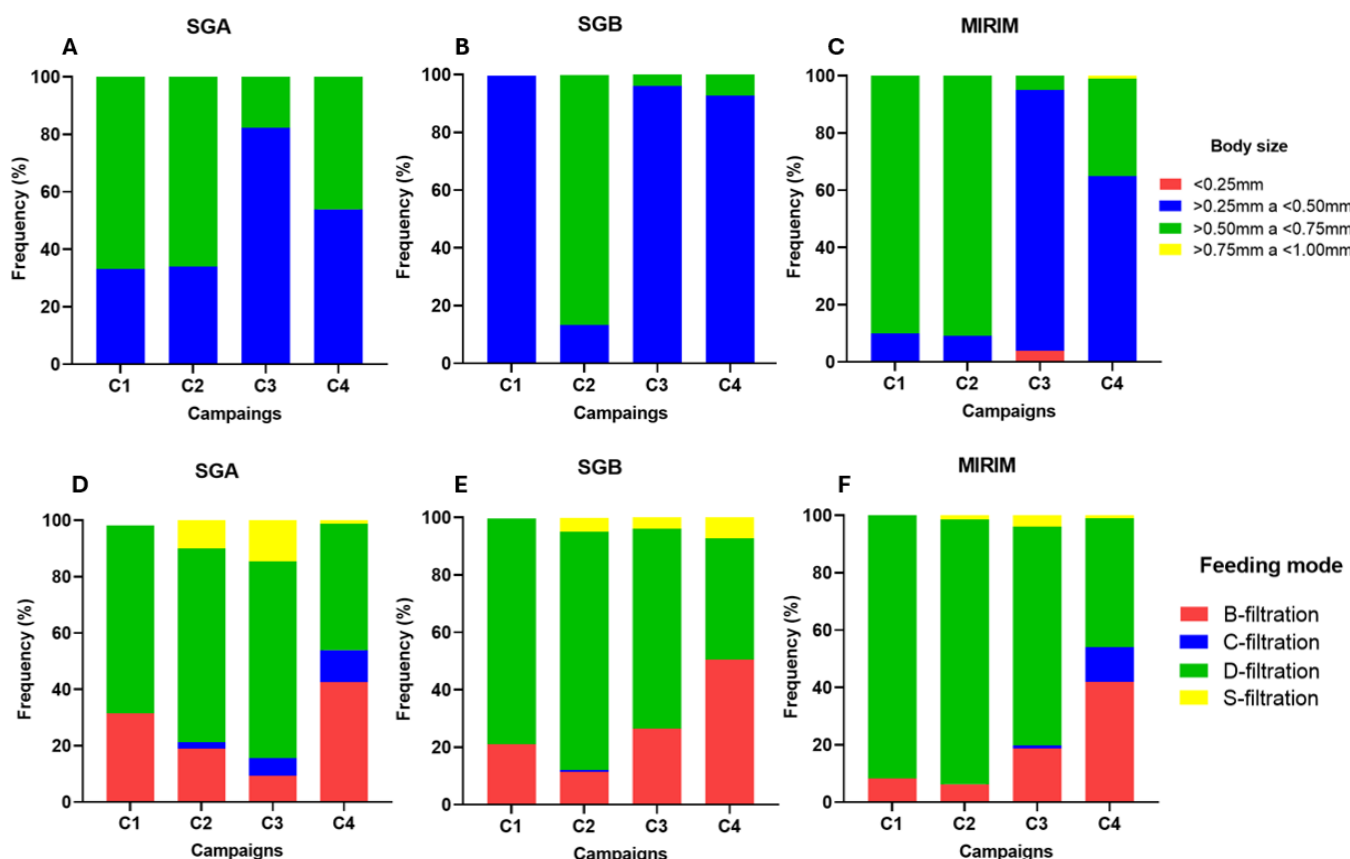


Fig. 4 - Resultado da NMDS (Escala multidimensional não métrica) com matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis, nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM da comunidade de cladóceros no Canal São Gonçalo nos anos de 2018 e 2019. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. Bos1 = *Bosmina*, Bos2 = *Bosminopsis*, Camp = *Camptocercus*, Cero = *Ceriodaphnia*, Chy = *Chydoridae*, D1= *Daphnia*, D2 = *Diaphanosoma*, Dis = *Disparalona*, Eph = *Ephemeroporus*, K = *Kurzia*, Ley = *Leydigia*, Mac = *Macrothrix*, Moi = *Moina*, Not = *Notoalona*, Ova = *Ovalona*, Pri = *Pricripleuxorus*.

O tamanho do corpo dos cladóceros variou conforme as zonas de amostragem e campanhas (Figura 5abc), revelando uma maior frequência de indivíduos com tamanho corporal entre $>0.25\text{mm}$ e $<0.50\text{mm}$ (SGA, SGB e MIRIM, em todas as campanhas) (Figura 5abc), e apenas um indivíduo com tamanho corporal $<0.25\text{mm}$ e um indivíduo com $>0.75\text{mm}$ a $<1.00\text{mm}$, ambos na zona MIRIM durante a C3 e C4 respectivamente (Figura 5c). Quanto ao modo de alimentação dos cladóceros, identificamos uma maior frequência de indivíduos D-filtradores nas zonas de amostragens (SGA, SGB, MIRIM) durante as campanhas (5def), e em menor frequência nas três zonas de amostragem, indivíduos C-filtradores e S-filtradores (Figuras 5def). Indivíduos pelágicos foram predominantes em todos as zonas de amostragem durante as campanhas (Figura 5ghi). Observamos os cinco tipos de comportamento de fuga, nas zonas de amostragem SGA e MIRIM durante todas as campanhas, com exceção da zona SGB que identificamos somente indivíduos com comportamento de fuga de natação reduzida, rápida e para e pula (Figura 5jkl). A maioria dos indivíduos da comunidade de cladóceros identificados produzem em média 10 ovos por ninhada (Figura 5mno).



