

O impacto ambiental da atividade agrícola na Reserva Biológica do Mato Grande – RS

The environmental impact of agricultural activity on the Reserva Biológica do Mato Grande – RS

Leandro de Oliveira Campelo¹ , Catiúscia Weinert Mizuschima¹ ,
Eliete Regina Bertazzo Canterle¹ , Bernardo dos Santos Vaz^{1*} 

RESUMO

A Reserva Biológica (REBIO) do Mato Grande é uma unidade de conservação localizada no município de Arroio Grande, no sul do Rio Grande do Sul. A sua zona de amortização possui 40 propriedades rurais cadastradas no sistema irrigante da Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul, das quais 82% utilizam Roundup (original e transorb), que tem como princípio ativo o glifosato. O objetivo deste trabalho foi analisar o impacto ambiental da atividade agrícola na REBIO Mato Grande por meio de marcadores de poluentes no ambiente e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em três pontos do Arroio Moreira, por ser o que mais contribui com volume hídrico. O indicador de lançamento de efluentes domésticos (alquilbenzeno linear sulfonado) não foi encontrado nas estações de coleta analisadas, o que mostra que os impactos sobre a fauna aquática não possuem contribuição significativa de atividades domésticas. Por outro lado, o marcador de atividade agrícola glifosato foi encontrado em um dos pontos (0,08 mg.L⁻¹), estando acima do valor máximo permitido (0,065 mg.L⁻¹) pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005. Ocorreu diminuição em todas as métricas biológicas analisadas (riqueza, índice de diversidade de Shannon-Wiener e abundância) e alterações dos parâmetros abióticos como oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez e sólidos totais dissolvidos. Permitindo concluir que a orizicultura contribui significativamente para a perturbação do ambiente analisado.

Palavras-chave: agricultura; agrotóxico; macrozoobentos.

ABSTRACT

The Biological Reserve (REBIO) of Mato Grande is a Conservation Unit located in the municipality of Arroio Grande, in the south of Rio Grande do Sul. Its amortization zone has forty rural properties registered in the irrigation system of the State Foundation for Environmental Protection of RS (FEPAM), of which about 82% use Roundup (original and transorb) whose active ingredient is glyphosate. The objective of this work was to analyze the environmental impact of rice growing in REBIO Mato Grande through pollutant markers in the environment and the benthic macroinvertebrate community in three points of the Arroio Moreira, as it is the one that most contributes to water volume. The indicator for the release of domestic effluents (linear sulfonated alkylbenzene - LAS) was not found in the collection stations analyzed, indicating that the impacts on aquatic fauna do not have a significant contribution from domestic activities. On the other hand, the glyphosate agricultural activity marker was found at one of the points (0.08 mg.L⁻¹) being above the maximum allowed value (0.065 mg.L⁻¹) by CONAMA Resolution No. 357/2005. There was a decrease in all biological metrics analyzed (Wealth, Shannon-Wiener diversity index and Abundance) and changes in abiotic parameters such as dissolved oxygen, conductivity, turbidity, and total dissolved solids, allowing us to conclude that rice farming contributes significantly to the disturbance of the analyzed environment.

Keywords: agriculture; pesticide; macrozoobents

INTRODUÇÃO

A Reserva Biológica (REBIO) do Mato Grande possui 5.161 ha do bioma de restinga e localiza-se no distrito de Santa Isabel, município de Arroio Grande, sul do Rio Grande do Sul. Esse conjunto ecossistêmico tem grande relevância para a conservação da avifauna associada aos ambientes alagados, de espécies ameaçadas de extinção e endêmicas, além de aves migratórias oriundas dos

Hemisférios Norte e Sul (CORREA-PEREIRA; SCHLEE JR; SOARES, 2005). Essa área sofre influência da criação extensiva de bovinocultura de corte e de leite, avicultura, efluentes domésticos, bem como de grandes quantidades de agrotóxicos em consequência da sojicultura e da rizicultura, influenciando a qualidade da REBIO do Mato Grande (base de dados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul — FEPAM).

¹Instituto Federal Sul-Rio-Grandense – Pelotas (RS), Brasil.

*Autor correspondente: bernardo@zebrafish.com.br

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: nenhum.

Recebido: 09/03/2021 - Aceito: 05/10/2021 - Reg. ABES: 20210065

O glifosato pode contaminar diversas matrizes ambientais, como a água e o solo, causando enorme risco para o meio ambiente e sendo um dos maiores problemas associados às práticas agrícolas, as quais introduzem no meio ambiente um número cada vez maior de substâncias nocivas, que alteram a dinâmica dos compartimentos ambientais (DEKNOCK *et al.*, 2018).

O alquilbenzeno linear sulfonado (LAS) é muito empregado nas formulações de detergentes de uso doméstico e industrial. Seu elevado consumo mundial tem-no tornado alvo de interesse na área de monitoramento e controle ambiental, sendo utilizado como indicador de poluição doméstica (PENTEADO *et al.*, 2006).

Os macroinvertebrados bentônicos são importantes bioindicadores utilizados para avaliar e monitorar a qualidade dos ambientes aquáticos. Vários técnicos e pesquisadores têm publicado estudos que enfatizam a relevância dos macroinvertebrados bentônicos, associados aos parâmetros físico-químicos, para o diagnóstico da saúde ambiental dos ambientes aquáticos, como Santos e Melo (2017), Negrão e Cunha (2019) e Moraes, *et al.* (2019).

O monitoramento da qualidade da água com o uso de marcadores ambientais é uma importante ferramenta para a tomada de decisões para uma gestão adequada. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos ambientais das práticas agrícolas na REBIO do Mato Grande, por meio de marcadores de poluição doméstica (LAS) e de agricultura (glifosato) e da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no Arroio Moreira, por se tratar do maior contribuinte hídrico do local.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa teve quatro etapas distintas: a primeira, documental; a segunda, *in loco*, com levantamento e coleta de material; a terceira, laboratorial; e, por último, a etapa de análise de dados. Na primeira, foi realizado um levantamento de informações inseridas no banco de dados da FEPAM, fundação pública vinculada à Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA). Analisaram-se dados do sistema irrigante de licenciamento ambiental da área objeto de estudo, referentes ao uso de agrotóxico, sistemas produtivos e estruturas físicas de apoio à produção.

