



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
CIÊNCIAS AMBIENTAIS**



LEANDRO DE OLIVEIRA CAMPELO

**O IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE AGRÍCOLA NA RESERVA BIOLÓGICA
DO MATO GRANDE –RS**

**Pelotas
2021**

LEANDRO DE OLIVEIRA CAMPELO

**O IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE AGRÍCOLA NA RESERVA BIOLÓGICA
DO MATO GRANDE –RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul- Rio-grandense, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia e Ciências Ambientais.

Orientador: Dr. Bernardo dos Santos Vaz

Coorientadora: Dra. Eliete Regina Bertazzo Canterle

Pelotas 2021

Ficha Catalográfica

C193i Campelo, Leandro de Oliveira.
O Impacto Ambiental da Atividade Agrícola na Reserva Biológica do
Mato Grande - RS / Leandro de Oliveira Campelo. – 2021.
73 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Bernardo dos Santos Vaz.
Coorientadora: Profª Drª. Eliete Regina Bertazzo Canterle

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Sul-rio-grandense, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia e Ciências Ambientais, Mestrado em Engenharia e Ciências
Ambientais, Pelotas, 2021.

1. Agricultura. 2. Agrotóxico. 3. Macrozoobentos. 4. Glifosato. 5. Ácido
Aminometilfosfônico (AMPA). I. Vaz, Bernardo dos Santos. II. Canterle,
Eliete Regina Bertazzo. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSul. IV. Título.

CDD 628

Catálogo na publicação:

Bibliotecária Silvia Regina de Lima Veleza CRB 10/2038
Biblioteca IFSul - Câmpus Pelotas

LEANDRO DE OLIVEIRA CAMPELO

**O IMPACTO AMBIENTAL DA ATIVIDADE AGRÍCOLA NA RESERVA BIOLÓGICA
DOMATO GRANDE –RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul- Rio-grandense, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia e Ciências Ambientais.

Dissertação defendida e aprovada em: 25 de março de 2021

Banca examinadora:

Prof. Dr. Bernardo dos Santos Vaz
Orientador
(IFSul – Câmpus Pelotas)

Biol. Dra. Ana Lúcia Almeida Pereira
(SANEP – Divisão de Laboratório e Pesquisa)

Prof. Dra. Giani Mariza Bärwald Böhm
(IFSul – Câmpus Pelotas)

Engº. Agrônomo Dr. Maurício Sangiogo
(FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental
Henrique Luiz Roessler - RS)

Dedico este trabalho aos meus pais, Eli e Erica, e as minhas filhas Liz Helena e Lívia e a minha esposa Andreza, por todo apoio fundamental concedido durante a realização deste.

AGRADECIMENTOS

Ao Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP) pelas instalações, material e equipe técnica.

À Fundação Estadual de Proteção Ambiental do RS (FEPAM) pela disponibilização de informações do seu Banco de Dados.

Ao PPGECA - IFSul pelas instalações, material e equipe técnica.

Ao meu orientador e minha coorientadora, pelas valiosas contribuições e disponibilidade demandadas por esta pesquisa.

À colega do mestrado Catiúscia Weinert Mizuschima pela disponibilidade e execução de uma das metodologias empregadas nesta pesquisa.

À colega do mestrado Janaína Limapelo incentivopara terminar este projeto.

RESUMO

A Reserva Biológica (REBIO) de 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 quarenta propriedades rurais cadastradas no sistema irrigantes da Fundação Estadual de Proteção Ambiental do RS (FEPAM), cerca de 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 através 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 doméstico (alquilbenzeno linear sulfonado - LAS) não foi encontrado nas estações de coleta analisadas, indicando que os impactos sobre a fauna aquática não possui contribuição significativa de atividades domésticas. Por outro lado, o marcador de atividade agrícola glifosato foi encontrado em um dos pontos ($0,08 \text{ mg.L}^{-1}$) estando acima do valor máximo permitido ($0,065 \text{ mg.L}^{-1}$) pela Resolução do CONAMA nº 357/2005. Ocorreu diminuição em todas as métricas biológicas analisadas (Riqueza, Índice de diversidade de Shannon-Wiener e a Abundância) e alterações dos parâmetros abióticos como oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez e dos 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), about 82%, use Roundup (original and transorb) which has glyphosate as an active ingredient. 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 Moreira Stream, 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 N°. 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

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Rota do chiquimato das plantas.....	12
Figura 2: Dissociação do glifosato.....	13
Figura 3: Biodegradação do glifosato em Ácido aminometilfosfônico (AMPA) no solo.....	14
Figura 4: (A) (B) (C) <i>Bivalves</i> . (D) <i>Limnoperna fortunei</i> . Fonte: arquivo pessoal.....	58
Figura 5: coleta no município de Pedro Osório (nascente) (ponto 3)	59
Figura 6: Ponto de coleta (P1) dentro da Reserva Biológica do Mato Grande.....	59
Figura 7: Gráfico biplot de representação da análise de componentes principais, componentes 1 e 2, de resultados de experimento analisando a macrofauna bentônica.....	61
Figura 8: Gráfico biplot de representação da análise de componentes principais, componentes 1 e 2, de resultados de experimento analisando a macrofauna bentônica, apenas nas campanhas 3 e 4.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Coeficientes de correlação entre variáveis físico-química da água e dados de fauna bentônica.....60