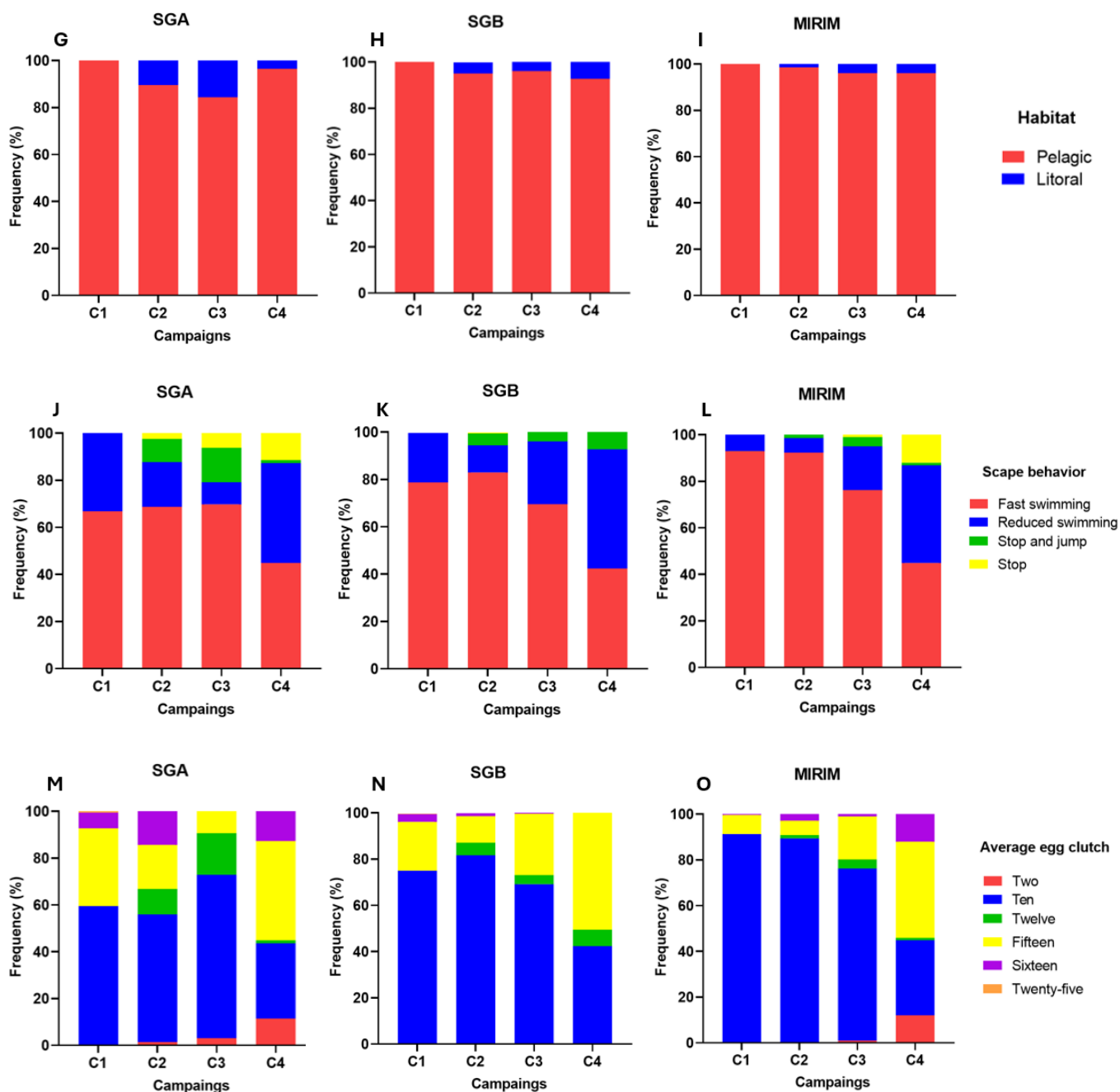


Fig. 5 - Frequência de traços funcionais da comunidade de cladóceros nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. 5ABC= tamanho do corpo, 5DEF=modo de alimentação, 5GHI=tipo de habitat, 5JKL=comportamento de fuga, 5MNO=número médio de ovos por ninhada.

Os índices de diversidade funcional diferiram entre as zonas de amostragem e campanhas ($p < 0.05$) (Tabela 4). O maior valor de FRic foi encontrado na zona MIRIM (0,42802) na C4. Para FEve e FDiv, os maiores valores foram observados na SGB durante a C4 e C3 (0.76732 e 0.99473, respectivamente). A riqueza funcional (Fric) ($r = 0.896$) foi fortemente correlacionada com a riqueza de espécies. Porém, regularidade funcional (FEve) e divergência funcional (FDiv) não estão correlacionadas com a riqueza de espécies (Figura 6).

Tabela 4. Valores de Riqueza (S), Riqueza Funcional (FRic), Regularidade Funcional (FEve) e Divergência Funcional (FDiv) da comunidade de cladóceros nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. SGA = São Gonçalo alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim. a,b,c,d = diferença estatística entre as campanhas ($p < 0.05$).

Campaigns	Sampling zones	FRic	FEve	FDiv
C1 (Nov/2018)	SGA	0.00721a	0.51175a	0.93647a
	SGB	0.00721b	0.35757b	0.97307b
	MIRIM	0.00280c	0.18052c	0.98582c
C2 (Feb/2019)	SGA	0.39338a	0.40338a	0.88085a
	SGB	0.22908b	0.29701b	0.98373b
	MIRIM	0.05838c	0.22415c	0.95917c
C3 (May/2019)	SGA	0.39270a	0.46861a	0.97462a
	SGB	0.05838b	0.51084b	0.99473b
	MIRIM	0.03138c	0.36314c	0.98874c
C4 (Aug/2019)	SGA	0.40389a	0.59387a	0.88535a
	SGB	0.05456b	0.76732b	0.81505b
	MIRIM	0.42802c	0.43959c	0.94076c

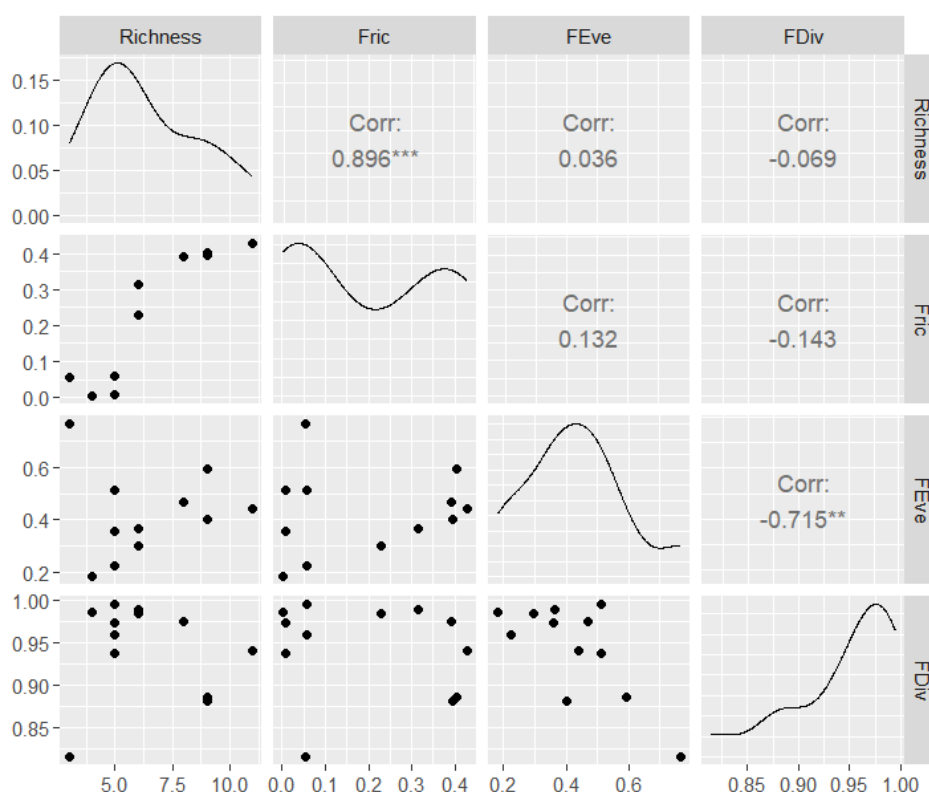
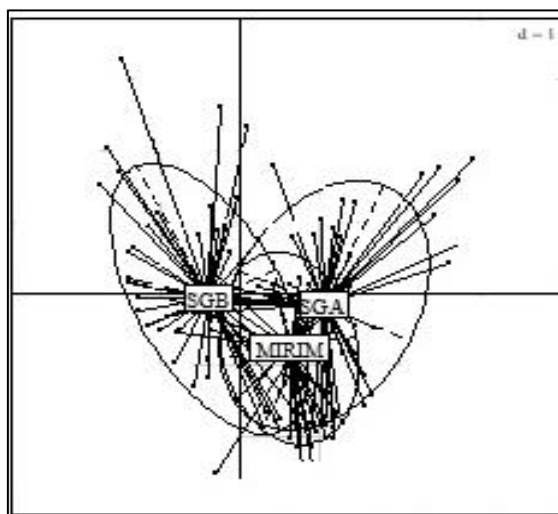


Fig. 6 - Matriz de correlação entre os índices de diversidade funcional (Fric, FEve e FDiv) e a riqueza da comunidade de cladóceros nas zonas de amostragem SGA, SGB e MIRIM durante as campanhas realizadas entre ano de 2018 e 2019 no Canal São Gonçalo. *:sem correlação, **:pouca correlação; ***:correlação significativa.