A segunda etapa ocorreu *in loco*, e os pontos de coleta foram analisados previamente com imagens do Google Earth Pro além de imagens da Carta do Exército e o banco de dados hidrográficos da SEMA/RS. Em seguida, foram realizadas duas vistorias, ocorridas em 24 de abril de 2018 e 5 de julho de 2018, para reconhecimento e definição dos pontos de coleta. Assim, foram determinadas três áreas para a realização das coletas de material para levantamento de macroinvertebrados, definidas como: área 1 — REBIO do Mato Grande, localizada no município de Arroio Grande (P1), -32,120770° de Latitude, -52,682050° de Longitude (SIRGAS, 2000); área 2 — zona de amortecimento da REBIO do Mato Grande, localizada no município de Arroio Grande, à distância de 10 km da REBIO (P2), -32,009010° de Latitude, -52,687640° de Longitude (SIRGAS 2000); e área 3 — nascente, localizada no município de Pedro Osório (P3), -31,951250° de Latitude, -52,856111° de Longitude (SIRGAS 2000). Foram realizadas quatro campanhas. Nas duas primeiras se levou em consideração um período com maior e outro com menor índice pluviométrico. As duas últimas consideraram o cultivo do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) safra 2019/2020, anterior e posterior à drenagem dos canais de irrigação.

Área de estudo

Uma das 22 unidades de conservação estaduais do Rio Grande do Sul, a REBIO do Mato Grande (Figura 1) foi criada em 1975 por meio do Decreto Estadual nº 23.798, na intenção de proteger fisionomias de banhados, campos arenosos e matas de restinga. É possível verificar a configuração original do Arroio Moreira como importante fonte de alimentação hídrica do sistema fluviolacustre predominante na área dessa unidade de conservação. O Arroio Moreira está inserido na bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo e seu Plano de Manejo ainda não foi elaborado, portanto não existe, até o presente momento, enquadramento de seus recursos hídricos (SEMA, 2019).

O ponto denominado P1 está localizado na REBIO do Mato Grande. Pode-se observar *in loco* uma fisionomia campestre, com poucos fragmentos isolados de vegetação arbustiva/arbórea e, como família predominante, a Poaceae, formada por capins, gramas ou relvas. Esse ponto possui solo do tipo Organossolo e está inserido na Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) de formações pioneiras, o que sugere que essa vegetação, em tempo pretérito, foi suprimida pela ação antrópica (FEPAM, 2020). O ponto denominado P2 está localizado próximo à zona de amortecimento da REBIO do Mato Grande (raio de 10 km). Pela proximidade com P1, essa área também é abrangida pela Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) de formações pioneiras e apresenta solo do tipo Planossolo (SIG FEPAM, 2020). O local possui uma fisionomia de mata de galeria, no entanto não está preservada a área de preservação permanente (APP) de 30 m, como prevê o Código Florestal Brasileiro, porque a largura do rio é inferior a 10 m. Ele possui uma vegetação arbórea/arbustiva densa, com presença significativa de epifitismo. Foram observadas algumas espécies, como a *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (maricá), *Schinus molle* L. (aroeira-salvo), *Scutia buxifolia* Reissek (coronilha), *Sebastiania schottiana* (Müll. Arg.), Müll. Arg (Sarandi).

As coletas do ponto denominado P3 foram realizadas em uma nascente de uma propriedade no município de Pedro Osório. A APP estava preservada em um raio de aproximadamente 50 m. No entanto, fora dos limites da APP, notou-se pastagem melhorada para a atividade de bovinocultura e, em pontos mais altos, o cultivo de soja. Com relação à flora, perceberam-se *Pittosporum dulatum* Vent (Falso-incenso), que está na lista de espécies invasoras do Rio Grande do Sul de acordo com a Portaria da SEMA nº 79/2013, e *Casearia sylvestris* Sw (carvalinho). Conforme o Sistema de Informações Geográficas (SIG) FEPAM (2020), o local apresenta solo do tipo Argissolo e está inserido em fisionomia de Bioma Pampa.

Amostragem

Em cada ponto, foram tomadas amostras da água e de solo para a realização das análises físico-químicas e três réplicas de substrato (sedimento) para análises de macroinvertebrados bentônicos. As amostras de água bruta foram coletadas com balde e corda, armazenadas em frascos de vidro ou plástico, adequados e identificados para cada análise. Os frascos foram acondicionados em caixas térmicas com gelo e encaminhados para o laboratório de análises físico-químicas da estação de tratamento de água (ETA) Santa Bárbara, no Departamento de Tratamento do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP). Nesse local foram realizadas as análises, desenvolvidas de acordo com APHA (2012), com exceção do LAS, cuja análise ocorreu no laboratório do Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, conforme APHA (2012).

A metodologia empregada para os macroinvertebrados bentônicos baseou-se em Silveira, Queiroz e Boeira (2004). Foram utilizados duas puçás

de malha de 250 µm (micrômetros) e a draga do tipo Van Veen para amostras de sedimento do arroio nas áreas destacadas. O sedimento foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados com papel vegetal e lápis, pois em contato com a água os dados ficam intactos. Posteriormente, as amostras foram colocadas em caixas térmicas com gelo para se manterem refrigeradas até o local da análise. No laboratório da empresa RTbio Consultoria Ambiental, o sedimento coletado foi lavado com duas peneiras acopladas, uma com malha superior à do puçá, de 2 mm, para a remoção de folhas, galhos e resíduos maiores, e outra com malha menor, igual à do coletor, de 250 µm.

O material resultante foi selecionado e novamente acondicionado em vidros com álcool 70%, para posterior identificação. A amostra foi subdividida em pequenas partes, as quais foram diluídas em álcool 70% dentro de placas de Petri e um amostrador de acrílico. A triagem final do material aconteceu com o auxílio de uma lupa estereoscópica, com aumento de até 45 vezes. Os organismos encontrados foram retirados com pinça cirúrgica e conservados em frascos separados com álcool 70%. Eles foram identificados no menor nível taxonômico possível, de acordo com Lopretto e Tell (1995) e Fernández e Dominguez (2001). A coleção de macroinvertebrados bentônicos foi depositada na REBIO do Mato Grande.

Os macroinvertebrados bentônicos foram submetidos à análise de riqueza e abundância. A riqueza foi calculada pela somatória dos táxons identificados nas amostras por período de amostragem, e a abundância foi calculada pelo somatório dos espécimes de cada local e campanha.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') foi calculado pela Equação 1, de acordo com Magurran (1989):

$$H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i, p_i = n_i/N \quad (1)$$

Em que:

H' = índice de Shannon-Wiener;

p_i = proporção de indivíduos da i -ésima espécie;

\ln = logaritmo de base neperiano (e);

n_i = número de indivíduos amostrados para a espécie i ;

N = número total de indivíduos amostrados.