Quadro 2 – Coeficientes de correlação entre variáveis físico-químicas do solo e dados de fauna bentônica.....60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos grupos de bioindicadores e suas principais características.....	6
---	---

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AMPA – Ácido aminometilfosfônico
- (ACP) - Análise dos componentes principais
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- ETA – Estação de Tratamento de Água
- FMOC-Cl – 9-cloroformato de fluorenilmetil
- HPLC – Cromatografia líquida de alta eficiência
- LAS - Alquilbenzeno linear sulfonado
- SANEP – Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas
- SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura – RS
- SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
- Tds - Sólidos totais dissolvidos
- FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS
- OD - Oxigênio Dissolvido
- pH - Potencial hidrogeniônico
- REBIO – Reserva Biológica
- RS – Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 OBJETIVO GERAL	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.2 JUSTIFICATIVA	2
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 BIOMONITORAMENTO.....	4
2.2 MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS.....	7
2.3 GLIFOSATO [N-(FOSFONOMETIL)GLICINA.....	11
2.4 LINEAR ALQUIL BENZENO SULFONATO DE SÓDIO (LAS).....	14
2.5 RIZICULTURA	15
2.6 SOJICULTURA.....	16
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
4. PRODUÇÃO CIENTÍFICA E/OU TECNOLÓGICA.....	26
4.1 ARTIGO 1:.....	26
4.1.1 IDENTIFICAÇÃO DO ARTIGO SUBMETIDO	26
4.1.2 ARTIGO SUBMETIDO	30
4.1.3 REGULAMENTO PARA APRESENTAÇÃO DE SUBMISSÕES REVISTA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.....	51
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6. APÊNDICES.....	58

1. INTRODUÇÃO

A Reserva Biológica do Mato Grande (REBIO) possui uma área de 5.161 ha do bioma de restinga localizada 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, espécies ameaçadas de extinção e endêmicas, além de aves migratórias oriundas do Hemisfério Norte e Sul. (CORREA-PEREIRA; SCHLEE JR; SOARES, 2005). Esta área sofre influência da criação extensiva de bovinocultura de corte e de leite, avicultura, efluentes domésticos, e de grandes quantidades de agrotóxicos devido à sojicultura e orizicultura, influenciando na qualidade da Reserva Biológica do Mato Grande/RS (Base de Dados da FEPAM).

O glifosato é um herbicida sistêmico, de amplo espectro e não seletivo utilizado para controlar plantas daninhas em vários ambientes. Pode contaminar diversas matrizes ambientais, como a água e o solo, causando um enorme risco para o meio ambiente, sendo um dos maiores problemas associados à práticas agrícolas, a qual introduz 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 sulfonadode Sódio (LAS) é muito empregado nas formulações de detergentes de uso doméstico e industrial. O elevado consumo mundial do LAS tem o 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 De Moraes, *et al.* (2019).

O monitoramento da qualidade da água, utilizando marcadores ambientais, é uma importante ferramenta para tomada de decisões para uma gestão adequada. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos ambientais da rizicultura na REBIO Mato Grande-RS, através de marcadores de poluição doméstica (LAS) e de agricultura (glifosato) e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no Arroio

Moreira, por se tratar do maior contribuinte hídrico do local.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os impactos ambientais da atividade agrícola na Reserva Biológica do Mato Grande-RS.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar táxons de macroinvertebrados bentônicos no Arroio Moreira;
- Investigar o uso e ocupação do solo na área da Microbacia do Arroio Moreira;
- Determinar a presença e quantificar os marcadores de atividade agrícola glifosato e Ácido aminometilfosfônico (AMPA) na coluna d' água do Arroio Moreira;
- Determinar a presença e quantificar o marcador de atividade doméstica Linear Alquilbenzeno Sulfonato de Sódio (LAS) na coluna d'água do Arroio Moreira;
- Avaliar a integridade do Arroio Moreira, considerando-se os efeitos das atividades antrópicas sobre a qualidade do mesmo;
- Fornecer subsídios para a elaboração do Plano de Manejo da Reserva Biológica do Mato Grande.

1.2 JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas a atividade agrícola vem aumentando a sua área produtiva sobre a vegetação nativa causando impactos significativos. Uma das matrizes bastante afetada é a água, sendo que várias espécies de fauna e de flora utilizam como meio de vida. É uma substância presente e necessária na composição das células dos seres vivos, como meio produtivo, econômico e social. A quantidade e qualidade têm diminuído consideravelmente, em consequência do aumento de áreas agricultáveis, do crescimento urbano e industrial.