Observamos através da RLQ, relação significativa entre as variáveis limnológicas das zonas de amostragem e a composição funcional da comunidade de cládóceros (RLQ randtest, $p=0,002$) (Figura 7a). A RLQ exibiu uma inércia total de 0.90, em que o eixo 1 explica 91.09% e o eixo 2 explica 6.83% da variação total dos dados amostrados. As unidades amostrais da zona SGA ao longo do eixo 1, foram positivamente correlacionadas com a turbidez e a temperatura. (Figura7b). Os traços funcionais relacionados à essas condições foram: tamanho do corpo entre $>0,50\text{mm}$ e $<0,75\text{mm}$, litorâneo, D-filtrador, rápida natação e dois ovos por ninhada, características do gênero *Moina*. O pH foi negativamente relacionado ao eixo 1, sendo associado com a zona MIRIM, tendo como traço funcional relacionado número médio de 25 ovos por ninhada, característica do gênero *Daphnia* (Figura7b). O eixo 2 da RLQ, esteve correlacionado com o oxigênio dissolvido, clorofila-a e condutividade elétrica, mostrando associação com pontos amostrais da zona SGB (Figura7b). Os demais traços funcionais e gêneros não citados acima, foram associados a essas variáveis (Figura7c).

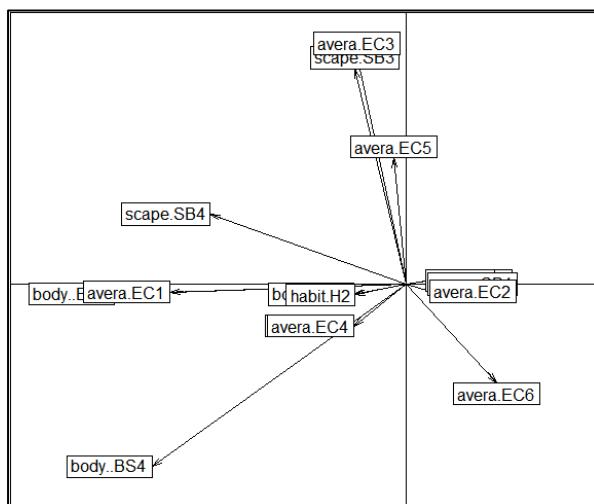
978

a

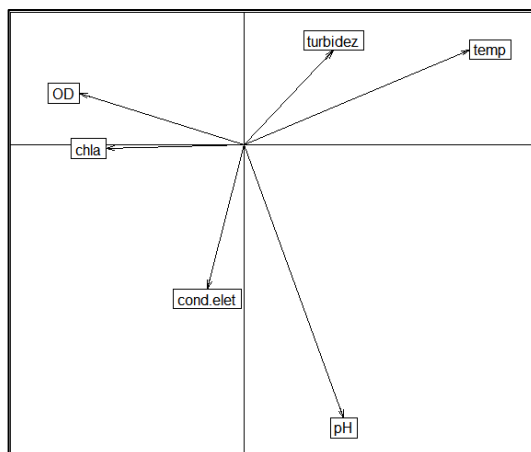


979

b



c



980

981 Fig. 7 - Resultados da RLQ realizada com a composição da comunidade de cladóceros, os
 982 traços funcionais e as variáveis limnológicas do Canal São Gonçalo. 7a= relação das zonas
 983 de amostragem, 7b= variáveis limnológicas, 7c= traços funcionais. SGA = São Gonçalo
 984 alto, SGB = São Gonçalo baixo, MIRIM = enseada da Lagoa Mirim, Temp = temperatura,
 985 DC = oxigênio dissolvido, Chla = clorofila- α , El. Cond = condutividade elétrica, BS =
 986 tamanho do corpo, 1- <0.25mm, 2- >0.25mm a <0.50mm, 3- >0.50mm a <0.75mm, 4-
 987 >0.75mm a <1.00mm, FT = modo de alimentação, 1- B-filtrador, 2- C-filtrador, 3- D-
 988 filtrador, 4- S-filtrador. H = tipo de habitat, 1- litoral, 2-pelágico, SB = comportamento de
 989 fuga, 1- natação rápida, 2- natação reduzida, 3- para e pula, 4- sem se mover. EC = número
 990 médio de ovos por ninhada, 1- dois, 2- três, 3-doze, 4- quinze, 5- dezesseis, 6- vinte e cinco.

991 A análise de Fourth-Corner, mostrou que dentre os cinco traços funcionais, todos
 992 apresentaram associações com alguma das variáveis limnológicas estudadas (Figura 8).
 993 Entre as vinte categorias dos tipos de traços funcionais, apenas sete mostraram correlação
 994 negativa ou positiva em relação as variáveis limnológicas (Figura 8), ou seja, tamanho do

corpo entre >0.25mm e < 0.50mm e >0.50mm e <0.75mm, D-filtrador, hábito litorâneo e pelágico, natação rápida, 10 ovos por ninhada. A condutividade elétrica e o pH não tiveram associação com os traços funcionais da comunidade de cladóceros (Figura 8).