Foram atribuídos valores de H' segundo Wilhm e Dorris (1968), em que $<1,0$ foram associados a águas altamente poluídas; $H' > 3,0$, foram associados a águas não poluídas; e o intervalo de $1,0 < H' < 3,0$, foi associado a águas moderadamente poluídas.

As análises de glifosato e ácido aminometilfosfônico (AMPA) seguiram a metodologia de Morais *et al.* (2020). Para quantificar as concentrações de glifosato, 50 mL de amostras de água de cada frasco foram coletadas 48h antes da análise da água. As amostras foram coletadas em tubos de polipropileno (50 mL) e mantidas a 4°C, no escuro, até o momento da análise. Cada amostra foi analisada em triplicata por cromatografia líquida de alto desempenho com arranjo de diodo (HPLC-DAD). Uma curva de calibração de glifosato foi realizada (0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0 mg.L⁻¹; r^2 0,998), sendo os limites de detecção e quantificação de 0,005 mg.L⁻¹ e 0,0015 mg.L⁻¹, respectivamente. Os resultados foram comparados à Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e suas diretrizes ambientais para seu enquadramento.

Análise de dados

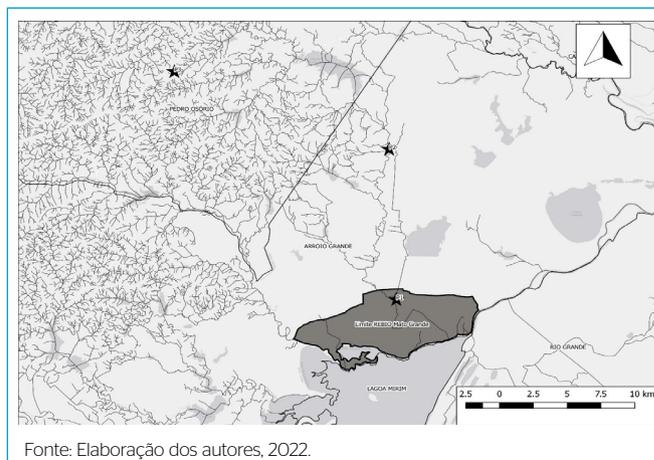
Primeiramente, foi realizado um exame exploratório dos resultados de todas as variáveis por meio de uma análise multivariada, a análise de componentes principais (PCA). Para esta, foram excluídas as variáveis que não apresentavam valores para todos os pontos de amostragem ou campanhas. Em função da falta de normalidade dos dados, foram empregadas análises estatísticas não paramétricas. Assim, foram realizados o teste de Kruskal-Wallis, com comparações de grupos pelo método de Fisher (LSD), para comparações entre pontos de coleta e campanhas, e o teste de correlação de Spearman para correlações entre dados bióticos, químicos e físicos (solo). O nível de significância considerado foi de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no *software* R 4.0.2 (2020), utilizando os pacotes agricolae (MENDIBURU, 2017), openxlsx 4.1.0 (WALKER, 2018), car (FOX; WEISBERG, 2019), FactoMineR 1.4.1 (LE; HUSSON, 2008) e factoextra 1.0.5 (KASSAMBARA; MUNDT, 2017).

RESULTADOS

Levantamento do uso e ocupação do solo da área do projeto

De acordo com a pesquisa realizada no banco de dados da FEPAM, existem 40 propriedades cadastradas no sistema irrigante. Todas são registradas em razão da obrigatoriedade do licenciamento ambiental do sistema de irrigação superficial para o cultivo de arroz, portanto não existem dados para os demais cultivos, que não são passíveis de licenciamento ambiental. Desse universo, 25 propriedades possuem atividade de bovinocultura de corte, duas possuem bovinocultura de corte e de leite, uma possui ovinocultura e outra possui avicultura concomitante à orizicultura. Observa-se que, nessas propriedades, existem outras atividades vinculadas à agricultura, como a manutenção de veículos e abastecimento.

A Figura 2 apresenta a porcentagem dos principais agrotóxicos utilizados na área de ocupação. Percebe-se uma variedade considerável de produtos químicos usada na agricultura, sendo informados 15 tipos de agrotóxicos. Apenas uma propriedade utiliza somente um tipo de agrotóxico, e as demais informaram que empregam de dois a três tipos. Do montante das 40 propriedades rurais, 82% utilizam o glifosato, seguido do clomazon (62%) e do quincloraque (50%).



Fonte: Elaboração dos autores, 2022.

Figura 1 - Reserva Biológica do Mato Grande, com os três pontos de coleta (P1, P2 e P3).

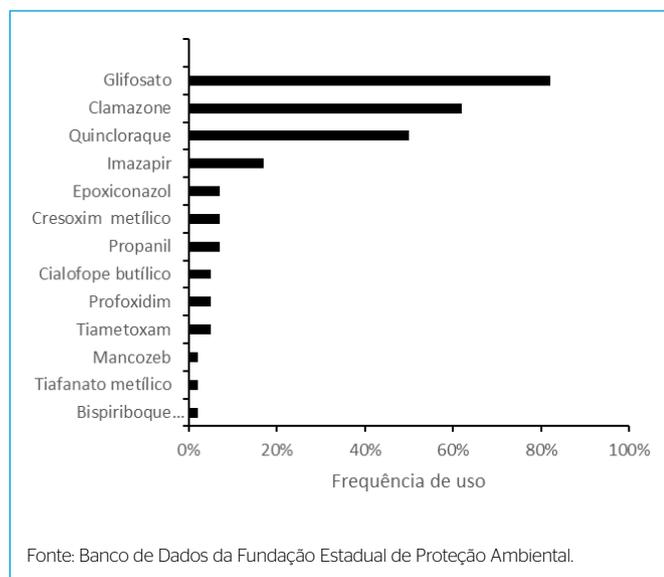


Figura 2 - Porcentagem de agrotóxicos utilizados para um universo de 40 propriedades na área de estudo.

Amostras abióticas

A Figura 3 mostra o cromatograma que indica a presença de glifosato na amostra do P2 da campanha 4. A linha em azul corresponde ao padrão de glifosato e a amostra ambiental de água em vermelho. Como padrão analítico foi utilizado o glifosato Pestanal[®] (98,6%) (C₃H₈NO₅P) [CAS n.º. 1071-83-6].