Nesse sentido surgem as Unidades de Conservação como espaços territoriais de promoção e preservação da diversidade biológica. Um dos instrumentos utilizados por estes espaços de conservação é o Plano de Manejo. Para a sua elaboração são

necessários uma série de estudos ambientais sociais.

Para conservar e garantir a qualidade e quantidade das águas dos mananciais e de sua biodiversidade é necessário conhecer, e para isto, torna-se imprescindível à realização de análises físico-químicas e biológicas. O monitoramento da qualidade da água, utilizando a comunidade macrobentônica e concomitantemente aos parâmetros físico-químicos, é uma importante ferramenta para tomada de decisões para a gestão da Reserva Biológica do Mato Grande no Município de Arroio Grande/RS.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 BIOMONITORAMENTO

Bioindicadores são espécies ou comunidades biológicas que retrataram a condição ambiental do ecossistema correlacionada à avaliação da integridade ecológica, sendo considerados uma ferramenta ambiental utilizada para avaliar essas transformações no ambiente aquático (GOULART; CALLISTO,2003).

Foi durante a Revolução Industrial, século XIX, que utilizaram, pela primeira vez, espécies para obter indicativos das condições ambientais, quando canários foram colocados em minas de carvão como monitoramento da qualidade do ar (BUSSE *et al.*, 2003).

Os bioindicadores são organismos utilizados como ferramentas para obtenção de informações, processos, eventos ou tendências sobre uma dada realidade, servindo como instrumentos de previsão medindo, comparando e determinando decisões. Fornece informações por um determinado lapso temporal permitindo e subsidiando a avaliação de impacto ambiental e possível solução (GOMES, 2011).

A utilização de bioindicadores tem sido empregada na avaliação de impactos ambientais provocados pela ação antrópica. Os animais, plantas, microorganismos e suas complexas interações produzem diferentes respostas às modificações da paisagem, construindo informações que não só indicam a presença de poluentes, mas também como estes interagem com a natureza, proporcionando com isto, uma melhor indicação de seus impactos na qualidade dos ecossistemas. Nesse sentido, os bioindicadores fornecem informações sobre a qualidade das águas, e devem ser analisadas juntamente com análise físico-químicas (PIEDRAS, 2006).

As implicações dos contaminantes podem ser diversas dependendo dos níveis de organização biológica dos bioindicadores, obtendo efeitos bioquímicos, celulares, moleculares, até respostas em níveis de tecido, sistêmico, organismo, população, comunidade e ecossistema. Os níveis mais baixos manifestam com mais brevidade respostas aos agentes estressores, por serem mais sensíveis aos efeitos antrópicos ou naturais (SILVA *et al.*, 2007).

A escolha de um determinado bioindicador deve-se a sua sensibilidade ou tolerância a alguns parâmetros poluentes. As espécies integram as condições ambientais durante todo seu ciclo vital, de modo que a avaliação biológica é capaz de

avaliar eficientemente dados de poluição aguda ou contínua. Nesse contexto, os indicadores biológicos mostram-se muito eficientes na evidência de certos impactos ambientais, em razão de sua especificidade a determinados poluentes (BUSSE *et al.*, 2003).

As condições físicas, químicas e biológicas do ambiente como, temperatura, umidade, ventos e radiação, assim como pelas condições fisiológicas, morfológicas estruturais e nutricionais estão diretamente relacionadas com a resposta fornecida por cada bioindicador. Os bioindicadores podem agregar elementos ou substâncias como forma de resposta a eventuais desequilíbrios ambientais (DEKNOCK, 2017).

O bioindicador é considerado sensível ao agente impactante quando proporciona uma modificação significativa de seu comportamento em relação ao padrão de sua espécie. Por outro lado, o bioindicador acumulativo acumula influências naturais sem apresentar danos reconhecidos em um curto prazo. Várias classificações de bioindicadores são encontradas na literatura, como por exemplo, as relacionadas com a sensibilidade, potencial acumulativo, organismo teste, organismo monitor, autoecológicos, ecológicos, dentre outros (AMERICO, 2016).

Já AMERICO (2016), refere-se aos tipos de bioindicadores como: organismos testes, que são empregados em metodologias de laboratório padronizadas, cujos resultados são facilmente reproduzíveis; organismos monitores, aqueles utilizados em métodos de monitoramento de condições ambientais e fornecem informações específicas para o controle da poluição do ar.

Os bioindicadores podem ser de exposição, de efeito ou de susceptibilidade. Os indicadores de exposição são substâncias exógenas, ou seu metabólito, é medido no próprio organismo analisado. Reflete a dose real da substância no sítio de ação ou seu produto de biotransformação. Os indicadores de efeito são representados por alteração bioquímicas, fisiológicas ou comportamentais de um organismo que dependendo da intensidade pode ser comparada com os padrões de normalidade. Revelam alterações no organismo resultantes da ação do agente químico em qualquer tecido, órgão ou sistema. Os de susceptibilidade mostram a capacidade herdada ou adquirida de um organismo em responder à exposição a uma substância específica (AMORIM, 2003).