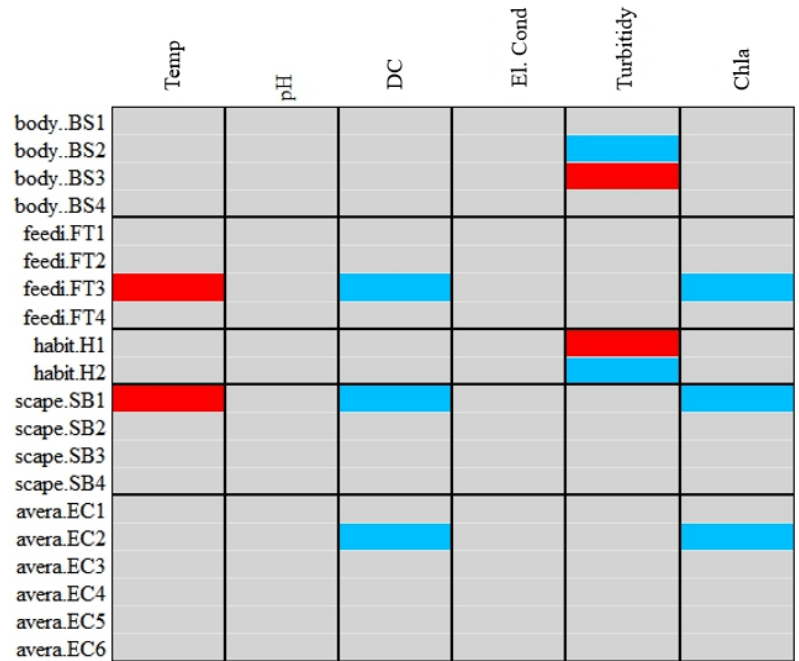


Fig. 8 - Análise de Fourth-Corner (Correlação de Pearson) entre características funcionais da comunidade de cladóceros e variáveis limnológicas do Canal São Gonçalo. Quadrados vermelhos = correlações positivas, Quadrados azuis = correlações negativas, Quadrados cinzas = correlações não significativas, Temp = temperatura, DC = oxigênio dissolvido, Chla = clorofila- α , El. Cond = condutividade elétrica. BS = tamanho do corpo, 1- <0.25mm, 2- >0.25mm a <0.50mm, 3- >0.50mm a <0.75mm, 4- >0.75mm a <1.00mm, FT = de alimentação, 1- B-filtrador, 2- C-filtrador, 3- D-filtrador, 4- S-filtrador. H = tipo de habitat, 1- litoral, 2-pelágico, SB = comportamento de fuga, 1- natação rápida, 2- natação reduzida, 3- para e pula, 4- sem se mover. EC = número médio de ovos por ninhada, 1- dois, 2- três, 3-doze, 4- quinze, 5- dezesseis, 6- vinte e cinco.

4. Discussão

Nossos resultados indicaram maiores diferenças nas variáveis limnológicas principalmente nas zonas ao longo do CSG, do que na zona MIRIM, confirmando parcialmente nossa primeira hipótese. Com base na PCA, os maiores valores de turbidez indicaram uma forte relação com a zona SGB. Notamos, as maiores concentrações de

turbidez principalmente durante o mês de agosto (C4), mês que coincide com o início de plantio de arroz na região (CONAB, 2023). Mesmo padrão observado em 2011 na Ilha Grande (região próxima a SGB), onde os valores de turbidez ultrapassaram 100NTU (Albertoni et al., 2017). A zona SGB é caracterizada por possuir em seu entorno atividade agrícola (Kunst Valentini et al., 2021; ALM, 2024), como drenagem de água para lavouras de arroz (Albertoni et al., 2017), o que pode ter influenciado nos altos valores dessa variável. Da Silveira e colaboradores (2021), constataram que tanto o CSG quanto a Lagoa Mirim, sofrem forte influência das atividades agrícolas e lançamento de efluentes, causando prejuízo à qualidade de água.

Entretanto, em relação às demais variáveis, a clorofila-a e o oxigênio dissolvido, possuem uma importante relação com a MIRIM, indicando um ambiente com a presença de produção fitoplanctônica (Gonzalez-Rodriguez et al., 2017) e bem oxigenado, fundamental para a manutenção de processos ecológicos (Saito, 2004). A zona SGA, próxima a áreas urbanas, mostrou relação com altas temperaturas. A elevação nos valores médios da temperatura na coluna da água, está geralmente associada a atividades humanas (Calvin et al., 2023), o que pode alterar a estrutura de muitas comunidades aquáticas (Pietrzak et al., 2017; Bomfim et al., 2021).

Variações nas características limnológicas da coluna d'água, podem influenciar de forma direta a composição taxonômica da comunidade de cladóceros (Coccia et al., 2024; De Souza Santos et al., 2024). Neste estudo avaliamos a influência das variáveis limnológicas na diversidade taxonômica e funcional da comunidade de cládóceros ao longo do espaço e do tempo. Tanto espacial quanto temporal, as variáveis limnológicas não mostraram efeito na composição taxonômica da comunidade de cládóceros do CSG, entretanto observamos influência das variáveis nos traços funcionais dos indivíduos. A comunidade de cladóceros localizada ao longo do CSG, refletiu baixa variabilidade das características funcionais, e maiores variações nas características ambientais, confirmando a nossa segunda hipótese. A zona SGA e SGB estão localizadas entre áreas urbanas e áreas com atividade agrícola, que pode ser influenciada principalmente por despejo de efluentes sem tratamento, alterando as características químicas da água. Em ambientes eutróficos, por exemplo, ocorrem mudanças na composição funcional da comunidade aquática, diminuindo a diferenciação e a variabilidade de características funcionais (Duré et al., 2021), o que pode ser o caso do trecho do CSG, uma vez que observamos esse mesmo padrão.

Nós hipotetizamos que a zona MIRIM, apresentaria maior diversidade taxonômica e funcional, o que por parte não foi corroborada. A maior riqueza de táxons foi evidenciada na zona SGA (13 gêneros), que apresentou o maior valor do índice de Shannon. Em contrapartida a zona MIRIM, mostrou a maior dominância. A zona SGB teve a maior abundância e a menor riqueza, devido maior predominância de *Moina* em seus pontos de amostragem. Entretanto, apesar da perda de riqueza em alguns ambientes, espécies que desempenham funções semelhantes em um determinado ecossistema, não ocasionam a perda da diversidade funcional (Mayfield & Levine, 2010). A abundância e riqueza dos cládóceros encontrados no nosso estudo é menor quando comparados a outros estudos da região, principalmente em lugares menores (Martins et al., 2019; Martins & Albertoni, 2022). No entanto, sugerimos que uma abordagem com amostragens em menores intervalos de tempo, e com repetições anuais, nos traria melhor conhecimento dessa diversidade.

A MIRIM por sua vez, revelou maior variabilidade funcional da comunidade de cládóceros, destacando as 20 categorias de traços funcionais ao longo de suas amostragens, principalmente durante os meses mais frios (C3 e C4). Nesta zona de amostragem, observamos a maior contribuição de indivíduos de tamanho pequeno à médio, B-filtradores, C-filtradores e D-filtradores, com natação reduzida, rápida e alguns indivíduos sem se mover em relação à fuga do predador, e que produzem em média de 10 à 16 ovos por ninhada, características das famílias Bosminidae, Chydoridae e Moinidae. Moinidae é caracterizada por possuir o aparelho filtrador localizado no 3º e 4º membro (Barnett et al., 2007) e por ter a capacidade de competir com herbívoros maiores, conseguindo assim se estabelecer nos diferentes tipos de ambiente (Rizo et al., 2017). Os bosminídeos filtram partículas de alimento e atuam como pastadores para espécies maiores (Rizo et al., 2017), sendo tolerantes a cianobactérias tóxicas em ambientes eutróficos (Nandini & Sarma, 2023). Chydoridae habita ambientes onde ocorrem comunidades mais estruturadas, com presença de macrófitas aquáticas (Martins et al., 2019), sendo que algumas espécies podem habitar esporadicamente regiões mais profundas (áreas limnéticas) associadas a algas filamentosas, especialmente se estiverem em ambientes eutrofizados (Rizo et al., 2017).