Comparou-se separadamente, na Tabela 2, a quantificação de glifosato e AMPA e a abundância dos macroinvertebrados bentônicos obtida nas campanhas 3 e 4, por terem ocorrido durante a safra 2019/2020. Além disso, nas campanhas 1 e 2 não foi possível realizar a análise do glifosato e do AMPA por problemas de infraestrutura.

Como pode ser visto na Tabela 1, existe um efeito significativo entre o glifosato e os macroinvertebrados bentônicos. Essa relação é evidenciada no P2 da campanha 4, em que a média dos organismos reduz aproximadamente 60% com a presença do respectivo herbicida. Salienta-se que o AMPA não foi detectado pela metodologia adotada. Nesse sentido, percebe-se que o mesmo ponto, na campanha 3 — ocorrida anteriormente à drenagem dos canais de irrigação — apresentou média maior de organismos.

A fauna de macroinvertebrados bentônicos presente nos três pontos de coletas e em todas as campanhas realizadas em áreas do Arroio Moreira durante o período de estudo foi composta de três filos (Annelida, Mollusca e Arthropoda) e cinco classes (Hirudinea, Oligochaeta, Gastropoda, Bivalvia e Insecta), conforme apresentado na Tabela 2. No filo Annelida foi identificada a classe Hirudinea. O filo Mollusca foi representado por organismos das classes Bivalvia (*Eupera sp.* e *Limnoperna fortunei*) e Gastropoda (*Asolene spixxi* e *Pomacea Canaliculata*). O filo Arthropoda foi representado por quatro famílias: Psephenidae, Baetidae, Calopterygidae e Chironomidae (*Diptera*); além do subfilo crustacea (gênero *Hyalella sp.*)

A maior quantidade de organismos encontrados pertence à família Chironomidae (*Diptera*). Foi observada somente no ponto 2 a espécie *Limnoperna fortunei*, que é uma das consideradas invasoras de acordo com a Portaria n.º 79/2013 da SEMA/RS. No ponto 3 só foram encontradas duas espécies, *Asolene spixxi* e *Pomacea canaliculata*, ambas da classe Gastropoda, e a família Chironomidae.

Tabela 1 - Médias da contagem total da fauna bentônica e quantificação de glifosato e ácido aminometilfosfônico nos pontos 1, 2 e 3 em relação às campanhas de coleta.

Campanhas	Total	Glifosato	AMPA
Ponto 1			
3	58,67	ab	0,00
4	62,33	a	0,00
Valor-p1	0,04166	1	1
Ponto 2			
3	64,30	a	0,00
4	38,70	ab	0,08
Valor-p	0,022	0,013	1,000
Ponto 3			
3	16,00	ab	0,00
4	29,33	a	0,00
Valor-p	0,02898	1	1

AMPA: ácido aminometilfosfônico.

1) Valor de probabilidade do teste de Kruskal-Wallis, valores iguais ou inferiores a 0,05 são considerados significativos a 5% de probabilidade.

2) Campanhas de coleta com letras iguais na coluna não diferem entre si, segundo método de Fisher (LSD) a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores, 2022.

A Tabela 3 mostra o índice de diversidade, o qual indicou “água altamente poluída” para ambas as estações. O menor índice foi verificado no P3. Quando comparado com o P2 das campanhas 3 e 4 (safra 2019/2020), percebe-se que o H' decaiu, passando de 0,73 para 0,50.

A Tabela 4 apresenta os resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados no período estudado. Destaca-se que os valores máximos de cloretos, condutividade, oxigênio consumido, turbidez e sólidos totais dissolvidos foram obtidos no P2 na campanha 4. O valor mínimo de oxigênio dissolvido foi registrado, também, nesse ponto. Em contrapartida, o valor máximo do de oxigênio foi registrado no P3 da campanha 2.

A análise dos componentes principais (ACP), considerando-se todas as campanhas, explicou 46,7% da variabilidade dos dados nos dois primeiros eixos (Figura 4). O eixo 1 explicou 27,2% dessa variabilidade e foi positivamente correlacionado com os valores de temperatura, a mais importante variável; no lado negativo desse eixo, as unidades foram ordenadas pelos maiores valores de oxigênio dissolvido. O eixo 2 explicou 19,5% da variabilidade dos dados e mostrou que, na ordenação das variáveis, esse eixo foi positivamente correlacionado com oxigênio dissolvido e temperatura e, negativamente, com sólidos totais dissolvidos. Esse eixo mostra relação positiva do ponto P2 da campanha 1, dos pontos P1 e P3 da campanha 2 e dos pontos P2 e P3 da campanha 3 com a variável de oxigênio dissolvido e com os táxons *Lepthyphidae*, *Chiramidade* e *Asolene spixxi*. Nesse eixo, as mais importantes variáveis foram temperatura e oxigênio dissolvido.

A análise da ACP mostrou que os pontos 1 e 2 da campanha 4 encontram-se separados do outro ponto dessa campanha e de todos os pontos das demais e que, na ordenação das variáveis, esse eixo foi positivamente correlacionado com sólidos totais dissolvidos e com os táxons *Eupera sp.*, *Hirudinea* e *Calopterygidae*. A ACP mostra evidências de uma relação entre os pontos coletados e a época do ano em que as coletas foram realizadas e os fatores abióticos analisados, sugerindo a importância destes no cenário ambiental estudado.