Os bioindicadores podem ser representados por medidas de fluidos corporais, células, tecidos ou mensurações realizadas sobre um organismo completo, indicando em termos bioquímicos, celulares, fisiológicos, compartimentais ou energéticos, a

presença de substâncias contaminantes ou a resposta do organismo ao impacto submetido(SANTOS, 2014).

É possível também classificar os bioindicadores em grupos conforme suas principais funções. A Tabela 1 apresenta exemplos de classificação de bioindicadores e suas características em relação às espécies.

Tabela 1: Descrição dos grupos de bioindicadores e suas principais características.

Grupo Bioindicador	Características das Espécies
Sentinelas	Introduzidos para indicar níveis de degradação e prever ameaças ao ecossistema
Detectores	Espécies locais que respondem a mudanças ambientais de forma mensurável.
Exploradores	Reagem positivamente a perturbações causadas pelos agentes agressores
Acumuladores	Permitem a verificação de bioacumulação de substâncias poluentes
Sensíveis	Modificam acentuadamente o comportamento sob os efeitos dos agentes agressores

Fonte: Adaptado de Barbosa *et al*, 2011.

Segundo SILVA *et al* (2017), para a escolha de um determinado bioindicador, deverão ser levadas em consideração as seguintes características: fácil amostragem; sensibilidade a pequenas variações ambientais; não prejudicial às pessoas e animais; manipulação segura; adaptação da amostragem de acordo com o ecossistema; fácil identificação taxonômica; distribuição cosmopolita; abundância numérica; baixa variabilidade genética e ecológica; grande tamanho de corpo, ciclo de vida longo, mobilidade limitada; características ecológicas conhecidas; estar associado aos grandes processos do ecossistema; evidências de que os padrões observados na categoria indicadora reflitam em outras categorias (polinizadores, predadores de sementes, parasitoides e decompositores); categorias taxonômicas mais elevadas (ordem, família, tribo e gênero) apresentando ampla distribuição geográfica e em diferentes tipos de habitats; categorias taxonômicas inferiores (espécies e subespécies) com alta especialização de forma a serem bem sensíveis a mudanças em seu habitat. A partir das informações obtidas com o biomonitoramento do ambiente, pode ser possível identificar os poluentes de origem local, regional e a

avaliação de seus efeitos e alcances. (BUSSE *et al*, 2003).

2.2 MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Os macroinvertebrados bentônicos são definidos como aqueles que ficam retidos em rede com abertura de malha entre 200 e 500µm. Os principais grupos de invertebrados bentônicos são insetos, anelídeos, moluscos e crustáceos. Estão inseridos os organismos da epifauna, que ocorrem sobre o substrato, consolidado ou inconsolidado; e da endofauna, organismos que escavam ou se encontram enterrados no sedimento ou nas rochas. Parte de seu ciclo de vida ocorre no fundo de recursos hídricos podendo ser substratos orgânicos, como folhiço e macrófitas, e em substratos inorgânicos, como areia e rochas. A distribuição destes macroinvertebrados é influenciada por diversos fatores ambientais e alimentação (SANTOS *et al*, 2014).

Os macroinvertebrados bentônicos possuem algumas características que os tornam bons bioindicadores, como: hábito sedentário, sendo representativos da área na qual foram amostrados; apresentam ciclos de vida relativamente curtos refletindo mais rapidamente as alterações do ambiente através de mudanças na estrutura das populações e comunidades; vivem e se alimentam dentro, sobre e próximo aos sedimentos, onde as toxinas tendem a acumular; apresentam alta diversidade biológica, o fornecendo uma variabilidade de respostas frente aos variados tipos de impactos ambientais; são importantes componentes dos ecossistemas aquáticos, tendo importante função no processamento de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (NIETO, 2017).

De acordo com Callistoe Goulart (2003), os bentônicos podem ser separados em três grupos principais em relação à tolerância frente às modificações ambientais:

- sensíveis, indicadores de águas de melhor qualidade, contendo representantes das ordens de insetos aquáticos Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera. Necessitam elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água e habitam ambientes com alta diversidade de habitats e microhabitat;

- tolerantes, formado por uma grande variedade de invertebrados, como moluscos, bivalves, algumas famílias de Diptera, e principalmente por representantes das ordens Heteroptera, Odonata e Coleoptera. Precisam de concentrações menores de oxigênio dissolvido, uma vez que parte dos representantes deste grupo, como os Heteroptera, adultos de Coleoptera e alguns Pulmonata (Gastropoda), utilizam o

oxigênio atmosférico. O grupo exige uma menor diversidade de habitats e microhabitats em função de que muitos organismos vivem na lâmina d'água ou interface coluna d'água-superfície;

- resistente, são aqueles extremamente complacentes a alterações no ambiente, como larvas de Chironomidae e toda a classe Oligochaeta. Sobrevivem em condição de depleção total de oxigênio por várias horas, além de serem detritívoros, alimentam-se de matéria orgânica depositada no sedimento, favorecendo a sua adaptação aos mais diversos ambientes. São organismos de hábito fossorial.