O maior valor de FRic, foi evidenciado na zona MIRIM durante a C4, confirmando novamente a nossa hipótese. A riqueza funcional (FRic) aumentou ao longo das campanhas, nas zonas de amostragem, principalmente a partir da C2. Os valores de Fric, variam entre 0 e 1 e são considerados a representação da riqueza de espécies (e seus traços

funcionais) da comunidade (Villéger et al., 2008). Os valores próximos a 1, indicam que a comunidade possui uma riqueza funcional tão alta, quanto a riqueza funcional de todas as comunidades juntas (Rodrigues Da Silva et al., 2022). É possível observar que a MIRIM, apresentou traços funcionais mais diversos em comparação com as outras duas zonas amostradas. A explicação está possivelmente relacionada aos altos valores de turbidez encontrados ao longo do CSG, pois a turbidez influencia de forma negativa a diversidade funcional de cladóceros, diminuindo a variabilidade de traços funcionais (Braghin et al., 2021). Este padrão foi observado em nossos resultados, uma vez que a zona SGB com os maiores valores de turbidez, revelou a menor variabilidade funcional, logo diminuindo a riqueza funcional (FRic).

O FEve, mostrou que a comunidade de cladóceros encontrada na SGA e SGB se mostrou mais regularmente distribuída, em relação a MIRIM. Durante a C4, observamos os maiores valores de FEve em todas as zonas de amostragem, período que coincide com as maiores concentrações de clorofila encontradas em nosso estudo. Quando há disponibilidade de recurso no ambiente, espécies com vantagem competitiva, investem em aumentar o número populacional, diminuindo a uniformidade na distribuição de espécies na comunidade (Simões et al., 2013), o que não observamos em nosso estudo. Deste modo, pressupomos que nossos resultados, podem indicar que há um equilíbrio de recursos disponíveis no ambiente, fazendo com que as interações interespecíficas (como a predação), acabem controlando a distribuição da comunidade, aumentando a regularidade funcional (Braz et al., 2020; Braghin et al., 2021), tornando a composição da comunidade mais próxima funcionalmente (Villéger et al., 2008).

Os valores de FDiv (divergência funcional), foram altos durante todos os períodos e zonas de amostragem, indicando que os gêneros de cladóceros, são distantes do traço funcional médio da comunidade (Villéger et al., 2008). Um padrão que mostra uma comunidade divergindo na composição dos traços funcionais, pode indicar uma diminuição na pressão na seleção por predadores, permitindo a dominância de espécies competitivas com traços funcionais específicos (Bragin et al., 2021).

Para todas as zonas de amostragem e campanhas, observamos uma maior contribuição de indivíduos de tamanho médio, modo de alimentação D-filtrador, pelágicos, comportamento de fuga de predadores tipo natação rápida e produção de 10 ovos por ninhada, que está relacionado à dominância do gênero *Moina*. Com base nas características funcionais dos indivíduos (tamanho do corpo, modo de alimentação, habitat,

comportamento de fuga e número médio de ovos por ninhada), as variáveis limnológicas influenciaram na composição funcional da comunidade de cladóceros. A RLQ indicou uma distinção entre as zonas de amostragem, quando relacionadas as suas características limnológicas e os traços funcionais de seus indivíduos. As variáveis ambientais atuam como um filtro, selecionando características funcionais específicas dentro de um sistema aquático (De Souza Santos et al., 2024).

A caracterização das comunidades de cladóceros é importante para entendermos as relações existentes associadas as variáveis limnológicas dos ambientes. Sua composição, tanto funcional como taxonômica, tem repostas diferentes e refletem a resiliência e a resistência às condições ambientais adversas da comunidade aquática.

5. Conclusão

Neste estudo observamos relações significativas entre os traços funcionais da comunidade de cladóceros e o conjunto de variáveis limnológicas do CSG. Os traços funcionais refletiram a influência da variação das variáveis limnológicas, principalmente nas zonas mais afetadas com ações antrópicas (ao longo do CSG), quando analisados isoladamente. Indivíduos com tamanho corporal entre $>0.25\text{mm}$ e $<0.50\text{mm}$ e $>0.50\text{mm}$ e $<0.75\text{mm}$, D-filtradores, com hábito litorâneo e pelágico, de natação rápida que produzem em média 10 ovos por ninhada, foram os mais sensíveis frente as mudanças ambientais. A utilização de análises com traços funcionais de comunidades aquáticas, se tornam uma ótima ferramenta na avaliação de serviços ecossistêmicos, uma vez, que essas comunidades desempenham processos integrados e importantes em diversos níveis tróficos, como ciclagem de nutrientes, manutenção da biodiversidade, regulação climática entre outros. A compreensão do papel funcional dessas comunidades nos ambientes aquáticos, auxiliariam no conhecimento e na prevenção a perdas de biodiversidade e alterações climáticas e antrópicas.

6. Agradecimentos

Agradecemos ao Marcelo Burns, Leonardo Furlanetto e Claudio Rossano Trindade pela coleta em campo, obtendo os dados limnológicos e as amostras de Cladocera utilizadas neste estudo.

7. Referências Bibliográficas

- Albertoni, E. F., C. Palma-Silva, C. R. Trindade, L. M. Furlanetto, & Universidade Federal do Rio Grande, Brazil, 2017. Water quality of the São Gonçalo channel, urban and agricultural water supply in southern Brazil. RBRH 22:. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011716082>.
- Barnett, A. J., K. Finlay, & B. E. Beisner, 2007. Functional diversity of crustacean zooplankton communities: towards a trait-based classification. *Freshwater Biology* 52: 796–813. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01733.x>.
- Bomfim, F. D. F., F. M. Lansac-Tôha, C. C. Bonecker, & F. A. Lansac-Tôha, 2021. Determinants of zooplankton functional dissimilarity during years of El Niño and La Niña in floodplain shallow lakes. *Aquatic Sciences* 83: 41. <https://doi.org/10.1007/s00027-021-00796-6>.
- Bomfim, F. F., C. C. Bonecker, F. A. Lansac-Tôha, & T. S. Michelin, 2024. What do we know about zooplankton occurrence and distribution in Neotropical streams? A systematic review of published studies in Brazil. *Hydrobiologia* 851: 2561–2572. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05485-7>.
- Braghin, L. D. S. M., J. D. Dias, N. R. Simões, & C. C. Bonecker, 2021. Food availability, depth, and turbidity drive zooplankton functional diversity over time in a Neotropical floodplain. *Aquatic Sciences* 83: 10. <https://doi.org/10.1007/s00027-020-00763-7>.
- Branco, C. W. C., E. Fintelman-Oliveira, & V. B. Dos Santos Miranda, 2023. A review of functional approaches for the study of freshwater communities with a focus on zooplankton. *Hydrobiologia* 850: 4719–4744. <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05227-1>.
- Braz, J. E. M., J. D. Dias, C. C. Bonecker, & N. R. Simões, 2020. Oligotrophication affects the size structure and potential ecological interactions of planktonic microcrustaceans. *Aquatic Sciences* 82: 59. <https://doi.org/10.1007/s00027-020-00733-z>.
- Calvin, K., D. Dasgupta, G. Krinner, A. Mukherji, P. W. Thorne, C. Trisos, J. Romero, P. Aldunce, K. Barrett, G. Blanco, W. W. L. Cheung, S. Connors, F. Denton, A. Diongue-Niang, D. Dodman, M. Garschagen, O. Geden, B. Hayward, C. Jones, F. Jotzo, T. Krug, R. Lasco, Y.-Y. Lee, V. Masson-Delmotte, M. Meinshausen, K. Mintenbeck, A. Mokssit, F. E. L. Otto, M. Pathak, A. Pirani, E. Poloczanska, H.-O. Pörtner, A. Revi, D. C. Roberts, J. Roy, A. C. Ruane, J. Skea, P. R. Shukla, R. Slade, A. Slangen, Y. Sokona, A. A. Sörensson, M. Tignor, D. Van Vuuren, Y.-M. Wei, H. Winkler, P. Zhai, Z. Zommers, J.-C. Hourcade, F. X. Johnson, S. Pachauri, N. P. Simpson, C. Singh, A. Thomas, E. Totin,