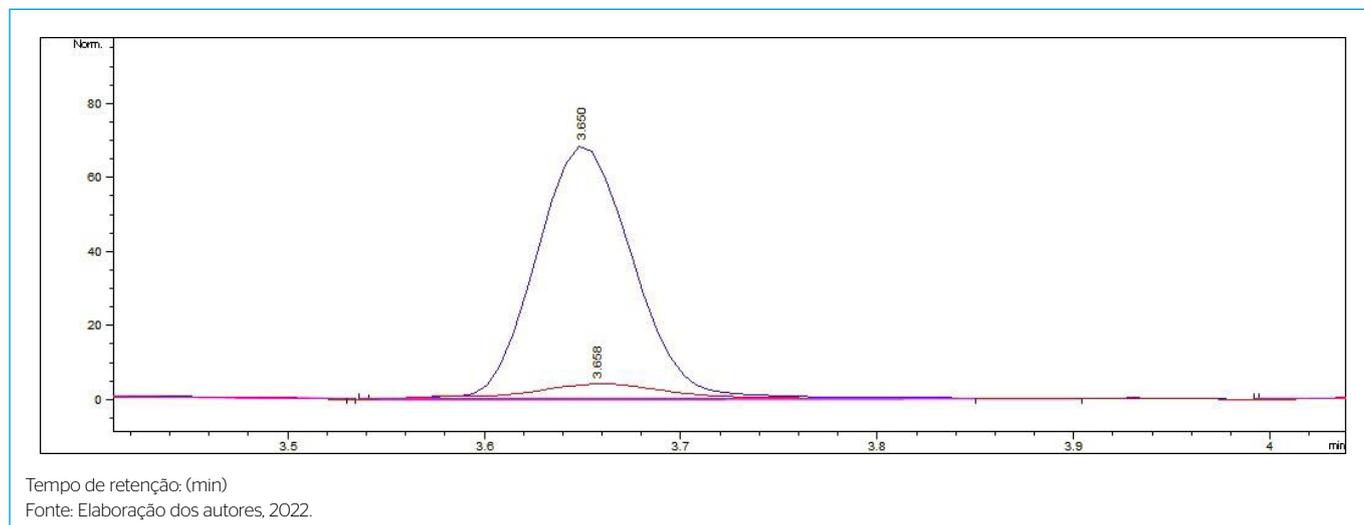


Figura 3 - Cromatograma indicando a presença de glifosato na amostra ambiental de água 1 – estão sobrepostos os picos correspondentes ao padrão de glifosato derivatizado com 9-fluorenylmethyl chloroformate (FMOC-Cl) (em azul) e à amostra ambiental de água, também derivatizada com FMOC-Cl (em vermelho).

Tabela 2 - Registro da abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos pontos 1,2 e 3 das campanhas realizadas.

Táxons	Campanha 1			Campanha 2			Campanha 3			Campanha 4		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Annelida												
Hirudinea	35,0	4,3	0,0	7,0	0,0	0,0	40,0	13,0	0,0	7,0	0,0	0,0
Bivalvia												
Eupera sp.	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0
Limnoperna fortunei	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0
Coleoptera												
Psephenidae	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Crustacea												
Hyalella sp	48,0	17,0	0,0	0,0	7,0	0,0	66,0	51,0	0,0	92,0	7,0	0,0
Diptera												
Chironomidae	12,0	49,0	7,0	78,0	0,0	0,0	8,0	51,0	11,0	78,0	76,0	0,0
Ephemeroptera												
Baetidae	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Leptohyphidae	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gastropoda												
Asolene spixii	0,0	0,0	0,0	11,0	6,0	29,0	0,0	31,0	18,0	11,0	6,0	28,0
Pomacea canaliculata	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	13,0	0,0	23,0	14,0	0,0	12,0	60,0
Odonata												
Calopterygidae	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0
Abundância por ponto	126	62	7	96	40	62	166	183	43	197	116	88,0
Riqueza	5	3	1	3	5	2	6	7	3	5	6	2
Abundância por Campanha	203			198			392			401		

Fonte: Elaboração dos autores, 2022.

Tabela 3 - Classificação do índice de diversidade de Shannon-Wiener.

Estações de Coleta	C1			C2			C3			C4		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Locais de Coleta	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
H'	0,34	0,66	0,66	0,28	0,68	0,30,	0,65	0,73	0,44	0,51	0,50	,027
Classificação	AAP	AAP	AAP		AAP	AAP	AAP		AAP	AAP		AAP

H' índice de Shannon-Wiener; associados a águas altamente poluídas (AAP).

Fonte: Elaboração dos autores, 2022.

Tabela 4 - Resultados referentes às variáveis físico-químicas das Campanhas 1, 2, 3 e 4 obtidos em todos os pontos, em amostras de água

Parâmetros	Campanha 1			Campanha 2			Campanha 3			Campanha 4		
	P1	P2	P3									
Cloretos (mg.L ⁻¹ Cl)	*	*	*	*	*	*	3,78	4,47	2,75	5,78	10,47	2,8
Condut. (µS.cm ⁻¹)	*	*	*	*	*	*	77	64,9	49,8	82	92,9	52,6
O2 dissol. (mg.L ⁻¹ L)	4,78	4,25	4,27	4,47	4,47	9,8	4,5	4,9	3,8	4,7	3,1	4,4
O2 cons. (mg.L ⁻¹)	*	*	*	*	*	*	14	10	5,2	16	14	5,2
Profun. (m)	1	1	0,2	1	1	0,2	1	1	0,2	1	1	0,2
pH	5,95	6,88	6,66	4,01	6,66	6,12	6,25	6,5	5,73	4,01	6,66	6,12
Temperatura (°C)	24/20	24/20	23/19	18/19	18/19	17/18	29/27	29/26	25/21	27/25	27/25	23/19
Turbidez (uT)	20,2	26,4	18,2	38,4	42,4	33,8	36,2	22,4	33,9	34,9	80,4	39,9
TDS (mg.L ⁻¹)	18	18	16	73	34	34	136,4	76,4	98,2	148,4	195,4	96,2

Fonte: Elaboração dos autores, 2022.

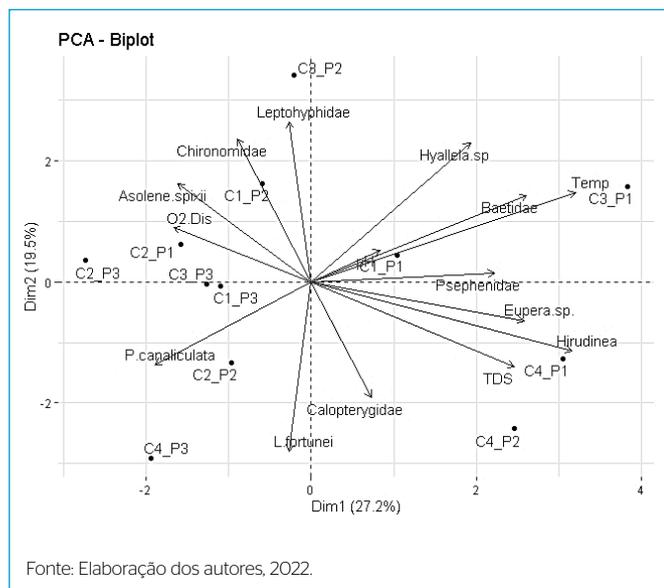


Figura 4 - Gráfico biplot de representação da análise de componentes principais, componentes 1 e 2, de resultados de experimento que analisou a macrofauna bentônica

DISCUSSÃO

Do universo das 40 propriedades rurais cadastradas no sistema irrigante da FEPAM que possuem atividades em potencial para impactar diretamente o Arroio Moreira, 82% utilizam o glifosato, 62% empregam o Clamazone e 50%, o Quinclorac. Outros sistemas produtivos aparecem informados no banco de dados em questão como atividades articuladas paralelamente à irrigação do arroz e à sojicultura, quais sejam, bovinocultura de corte e/ou de leite seguida por ovinocultura e avicultura. De acordo com Poletto *et al.* (2010), os recursos hídricos são impactados diretamente pelo uso e ocupação do solo, seja pela agricultura, seja pela pecuária ou qualquer outro sistema produtivo. A supressão da vegetação nativa e principalmente de matas ciliares é o principal fator que favorece o assoreamento dos mananciais e impacta os ecossistemas aquáticos.