Outra forma de classificação dos macroinvertebrados está relacionada com sua estrutura organizacional considerando os seus mecanismos morfológicos e comportamentais para a obtenção de alimento. Os grupos tróficos, guildas ou grupos funcionais alimentares são definidos como um conjunto de espécies que exploram a mesma classe de recurso de forma similar. O emprego destes grupos tróficos funcionais e o conhecimento de como os organismos colonizam os habitats compõem uma ferramenta útil para a conservação dos recursos hídricos, pois pode ser usado como base para políticas e propostas de conservação e manutenção dos recursos naturais de uma determinada área. Ao longo da extensão de um rio é possível verificar diferenças na estrutura das comunidades bentônicas resultantes das alterações dos fatores físicos e da disponibilidade de nutrientes (BATISTA *et al.*, 2010).

A divisão dos grupos funcionais de insetos aquáticos foi criada por Merritt e Cummis (1996), sendo utilizada em estudos que envolvem invertebrados aquáticos. A classificação dos organismos em fragmentador, filtrador, coletor, raspador e predador foi baseada nas características morfológicas, recursos explorados e métodos para captura (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014).

Os fragmentadores são definidos como os macroinvertebrados bentônicos que se alimentam de matéria orgânica particulada grossa e partículas maiores do que um mm. Esse grupo é proeminente na cabeceira, onde prevalece a matéria orgânica particulada grossa (>1 mm) proveniente da queda de folhas e galhos da vegetação ripária. sendo proeminente neste ambiente o grupo dos fragmentadores. Este grupo processa a matéria orgânica particulada grossa e além de assimilá-la, a transforma, por fragmentação, em matéria orgânica particulada fina (50 µm a 1 mm) e ultrafina (0,5 µm a 50µm). Já os raspadores são os organismos que possuem seu aparato bucal adaptado à raspagem de perifíton aderido ao substrato. Os coletores e os filtradores alimentam-se de matéria orgânica particulada fina (MOPF), porém a diferença é que

o primeiro se alimenta da MOPF que se deposita no sedimento e o segundo da MOPF em suspensão na coluna d'água. Por último, os predadores são definidos como organismos que consomem tecido vivo de origem animal (SILVEIRA, 2004).

A proporção de cada grupo funcional no ambiente representa a integridade e as características do ecossistema aquático. Assim, no caso do desmatamento das margens de um rio, os organismos classificados como fragmentadores se tornariam menos abundantes, devido à menor disponibilidade de folhas disponíveis para alimento. Por outro lado, haveria um aumento dos organismos classificados como coletores e filtradores, em virtude de um maior aporte de matéria orgânica em suspensão provocado pela erosão das margens e assoreamento do rio. Portanto, os grupos funcionais são frequentemente utilizados em estudos de impacto ambiental dos ecossistemas aquáticos, pois fornecem uma medida sobre o que está afetando a fauna local, em função da abundância dos variados organismos que compõem a comunidade bentônica daquele ambiente em estudo (EMBRAPA, 2004).

A macrofauna bentônica tem importante função na estrutura física de seus habitats, nos processos ecológicos e biogeoquímicos de ecossistemas. Fazem uma ligação entre os produtores primários, como fitoplâncton, macroalgas e vegetação, e os produtores secundários e terciários, como peixes e crustáceos.

Quando estão se alimentando, os organismos bentônicos, convertem a matéria orgânica particulada em biomassa animal, da qual os peixes demersais se alimentam e ainda reprocessam partículas depositadas no fundo, agregando valor nutricional a este material. Realizam aeração do sedimento, ciclagem, regeneração de nutrientes e matéria orgânica, e produção de biomassa. (BEGON *et al*, 2007).

A matéria orgânica utilizada como fonte energética para invertebrados macrobentônicos pode ser encontrada em suspensão ou depositada no sedimento. A matéria orgânica sedimentar é decomposta e remineralizada, sendo disponibilizada para a biota. Outra parte fica retida nos sedimentos dependendo das condições do meio (oxidante, subanóxica ou anóxica) e da área superficial das partículas sedimentares. Trata-se da estratégia alimentar desses organismos em suspensívora ou detritívora, que está relacionada ao modo de locomoção, variando de sésseis a móveis. Os organismos suspensívoros removem partículas de alimento em suspensão por intermédio de mecanismos de captura, aprisionamento ou filtração (WAKEHAN; CANUEL, 2006).