1182 P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J.
1183 Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz,
1184 C. Xiao, N. Yassaa, A. Alegría, K. Armour, B. Bednar-Friedl, K. Blok, G. Cissé, F.
1185 Dentener, S. Eriksen, E. Fischer, G. Garner, C. Guivarch, M. Haasnoot, G. Hansen, M.
1186 Hauser, E. Hawkins, T. Hermans, R. Kopp, N. Leprince-Ringuet, J. Lewis, D. Ley, C.
1187 Ludden, L. Niamir, Z. Nicholls, S. Some, S. Szopa, B. Trewin, K.-I. Van Der Wijst, G.
1188 Winter, M. Witting, A. Birt, M. Ha, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins,
1189 A. Birt, M. Ha, D. J. A. Orendain, L. Ignon, S. Park, Y. Park, A. Reisinger, D. Cammaramo,
1190 A. Fischlin, J. S. Fuglestvedt, G. Hansen, C. Ludden, V. Masson-Delmotte, J. B. R.
1191 Matthews, K. Mintenbeck, A. Pirani, E. Poloczanska, N. Leprince-Ringuet, & C. Péan,
1192 2023. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working
1193 Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on
1194 Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva,
1195 Switzerland. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

1196 Castilho-Noll, M. S. M., G. Perbiche-Neves, N. G. Dos Santos, L. T. F. Schwind, F. M.
1197 Lansac-Tôha, A. C. S. D. Silva, B. R. D. Meira, C. Y. Joko, C. S. De Moraes-Júnior, E. E.
1198 C. Silva, E. M. Eskinazi-Sant'Anna, F. R. Oliveira, G. D. S. Santos, J. V. F. D. Silva, J. L.
1199 Portinho, K. De Araujo-Paina, L. J. Chiarelli, L. P. Diniz, L. D. S. M. Braghin, L. F. M.
1200 Velho, M. E. T. D. Souza, M. L. C. D. Silva, M. A. Rocha, M. Progenio, N. Ferreira, P. H.
1201 Cirillo, P. H. R. Morari, R. L. Arrieira, T. Mantovano, V. Gazulha, V. L. D. S. A. D. Melo,
1202 A. R. Ghidini, M. D. M. Júnior, F. A. Lansac-Tôha, C. C. Bonecker, & N. R. Simões, 2023.
1203 A review of 121 years of studies on the freshwater zooplankton of Brazil. *Limnologica*
1204 100: 126057. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2023.126057>.

1205 Coccia, C., B. A. Almeida, A. Badosa, L. P. Diniz, L. Brendonck, D. Frisch, & A. J. Green,
1206 2024. Hydroperiod length, not pond age, determines zooplankton taxonomic and functional
1207 diversity in temporary ponds. *Ecological Indicators* 159: 111632.
1208 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111632>.

1209 Da Silveira, V. R., M. H. Kunst Valentini, G. B. Dos Santos, W. C. Nadaleti, & B. M.
1210 Vieira, 2021. Assessment of the Water Quality of the Mirim Lagoon and the São Gonçalo
1211 Channel Through Qualitative Indices and Statistical Methods. *Water, Air, & Soil Pollution*
1212 232: 217. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05160-w>.

1213 De Souza Santos, G., L. P. Diniz, E. E. C. Silva, T. L. T. De Paula, P. C. S. Gomes, R. X.
1214 Calvi, B. L. Delfim, N. R. Simões, & E. M. Eskinazi-Sant'Anna, 2024. What drives
1215 zooplankton taxonomic and functional β diversity? A review of Brazilian rivers.
1216 *Hydrobiologia* 851: 1305–1318. <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05394-1>.

1217 Díaz, A. M., M. L. S. Alonso, & M. R. V. Gutiérrez, 2008. Biological traits of stream
1218 macroinvertebrates from a semi-arid catchment: patterns along complex environmental
1219 gradients. *Freshwater Biology* 53: 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01854.x>.

1221 Diniz, L. P., L. D. S. M. Braghin, T. S. A. Pinheiro, P. A. M. D. C. Melo, C. C. Bonecker,
1222 & M. D. Melo Júnior, 2021. Environmental filter drives the taxonomic and functional β -
1223 diversity of zooplankton in tropical shallow lakes. *Hydrobiologia* 848: 1881–1895.
1224 <https://doi.org/10.1007/s10750-021-04562-5>.

- 1225 Duré, G. A. V., N. R. Simões, L. D. S. M. Braghin, & S. M. M. S. Ribeiro, 2021. Effect of
1226 eutrophication on the functional diversity of zooplankton in shallow ponds in Northeast
1227 Brazil. *Journal of Plankton Research* 43: 894–907. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbab064>.
- 1228 Elmoor-Loureiro, L. M. A., & F. D. R. Sousa, 2023. Taxonomic Catalog of the Brazilian
1229 Fauna: Superorder Cladocera (Crustacea: Branchiopoda), taxonomic history, diversity and
1230 distribution. *Zoologia (Curitiba)* 40: e23020. <https://doi.org/10.1590/s1984-4689.v40.e23020>.
- 1232 Elmoor-Loureiro, L. M. A., F. D. R. Sousa, F. R. Oliveira, C. Y. Joko, G. Perbiche-Neves,
1233 A. C. S. Da Silva, A. J. Silva, A. R. Ghidini, B. R. Meira, C. E. G. Aggio, C. S. Morais-
1234 Junior, E. M. Eskinazi-Sant’Anna, F. M. Lansac-Tôha, G. S. Cabral, J. L. Portinho, J. R.
1235 Nascimento, J. V. F. Silva, L. Veado, L. J. Chiarelli, L. O. Santana, L. P. Diniz, L. S. M.
1236 Braghin, L. T. F. Schwind, M. Melo Júnior, M. Progênio, M. A. Rocha, M. L. C. Silva, M.
1237 S. M. Castilho-Noll, N. J. Silva, N. G. Dos Santos, P. H. R. Morari, P. M. Maia-Barbosa,
1238 P. M. Oliveira, R. L. Arrieira, R. L. Macêdo, S. Deosti, T. Mantovano, V. Gazulha, C. C.
1239 Bonecker, F. A. Lansac-Tôha, P. H. C. Corgosinho, L. F. M. Velho, & N. R. Simões, 2023.
1240 Towards a synthesis of the biodiversity of freshwater Protozoa, Rotifera, Cladocera, and
1241 Copepoda in Brazil. *Limnologica* 100: 126008.
1242 <https://doi.org/10.1016/j.limno.2022.126008>.
- 1243 Elmoor-Loureiro, L., 1997. Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil.
1244 Brasília: Editora Universa - UCB.
- 1245
- 1246 Fernandes, F. D. M., G. L. Collares, & R. Corteletti, 2021. A água como elemento de
1247 integração transfronteiriça: o caso da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo. *Estudos*
1248 *Avançados* 35: 59–77. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.004>.
- 1249 Figueiredo, B. M., J. B. Alves, & I. C. B. Milani, 2023. CARACTERIZAÇÃO
1250 AMBIENTAL DO CANAL SÃO GONÇALO - RS. In *Direito, Meio Ambiente e Ecologia*
1251 *Humana: contribuições para a sustentabilidade socioambiental*. Editora Científica Digital.
1252 pp. 92–108.
- 1253 Fintelman-Oliveira, E., C. Kruk, G. Lacerot, G. Klippel, & C. W. C. Branco, 2023.
1254 Zooplankton functional groups in tropical reservoirs: discriminating traits and
1255 environmental drivers. *Hydrobiologia* 850: 365–384. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05074-6>.
- 1257 García-Chicote, J., X. Armengol, & C. Rojo, 2019. Zooplankton species as indicators of
1258 trophic state in reservoirs from Mediterranean river basins. *Inland Waters* 9: 113–123.
1259 <https://doi.org/10.1080/20442041.2018.1519352>.
- 1260 Gomes, L. F., H. R. Pereira, A. C. A. M. Gomes, M. C. Vieira, P. R. Martins, I. Roitman,
1261 & L. C. G. Vieira, 2019. Zooplankton functional-approach studies in continental aquatic
1262 environments: a systematic review. *Aquatic Ecology* 53: 191–203.
1263 <https://doi.org/10.1007/s10452-019-09682-8>.
- 1264 Gazulha V, 2012. Zooplâncton límnico: manual ilustrado. 1a. Technical Books, Rio de
1265 Janeiro.