O Brasil estabelece como valor máximo permitido, por meio da Resolução do CONAMA nº 357, de 2005, 0,5 mg.L⁻¹ de LAS para as substâncias tensoativas

que reagem com o azul de metileno. Em nenhum ponto foram encontrados resíduos do surfactante, o que mostra que a região estudada não sofre impacto significativo de atividades domésticas.

Os valores encontrados de pH no ponto 1, das campanhas 1, 2 e 4, ficaram fora da faixa permitida, que é de 6 a 9. Com relação aos valores de oxigênio dissolvido, todos os pontos de ambas as campanhas ficaram fora do valor estabelecido, com exceção do ponto 3 da 2ª campanha/2019. O menor valor encontrado foi o P2 da 4ª campanha, ocorrido após três dias da abertura dos canais de irrigação da propriedade que contém esse ponto de coleta. Por outro lado, o maior valor foi verificado no P3 da 2ª campanha e pode estar relacionado com as menores temperatura e profundidade. Os valores para sólidos totais dissolvidos nos pontos P1 e P2 da 4ª campanha são os maiores obtidos. Salienta-se que os sólidos totais dissolvidos no P2, na última campanha, ficaram em 39% com relação à 3ª campanha.

Os parâmetros de cloretos, turbidez e temperatura da água apresentaram resultados em conformidade com os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 357/2005. O oxigênio está relacionado com várias reações químicas que ocorrem nos ecossistemas aquáticos, e os organismos heterotróficos necessitam dele para a reprodução e para a produção energética. Algumas causas podem ser apontadas como fonte de depleção, como a oxidação de íons metálicos e da matéria orgânica e pela respiração de organismos aquáticos (ESTEVES, 2011).

Foi verificado que o P1, localizado na REBIO do Mato Grande, apresentou maior abundância de macroinvertebrados bentônicos, registrando 777 organismos, divididos em sete táxons. Destacamos a maior presença nas amostras coletadas dos táxons da família Chironomidae (370 indivíduos), representando 29% do total de organismos coletados nesse ponto ao longo desta pesquisa. O P2 também registrou com maior abundância a mesma família (118 indivíduos), correspondendo a 38% do total coletado nesse ponto. Essa família apresenta características tolerantes diante de diversos fatores de estresse ambiental, o que a torna um eficiente bioindicador de qualidade da água e de degradação ambiental (VALLE *et al.*, 2013)

Larvas da família Chironomidae possuem moléculas pequenas de hemoglobina como pigmento respiratório em sua hemolinfa, de forma a liberar o oxigênio em condições de extremo déficit (NATION, 2008). Essa característica da família Chironomidae torna-a um importante bioindicador. Com isso, ela auxilia o grupo em situações de baixa oxigenação na água, tornando-o mais resiliente a ambientes antropizados. Por esse motivo existe alta abundância

do grupo em um ambiente com pouca diversidade, conforme observamos nos pontos P1, P2, o que indica condições inadequadas de qualidade da água.

De acordo com Cranston (1995), as espécies pertencentes à família Chironomidae são pouco seletivas, sendo em sua maioria generalistas e oportunistas com relação à alimentação. Ainda, determinadas espécies dessa família, em sua fase larval, sobrevivem em situações extremas de temperatura, pH, salinidade, profundidade, velocidade de correnteza, produtividade, além de aporte considerável de matéria orgânica, de sólidos sedimentáveis e dissolvidos. Rosin e Takeda (2007) também destacam que as larvas de Chironomidae (*Diptera, Insecta*) possuem especial interesse ecológico por sua ocorrência em inúmeros habitats. Além disso, por terem boas adaptações fisiológicas, podem sobreviver em diversas condições ambientais. Isso pode explicar sua maior abundância (P1 e P2) e sua ocorrência em todos os pontos (P1, P2 e P3) diante da depleção do oxigênio dissolvido, que teve menor valor em P2 na 4ª campanha (3,1).

No P2 foi registrada a presença da espécie *Limnoperna fortunei* (16 indivíduos), considerada invasora de acordo com a Portaria nº 79/2013, da SEMA/RS. Por não ter predadores naturais, acaba se proliferando e competindo por recursos com as espécies nativas e, com isso, ocorre uma tendência a perdas de biodiversidade (DARRIGRAN; DRAGO, 2000).

No P3, que corresponde à nascente, o táxon com maior abundância foi a *Pomacea canaliculata* (107 indivíduos), representando 39% do total coletado nesse ponto. No Rio Grande do Sul, o cultivo do arroz é realizado mediante a inundação da lavoura. O plantio de arroz pré-germinado trouxe aumento da ocorrência de pragas, como caramujos (*Pomacea canaliculata*), e seu principal predador natural, o gavião-caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*), tem sido insuficiente para o controle. Parte dos agricultores acaba utilizando indiscriminadamente agrotóxicos na tentativa de exterminar pragas, causando a contaminação dos recursos hídricos (SANTOS *et al.* 2019).

No ponto 3 só foram encontrados três táxons, além da já mencionada *Pomacea canaliculata*; também ocorreu a *Asolene spixii* e a família Chironomidae, apresentando menor riqueza entre os pontos analisados.

Quanto às métricas biológicas, de maneira geral, os três pontos apresentaram valores ruins. O índice de diversidade indicou uma classificação para ambas as estações, “água altamente poluída”, confirmando o grande desequilíbrio desses ambientes. Esse índice revela se o ecossistema está em equilíbrio e se tem condições de ofertar recursos suficientes para todos os organismos existentes naquela região (SANTOS *et al.*, 2016).