Existe uma relação entre a ocorrência e a distribuição dos organismos da

macrofauna bentônica e as características ambientais predominantes na escala da paisagem. Fatores como as características sedimentares, disponibilidade de alimento e variações físico-químicas da água como salinidade, teor de oxigênio e temperatura influenciam diretamente na riqueza e abundância das associações macrobentônicas. Distúrbios e alterações ambientais podem refletir através dos descritores de estrutura da comunidade, resultando em variações de densidade, riqueza e na composição de espécies. Modificações nas assembléias podem ocorrer em curtos períodos e em pequenas escalas espaciais. Além disso, a hidrodinâmica e a dinâmica sedimentar está relacionada a fatores que contribuem para a variabilidade das comunidades de fundo não consolidado, e se relacionam de forma que a distribuição dos sedimentos é influenciada pela capacidade das correntes de fundo favorecerem a sedimentação, ressuspensão e transporte de sedimento, especialmente em águas rasas (CLARKE; WARWICK, 2001).

Na Grã-Bretanha em 1976 foi criado um sistema que unificou os conhecimentos sobre os índices para monitoramento da biota aquática, denominado BMWP (Biological Monitoring Working Party score system) (MONTEIRO; OLIVEIRA; GODOY, 2008).

Segundo Alba-Tercedor e Sánchez-Ortega (1988) e Junqueira e Campos (1998), este índice distribui as famílias de macroinvertebrados bentônicos em nove grupos, seguindo um gradiente de menor a maior tolerância desses organismos à poluição. No índice, a família que apresenta maior sensibilidade às alterações do ambiente recebe pontuação máxima, enquanto que a família mais resistente possui pontuação mínima. Isto permite enquadrar cada local a uma classe de qualidade, pois quanto maior esse valor, mais íntegra está a condição do meio estudado (PINTO, 2007).

Os primeiros trabalhos no Brasil com macroinvertebrados bentônicos ocorreram na década de 60 em lagoas na região amazônica por Fittkau (1971) e Reiss (1977) e na represa de Americana por Strixino (1971) e Rocha (1972). Atualmente, a maioria dos trabalhos tem sido desenvolvida em sistemas lóticos, principalmente nas regiões sul e sudeste (BAPTISTA *et al.*, 2001). Copatti, Schirmer e Machado (2010) verificaram a qualidade da água da microbacia do rio Cambará (Cruz Alta/RS) através do estudo da comunidade bentônica, com o intuito de constatar o grau de alteração das características ecológicas. Em ambientes lênticos, cita-se o trabalho de Pietras *et al.* (2006) que verificou a qualidade da Barragem Santa Barbara em Pelotas/RS, o

qual demonstrou impactos antrópicos e as modificações na diversidade da comunidade macroinvertebrados bentônicos.

2.3 GLIFOSATO [N-(FOSFONOMETIL)GLICINA

Glifosato [N-(fosfonometil)glicina] é um herbicida, pertencente ao grupo das glicinas substituídas, classificado como pós-emergente, não-seletivo e de ação sistêmica. Introduzido pela empresa norte-americana Monsanto na primeira metade da década de 1970, o glifosato (GLYPH) é um dos herbicidas mais utilizados no controle de plantas daninhas em todo mundo. Com o avanço da biotecnologia e técnicas de engenharia genética, sementes de diferentes culturas (milho, soja, algodão, entre outras) vêm sendo geneticamente modificadas para tolerar o herbicida, elevando consideravelmente o seu consumo ao longo das últimas décadas (GROSSMAN, 2015; AMARANTE *et al*, 2002).

O herbicida glifosato é mundialmente conhecido pelo nome comercial Roundup®, fabricado pela Monsanto. A empresa divulga que o glifosato não é considerado uma ameaça contaminante para água, pois em contato com o solo ou sedimento a molécula fica adsorvida, sendo então facilmente biodegradada (TELÖKEN, *et al*, 2014).

Geralmente os herbicidas a base de glifosato possuem de 36 a 48% de glifosato em sua formulação. Altos volumes de coadjuvantes (também chamados de surfactantes) são usados concomitantemente, e assim grandes quantidades destes (ou seus produtos de degradação) podem ser encontrados no meio ambiente. As formulações comerciais podem causar danos prejudiciais maiores do que o uso do glifosato sozinho. Diversos estudos negligenciam a toxicidade da formulação comercial do glifosato (MESNAGE, 2015). O GLYPH é comercializado na forma de diferentes sais, dentre eles sais de potássio, de sódio, de amônio, diamônio e isopropilamina. Com massa molecular para o ácido de 169,07 g.mol⁻¹, o GLYPH e seus sais são solúveis em água (12 g.L⁻¹ a 25°C) quase insolúveis em solventes orgânicos como acetona, etanol e xileno (AMARANTE *et al*, 2002). O mecanismo de ação do GLYPH consiste na inibição competitiva da 5-enolpiruvoil-shikimato-3-fosfato sintetase (EPSPS), uma enzima ausente em animais, essencial para a síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano em plantas. Como resultado do bloqueio da biossíntese destes aminoácidos, a planta morre com a aplicação do

herbicida (BOLOGNESI *et al*, 1997) (Figura 1).