- 1266 Gonzalez-Rodriguez, E., S. V. Rodrigues, M. M. Marinho, W. F. De Carvalho, F. N. Pinto,
1267 & R. Paranhos, 2017. BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA E PRODUÇÃO PRIMÁRIA *
1268 *Gonzalez-Rodriguez, E., Rodrigues, S.V., Marinho, M.M., Carvalho, W.F., Pinto, F.N.,
1269 Paranhos, R. 2017. Biomassa fitoplanctônica e produção primária. In: Falcão, A.P.C.,
1270 Moreira, D.L. editores. Ambiente pelágico: caracterização ambiental regional da Bacia de
1271 Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 5. p. 69-87. In Ambiente
1272 Pelágico. Elsevier. pp. 69–87.
- 1273 Gouvêa, T., Zarnot, D. H., Alba, J. M. F., 2010. Caracterização geoambiental e histórico
1274 do processo de desenvolvimento da bacia da Lagoa Mirim. In: Alba, J. M. F. (Ed). Sustenta-
1275 bilidade Socioambiental da Bacia da Lagoa Mirim. Pelotas: Embrapa Clima Temperado,
1276 p. 17-28.
- 1277
1278 Guo, Y., E. H. Boughton, & J. Qiu, 2021. Interactive effects of land-use intensity, grazing
1279 and fire on decomposition of subtropical seasonal wetlands. *Ecological Indicators* 132:
1280 108301. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108301>.
- 1281 Hartmann, C., & C. Schettini, 1991. Aspectos hidrológicos na desembocadura da Laguna
1282 dos Patos, RS, *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, n.4, p. 371-377.
- 1283
1284 Hébert, M.-P., B. E. Beisner, & R. Maranger, 2017. Linking zooplankton communities to
1285 ecosystem functioning: toward an effect-trait framework. *Journal of Plankton Research* 39:
1286 3–12. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbw068>.
- 1287 Heneghan, R. F., J. D. Everett, J. L. Blanchard, P. Sykes, & A. J. Richardson, 2023.
1288 Climate-driven zooplankton shifts cause large-scale declines in food quality for fish.
1289 *Nature Climate Change* 13: 470–477. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01630-7>.
- 1290 Hong, P., B. Schmid, F. De Laender, N. Eisenhauer, X. Zhang, H. Chen, D. Craven, H. J.
1291 De Boeck, Y. Hautier, O. L. Petchey, P. B. Reich, B. Steudel, M. Striebel, M. P. Thakur,
1292 & S. Wang, 2022. Biodiversity promotes ecosystem functioning despite environmental
1293 change. *Ecology Letters* 25: 555–569. <https://doi.org/10.1111/ele.13936>.
- 1294 Kunst Valentini, M. H., G. B. Dos Santos, V. H. Duarte, H. S. Franz, H. A. S. Guedes, R.
1295 F. Romani, & B. M. Vieira, 2021. Analysis of the Influence of Water Quality Parameters
1296 in the Final WQI Result Through Statistical Correlation Methods: Mirim Lagoon, RS,
1297 Brazil, Case Study. *Water, Air, & Soil Pollution* 232: 363. [https://doi.org/10.1007/s11270-](https://doi.org/10.1007/s11270-021-05321-x)
1298 021-05321-x.
- 1299 Laliberté, E., & P. Legendre, 2010. “A distance-based framework for measuring functional
1300 diversity from multiple traits.” *Ecology* 91 (1): 299–305. [https://doi.org/10.1890/08-](https://doi.org/10.1890/08-2244.1)
1301 [2244.1](https://doi.org/10.1890/08-2244.1).
- 1302
1303 Li, Z., J. Wang, Z. Liu, X. Meng, J. Heino, X. Jiang, X. Xiong, X. Jiang, & Z. Xie, 2019.
1304 Different responses of taxonomic and functional structures of stream macroinvertebrate
1305 communities to local stressors and regional factors in a subtropical biodiversity hotspot.
1306 *Science of The Total Environment* 655: 1288–1300.
1307 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.222>.

1308 Litchman, E., M. D. Ohman, & T. Kiørboe, 2013. Trait-based approaches to zooplankton
1309 communities. *Journal of Plankton Research* 35: 473–484.
1310 <https://doi.org/10.1093/plankt/fbt019>.

1311 Lomartire, S., J. C. Marques, & A. M. M. Gonçalves, 2021. The key role of zooplankton
1312 in ecosystem services: A perspective of interaction between zooplankton and fish
1313 recruitment. *Ecological Indicators* 129: 107867.
1314 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107867>.

1315 Mammola, S., C. P. Carmona, T. Guillerme, & P. Cardoso, 2021. Concepts and
1316 applications in functional diversity. *Functional Ecology* 35: 1869–1885.
1317 <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13882>.

1318 Martins, K. P., & E. F. Albertoni, 2022. Alternance of alternative stable states influence
1319 the functional diversity of microcrustaceans in a shallow subtropical lake. *Austral Ecology*
1320 47: 1016–1028. <https://doi.org/10.1111/aec.13183>.

1321 Martins, K. P., M. G. D. S. Bandeira, C. Palma-Silva, & E. F. Albertoni, 2019.
1322 Microcrustacean metacommunities in urban temporary ponds. *Aquatic Sciences* 81: 56.
1323 <https://doi.org/10.1007/s00027-019-0655-y>.

1324 Mayfield, M. M., & J. M. Levine, 2010. Opposing effects of competitive exclusion on the
1325 phylogenetic structure of communities. *Ecology Letters* 13: 1085–1093.
1326 <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01509.x>.