Em comparação às duas últimas campanhas (C3 e C4), safra 2019/2020, que foram realizadas em um intervalo de aproximadamente três meses, percebe-se queda significativa na abundância de táxons e da diversidade ($H' 0,73$ p/ 0,0) acompanhada da diminuição do oxigênio dissolvido ($4,90 \text{ mg.L}^{-1}$ p/ $3,10 \text{ mg.L}^{-1}$), do aumento da condutividade ($64,90 \mu\text{S.cm}^{-1}$ p/ $92,90 \mu\text{S.cm}^{-1}$), da turbidez ($22,40 \text{ uT}$ p/ $80,40 \text{ uT}$) e dos sólidos totais dissolvidos ($76,40$

mg.L^{-1} p/ $195,40 \text{ mg.L}^{-1}$). Essa alteração dos parâmetros da C3 para C4 pode ser explicada pela quantificação do glifosato no P2 ($0,08 \text{ mg.L}^{-1}$), acima do valor máximo permitido ($0,065 \text{ mg.L}^{-1}$) pela Resolução do CONAMA nº 357/2005.

O glifosato é fortemente ligado ao solo e é carregado para as águas superficiais através de escoamento superficial, tendo como meia-vida valores médios de sete a 21 dias. O AMPA decompõe-se rapidamente pela bactéria *Agrobacterium radiobacter* em dióxido de carbono e amônia e resulta na lixiviação de quantidades mínimas no solo, o que pode explicar sua não detecção no P2, 4ª campanha. Outra possibilidade é a coleta ter ocorrido bem próximo à aplicação do glifosato, não tendo havido o lapso temporal para a decomposição (PENTEADO *et al.*, 2006)

CONCLUSÕES

De 40 propriedades rurais, 82% utilizam o glifosato, o que pode ser o fator da detecção e quantificação do glifosato no P2 da campanha 4.

A média dos organismos reduz aproximadamente 60% com a presença do respectivo herbicida no P2, campanha 4. As métricas biológicas (riqueza, índice de diversidade de Shannon-Wiener e abundância) e alterações significativas dos parâmetros abióticos, como oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez e dos sólidos totais dissolvidos indicam ambientes perturbados.

A região analisada não sofre impactos significativos de atividades domésticas, pois o marcador ambiental de efluentes domésticos (LAS) não foi encontrado em nenhum ponto analisado do Arroio Moreira. Por outro lado, foi detectado e quantificado ($0,08 \text{ mg.L}^{-1}$) o glifosato acima do valor máximo permitido pelo CONAMA, o que indica contaminação decorrente de atividade agrícola, possivelmente pelo uso em excesso desse herbicida e de uma má gestão ambiental da produção agrícola. A drenagem inadequada das áreas agrícolas acarreta o carregamento de fertilizantes, agrotóxicos, lodo e outras substâncias, que podem contaminar os mananciais.

Os dados deste trabalho sublinham a importância de monitoramento dos marcadores de atividade agrícola e doméstica, associados ao biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos, principalmente em unidades de conservação, tendo em vista a necessidade de conservar e disciplinar as atividades a serem implantadas em sua zona de amortecimento. Trata-se de importante ferramenta para subsidiar o plano de manejo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Campelo, L.O.: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Administração do Projeto, Software, Visualização, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. Canterle, E.R.B.: Conceituação, Metodologia. Vaz, B.S.: Conceituação, Análise Formal, Metodologia, Administração do Projeto, Supervisão, Validação, Visualização Escrita – Revisão e Edição. Mizuschima, C.W.: Investigação.

REFERÊNCIAS

ANGONESI, L.G.; BEMVENUTI, C.E.; GANDRA, M.S. Effects of dredged sediment disposal on the coastal marine macrobenthic assemblage in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, n. 2, p. 413-420, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000300005>

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 22. ed. Washington: American Public Health Association, 2012. 1360 p.

BRASIL. Lei nº. 11428/2006, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11428.htm>. Acesso em: 06 dez. 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o

seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2020

CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental. *Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental II*, Erechim, 2006. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Callisto&Moreno-2006.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2022.

CHALAR, G. Composición y abundancia del zoobentos del Arroyo Toledo (Uruguay) y su relación con la calidad de agua. *Revista Chilena de Historia Natural*, v. 67, p. 129-141, 1994. Disponível em: <http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1994/2/Chalar_1994.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2022.

CORRÊA-PEREIRA, J.; SCHLEE JR, J.M.; SOARES, J.B.; MAZIM, F. Análise ecossistêmica do Mato Grande: perspectivas de implantação da reserva biológica do Mato Grande-Arroio Grande, sul do Brasil. *Anais... III Simpósio de Áreas Protegidas*, Pelotas, Brasil, 618 p. 2005.

CRANSTON, P.S. Morphology. In: ARMITAGE, P.D.; CRANSTON, P.S.; PINDER, L.C.V. (ed.). *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. London, UK: Chapman & Hall, 1995, p. 13-30.

DARRIGRAN, G.; DRAGO, I.E. de. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *The Nautilus*, v. 114, n. 2, p. 69-73, 2000. Disponível em: <<http://www.malacologia.com.ar/MALACOLOGIA/PDF/20Darrigran%20Ezcurra%2000a.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

MORAES, C.L. de; SAAD, A.R.; AZEVEDO, F.D.A.; ROSINI, E.F. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica contribuinte do reservatório tanque grande, Guarulhos (SP), com base em macroinvertebrados bentônicos. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 10, n. 5, p. 345-359, 2019. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0030>

TONI, K.R. de; NAVA, D.; RESTELLO, R.M.; DECIAN, V.; ROVANI, I.L.; HEPP, L.U. Integridade da paisagem e sua influência sobre a composição da comunidade de Chironomidae (Diptera) em riachos de pequena ordem. *Ecologia Austral*, v. 24, n. 3, p. 335-342, 2014. <https://doi.org/10.25260/EA.14.24.3.011>

DEKNOCK, A.; NIELS, D.T.; HOUBRAKEN, M.; DOMINGUEZ-GRANDA, L.; NOLIVOS, I.; ECHELPOEL, W.V.; FORIO, M.A.E.; SPANOGHE, P.; GOETHALS, P. Distribution of agricultural pesticides in the freshwater environment of the Guayas river basin (Ecuador). *Science of The Total Environment*, v. 646, p. 996-1008, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.185>

DUKE, S.O. The history and current status of glyphosate. *Pest management science*, v. 74, n. 5, 1027-1034. doi.org/10.1002/ps.4652

ESTEVEZ, F.A. *Fundamentos de limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, 826 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. Henrique Luis Roessler/RS. Banco de dados do Licenciamento Ambiental. 2020. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/Areal/default.asp>>. Acesso em: 10 out. 2019

FERNÁNDEZ, H.R.; DOMÍNGUEZ, E. (ed.). *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Editorial Universitaria de Tucumán, 2001, 282 p.