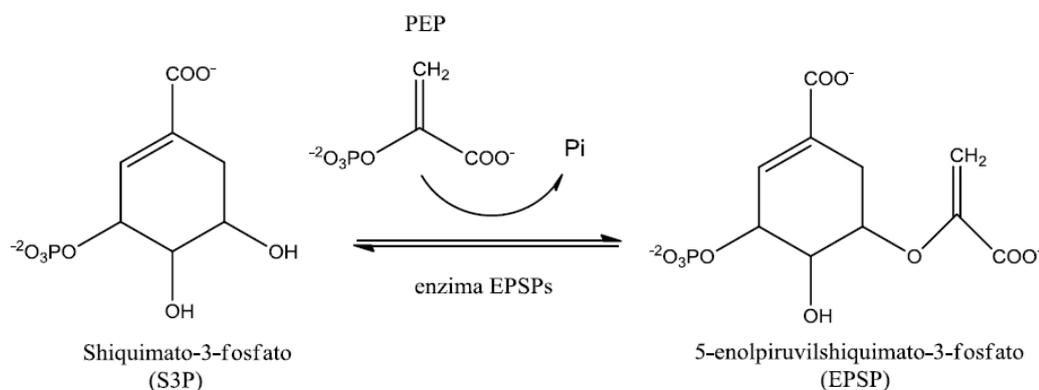


Figura 1: Rota do chiquimato das plantas, a qual é inibida pelo glifosato, acarretando a deficiência na biossíntese de compostos essenciais.

Fonte: Modificado de Schönbrunnet *et al*. 2001.

Por ser derivado de um aminoácido, o GLYPH pode apresentar comportamento zwitteriônico, ou seja, apresentar mais de um grupo funcional, onde uma região contém cargas negativas (grupo carboxila e fosfonato) e outra cargas positivas (grupo amino). Em suas ionizações, o GLYPH perde primeiro os hidrogênios ligados a oxigênios e por último o que está ligado a um nitrogênio (Figura 2).

No solo é muito rápida a degradação do glifosato sendo realizada por grande variedade de microrganismos que usam o produto como fonte de energia, fósforo, nitrogênio e carbono, por meio de duas rotas catabólicas, produzindo o Ácido aminometilfosfônico (AMPA) pela bactéria *Agrobacterium radiobacter*, como o principal metabólito (Figura 3), e sarcosina como metabólito intermediário na rota alternativa (TELÖKEN, 2014).

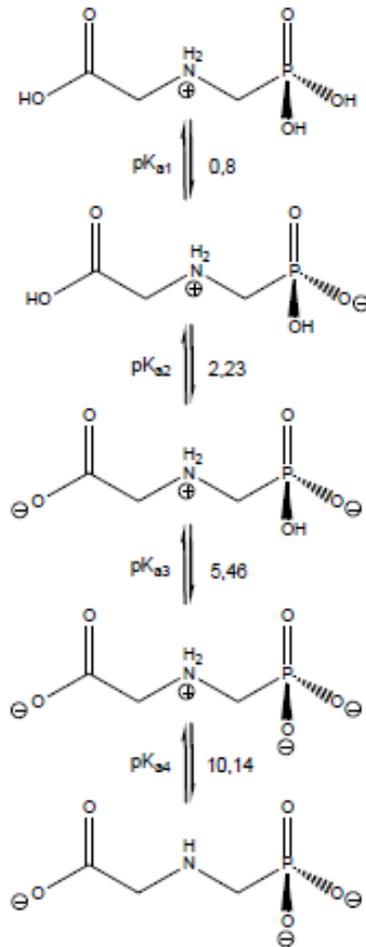


Figura 2: Dissociação do glifosato.

Fonte: Modificado de Pereira (2018)

O AMPA é principal produto da biodegradação do glifosato em sistemas naturais antes de ocorrer o processo de mineralização e a quebra do produto em complexos fosfonados (BARJA; AFONSO, 2005). Após a aplicação do glifosato, parte do herbicida não atinge o alvo, sendo sorvido em sedimentos ou partículas suspensas no solo e água, formando complexos em água com íons metálicos de Ca^{2+} , Mg^{2+} , (MORAES; ROSSI, 2010) e complexos no solo com os ácidos húmicos, íons Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , além da complexação com diversos outros metais (COUTINHO; MAZO, 2005).

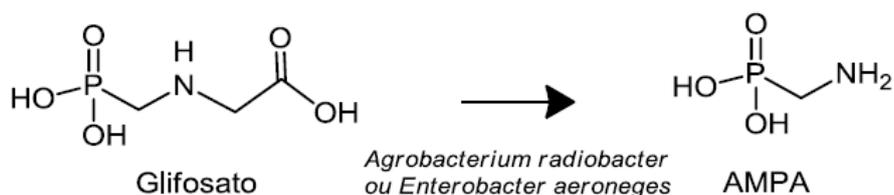


Figura 3: Biodegradação do glifosato em ácido aminometilfosfônico (AMPA) no solo.
Fonte: Modificado de AMARANTE *et al.* 2002.