1327 Mazzoni, A. C., R. Lanzer, M. M. Pires, A. Schäfer, L. Maltchik, & C. Stenert, 2023.
1328 Environmental factors are the major drivers of macroinvertebrate assemblage structure in
1329 southern Brazilian coastal lakes. *Lakes & Reservoirs: Science, Policy and Management for*
1330 *Sustainable Use* 28: e12442. <https://doi.org/10.1111/lre.12442>.

1331 Mouillot, D., N. A. J. Graham, S. Villéger, N. W. H. Mason, & D. R. Bellwood, 2013. A
1332 functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology &*
1333 *Evolution* 28: 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.004>.

1334 Nandini, S., & S. S. S. Sarma, 2023. Experimental Studies on Zooplankton-Toxic
1335 Cyanobacteria Interactions: A Review. *Toxics* 11: 176.
1336 <https://doi.org/10.3390/toxics11020176>.

1337 Oliveira, H., E. Fernandes, O. Junior, & G. Collares, 2015. Processos Hidrológicos e
1338 Hidrodinâmicos da Lagoa Mirim. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 20: 34–45.
1339 <https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p34-45>.

1340 Pietrzak, B., J. Pijanowska, & P. Dawidowicz, 2017. The effect of temperature and
1341 kairomone on *Daphnia* escape ability: a simple bioassay. *Hydrobiologia* 798: 15–23.
1342 <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2539-z>.

1343 Pomari, J., D. D. Kane, & M. G. Nogueira, 2018. Application of multiple-use indices to
1344 assess reservoirs water quality and the use of plankton community data for biomonitoring
1345 purposes. *International Journal of Hydrology* 2:.
1346 <https://doi.org/10.15406/ijh.2018.02.00065>.

- 1347 R Core Team (2024). R: A language and environment for statistical computing. R
1348 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
1349 Rizo, E. Z. C., Y. Gu, R. D. S. Papa, H. J. Dumont, & B.-P. Han, 2017. Identifying
1350 functional groups and ecological roles of tropical and subtropical freshwater Cladocera in
1351 Asia. *Hydrobiologia* 799: 83–99. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3199-y>.
- 1352 Schwarzbald, A., & A. Schäfer, 1984. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio
1353 Grande do Sul, Brasil. *Amazoniana*, 9: 87–104.
1354
- 1355 Shen, J., G. Qin, R. Yu, Y. Zhao, J. Yang, S. An, R. Liu, X. Leng, & Y. Wan, 2021.
1356 Urbanization has changed the distribution pattern of zooplankton species diversity and the
1357 structure of functional groups. *Ecological Indicators* 120: 106944.
1358 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106944>.
- 1359 Silva, J. V. F. D., L. F. M. Velho, F. A. Lansac-Tôha, & C. C. Bonecker, 2025. 30 year
1360 review of the zooplankton in three conservation units on the Upper Paraná River, Brazil,
1361 with notes for stressors, flood pulse, and public politics. *Hydrobiologia* 852: 23–42.
1362 <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05703-2>.
- 1363 Simioni, J. P. D., & Guasselli, L. A., 2017. Banhados: abordagem conceitual. *Boletim*
1364
- 1365 Simões, N. R., L. S. M. Braghin, G. A. V. Duré, J. S. Santos, S. L. Sonoda, & C. C.
1366 Bonecker, 2020. Changing taxonomic and functional β -diversity of cladoceran
1367 communities in Northeastern and South Brazil. *Hydrobiologia* 847: 3845–3856.
1368 <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04234-w>.
- 1369 Simões, N. R., J. D. Dias, C. M. Leal, L. De Souza Magalhães Braghin, F. A. Lansac-Tôha,
1370 & C. C. Bonecker, 2013. Floods control the influence of environmental gradients on the
1371 diversity of zooplankton communities in a neotropical floodplain. *Aquatic Sciences* 75:
1372 607–617. <https://doi.org/10.1007/s00027-013-0304-9>.
- 1373 Sodr , E. D. O., & R. L. Bozelli, 2019. How planktonic microcrustaceans respond to
1374 environment and affect ecosystem: a functional trait perspective. *International Aquatic*
1375 *Research* 11: 207–223. <https://doi.org/10.1007/s40071-019-0233-x>.
- 1376 Sousa, F. D. R., & L. M. A. Elmoor-Loureiro, 2019. Identification key for the Brazilian
1377 genera and species of Aloninae (Crustacea, Branchiopoda, Anomopoda, Chydoridae).
1378 *Pap is Avulsos de Zoologia* 59: e20195924. [https://doi.org/10.11606/1807-](https://doi.org/10.11606/1807-0205/2019.59.24)
1379 [0205/2019.59.24](https://doi.org/10.11606/1807-0205/2019.59.24).
- 1380 Suhett, A. L., J. M. Santangelo, R. L. Bozelli, C. E. W. Steinberg, & V. F. Farjalla, 2015.
1381 An overview of the contribution of studies with cladocerans to environmental stress
1382 research. *Acta Limnologica Brasiliensia* 27: 145–159. [https://doi.org/10.1590/S2179-](https://doi.org/10.1590/S2179-975X3414)
1383 [975X3414](https://doi.org/10.1590/S2179-975X3414).
- 1384 Villéger, S., N. W. H. Mason, & D. Mouillot, 2008. New multidimensional functional
1385 diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology* 89: 2290–
1386 2301. <https://doi.org/10.1890/07-1206.1>.
- 1387 Zebral, Y. D., B. D. P. Righi, I. S. A. Anni, A. L. V. Escarrone, M. Roza, C. E. D. Vieira,
1388 P. G. Costa, & A. Bianchini, 2021. Pollution levels and biomarker responses in

1389 zooplankton from three hydrographic regions of southern Brazil: An integrated approach
1390 for water quality monitoring. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9: 106180.
1391 <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106180>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Nossos resultados demonstraram uma forte associação das características limnológicas e a composição de traços funcionais das zonas amostradas do CSG. Verificamos que a influência das atividades antrópicas exercidas ao redor e no CSG, modificaram as variáveis limnológicas e atuaram como filtros ambientais, selecionando traços funcionais específicos. A análise de traços funcionais como o tamanho corporal, tipo de habitat, modo de alimentação, comportamento de fuga de predadores e características reprodutivas, se mostraram como bons indicadores, na resposta da comunidade frente a condições adversas.

Um estudo a longo prazo e em diferentes áreas, ao redor do CSG, por exemplo, seria essencial para tomadas de decisão para preservação e conservação deste ambiente tão importante para a Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Em relação a diversidade funcional, tanto a comunidade de cládoceros como outras comunidades aquáticas, carecem de um banco de dados específico a nível de espécie ou gênero, com traços funcionais, ligados a características de comportamento, morfológicas e fisiológicas desses organismos.

A abordagem com estudos funcionais das comunidades aquáticas pode ser usada na avaliação de serviços ecossistêmicos, uma vez que essas comunidades desempenham processos integrados e importantes em diversos níveis tróficos, como ciclagem de nutrientes, manutenção da biodiversidade, regulação climática entre outros. A compreensão do papel funcional dessas comunidades nos ambientes aquáticos, auxiliam no conhecimento e na prevenção a perdas de biodiversidade e alterações climáticas e antrópicas.