FOX, J.; WEISBERG, S. *An R companion to applied regression*. Califórnia, EUA: Sage Publications, 2018.

ROESSELER, H.L. *Banco de dados do licenciamento ambiental*. Fundação Estadual de Proteção Ambiental, Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/Areal/default.asp>>. Acesso em: 10 out. 2019.

GLORIA, L.P.; HORN, B.C.; HILGEMANN, M. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água-iqa. *Revista Caderno Pedagógico*, v. 14, n. 1, 2017. doi.org/10.22410/issn.1983-0882.v14i1a2017.1421

HENRIQUE, J.; LUZ, J.M.R.; CARVALHO, J.J.; SILVA, J.G.D.; SILVA, J.E.C.; SANTOS, E.A. Anthropic impacts on microbiota and chemical properties of Cerrado soil through soybean cultivation. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, n. 1, p. 274-288, 2019. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n1p274>

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. Factoextra: extract and visualize the results of multivariate data analyses. *R Package*, version: 1.0.5., 2017. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>>. Acesso em: 1 jan. 2019.

LE, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008. doi.org/10.18637/jss.v025.i01

LOPRETTO, E.C.; TELL, G. (dir.). *Ecosistemas de águas continentales*. La Plata: Ediciones Sur, 1995, 3 tomos, 1401 p.

MAGURRAN, A.E. *Diversidad ecológica y su medición*. Barcelona: Vedral, 1989. 200 p.

MELO, K.R. *Macrofauna bentônica do sublitoral da Planície Costeira Bragantina*. 2008. 61 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

MENDIBURU, F. *Agricolae: statistical procedures for agricultural research*. *R Package*, version 1.2.1., 2014. Disponível em: <<https://rdrr.io/cran/agricolae/>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

MESNAGE, R.; DEFARGE, N.; VENDÔMOIS, J.S. de; SERALINI, G.E. Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. *Food and Chemical Toxicology*, v. 84, p. 133-153, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.08.012>

MORAES, S.J.; SILVA, B.F. da; ORNBERG, B.F.; CASTRO, M.R.; VAZ, S.B.; MIZUSCHIMA, W.C.; MARINS, L.F.; MARTINS, M.G.G. Zebrafish (*Danio rerio*) ability to activate ABC transporters after exposure to glyphosate and its formulation Roundup Transorb®. *Chemosphere*, v. 248, p. 125959, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125959>

NATION, J.L. *Insect physiology and biochemistry*. 2. ed. Florida: CRC Press, 2008, p. 544, 2008.

NEGRÃO, G.N.; CUNHA, M.C. Diversidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação do uso do solo e qualidade ambiental da bacia do Guabirola, Guarapuava, PR, Brasil. *Revista Geografar*, Curitiba, v. 14, n. 1, p.7-26, 2019. <https://doi.org/10.5380/geografar.v14i1.53497>

PENTEADO, J.C.P.; EL SEOUD, O.A.; CARVALHO, L.R.F. Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. *Química nova*, v. 29, n. 5, p. 1038-1046, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000500025>

POLETO, C.; CARVALHO, S.L. de; MATSUMOTO, T. Avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira (SP). *Holos Environment*, v. 10, n. 1, p. 95-110, 2010. Disponível em: <https://docplayer.com.br/52413797-Avaliacao-da-qualidade-da-agua-de-uma->

- microbacia-hidrografica-no-municipio-de-ilha-solteira-sp.html. Acesso em: 30 mai. 2022.
- R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Áustria, 2020. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. (ed.). *Fresh water biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall, 1993, 488 p.
- ROSIN, G.C.; TAKEDA, A.M. Larvas de Chironomidae (Diptera) da planície de inundação do alto rio Paraná: distribuição e composição em diferentes ambientes periódicos hidrológicos. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, v. 29, p. 57-63, 2007. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/expoartarcita.oa?id=187115768008>>. Acesso em: 30 mai. 2022.
- SANTOS, K.P. dos. *Macroinvertebrados bentônicos e parâmetros físico-químicos como indicadores da qualidade da água de microbacias utilizadas para o abastecimento público da região metropolitana de Goiânia*. 2014. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- SANTOS, L.B.; CORREIA, D.L.S.; SANTOS, J.C. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores do impacto urbano. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2016. <https://doi.org/10.24221/jeap.1.1.2016.965.34-42>
- SANTOS, M.O.; MELO, S.M. A influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de nascentes-Análise de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 2, n. 1, p. 36-43, 2017. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.1.2017.1029.36-43>
- SEMA. Portaria nº 79, de 31 de outubro de 2013. Reconhece a lista de espécies exóticas invasoras do estado do Rio Grande do Sul e demais classificação estabelece normas de controle e de outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Rio Grande do Sul, 1 nov. 2013. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/legislacao-sobrea-fauna>>. Acesso em: 2 dez. 2019.
- SISTEMA SIGFEPAM. *Versão 1.0. FEPAM-DIS*. Desenvolvido por CODEX 2020. Disponível em: <<https://gis.fepam.rs.gov.br/SigFepam/SigFepam/Index.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2019.
- SILVEIRA, M.P. *Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004, 68 p.
- SILVEIRA, M.P.; BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; NESSIMIAN, J.L.; EGLER, M. Application of biological measures for stream integrity assessment in south-east Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 101, p. 117-128, 2005. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-9141-1>
- SILVEIRA, M.P.; QUEIROZ, J.F. de.; BOEIRA, R.C. *Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos*: comunicado técnico 19. Jaguariúna: Embrapa, 2004, 7 p.
- IUCN. *Red list of threatened species*. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/>>. Acesso em: 01 out. 2019.
- VALLE, I.C.; BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F. The influence of connectivity in forest patches, and riparian vegetation width on stream macroinvertebrate fauna. *Brazilian Journal of Biology*, v. 73, p. 231-238, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842013000200002>.
- WALKER, A. Openxlsx: read, write and edit XLSX files. *R Package*, version: 4.1.0., 2018.
- WILHM, J.L.; DORRIS, T.C. Biological parameters for water quality criteria. *BioScience*, v. 18, n. 6, 1968, p. 477-481. <https://doi.org/10.2307/1294272>