Glifosato e o AMPA apresentam baixa mobilidade no solo, porém podem ser transportados por solutos ou cotransportados (ligados) aos colóides do solo. Tanto as formas dissolvidas como as particuladas podem ser movidas pela lixiviação através do solo e pelo escoamento terrestre (escoamento superficial) (BORGGAARD; GIMSING, 2008). O tempo de meia-vida do glifosato em água é mais curto que sua persistência em solo, com valores médios de 7 a 21 dias (GIESY; DOBSON; SOLOMON, 2000; PATERSON, 2004). O glifosato se liga mais fortemente aos constituintes do solo do que AMPA (DUKE; POWLES, 2008; POWLES, 2008), sendo na maioria dos solos imóvel, mas a mobilidade pode variar conforme o pH do solo. O AMPA se decompõe rapidamente, e resulta na lixiviação de quantidades mínimas no solo (GERMANO, 1992).

O glifosato se dissipa em águas superficiais rapidamente por ser adsorvido pelos sedimentos e degradado por microorganismos. Seu tempo de meia-vida em água é mais curto que sua persistência em solo (MENDONÇA, 2018). Para Paterson *et al.* (2007) o glifosato no ambiente aquático pode se encontrar com valores de meia-vida de 7 a 21 dias. A meia vida do glifosato e AMPA em ambientes aquáticos varia de 7 a 14 dias (GIESY; DOBSON; SOLOMON, 2000). Na água o sedimento desempenha um papel fundamental na degradação microbiana do glifosato pela via sarcosina e AMPA (WANG, 2016).

No território brasileiro valor máximo permitido para glifosato é de 65 mg.L⁻¹ através da Resolução do CONAMA N° 357 de 2005 (BRASIL, 2005).

2.4 LINEAR ALQUIL BENZENO SULFONATO DE SÓDIO (LAS)

Os surfactantes são amplamente utilizados em diversos setores industriais. Entre os poluentes no esgoto, estão os detergentes sintéticos, que em sua formulação são compostos basicamente de surfactantes e aditivos. O despejo de detergente no

meio ambiente pode ocorrer através de resíduos de indústrias, fábricas de sabão e detergentes e esgotos domésticos. Nesse sentido, no campo ambiental é mais comum a determinação de detergentes aniônicos, pois serve como avaliação de poluição em águas superficiais. O LAS pode gerar problemas aos ecossistemas aquáticos devido à formação de espuma, contribuindo para a dispersão de poluentes, além da inibição dos micro-organismos responsáveis pelos processos de depuração natural (GERMANO, 2011).

Os detergentes são substâncias que reduzem a tensão superficial de um líquido, sendo estes compostos, também considerados tensoativos. Eles são produtos sintéticos produzidos a partir de derivados do petróleo, começaram a ser produzidos comercialmente a partir da segunda guerra mundial, devido à escassez de óleos e gorduras necessários para fabricação de sabões(PENTEADO; MURADIAN, 2006).

Os LAS, apresentam cadeias alquílicas lineares. A biodegradação de um tensoativo LAS ocorre em duas fases, no primeiro momento existe a quebra da cadeia hidrofóbica, no segundo momento os produtos de degradação são transformados em dióxido de carbono, água e sais minerais. A sua concentração nos recursos hídricos é um indicativo de poluição por atividade doméstica, podendo ocasionar diminuição de oxigênio dissolvido, por causa da tensão superficial, diminuição da permeabilidade da luz, e devido ao excesso de espuma sobre a água, aumento de compostos xenobiótico, por solubilização micelar e dificultando sua degradação (PENTEADO; MURADIAN, 2006).

2.5 RIZICULTURA

A partir de 1970, os efeitos da Revolução Verde são observados com o crescente processo de mecanização e modernização da agricultura, e em consequência deste processo, percebe-se um aumento considerável no número de produtores voltados à orizicultura, ocasionando a ampliação na área cultivada(SOSBAI, 2014).

De acordo com EMBRAPA (2016) o ciclo biológico do arroz pode ser diferenciado em três fases, sendo:

- Fase vegetativa: que vai desde a germinação da semente até o momento em que a panícula começa a diferenciar-se;
- Fase reprodutiva: que inicia com diferenciação de primórdio da panícula e

termina com a floração (antese) completa;

- Fase de maturação: que começando na floração total, termina com a maturação total dos grãos. O conhecimento das fases e suas etapas é importante no manejo da cultura.

De acordo com IRGA (2011), nas lavouras de arroz irrigado é necessário condicionar os solos previamente ao cultivo, instalação de estradas e de acessos, remoção de detritos vegetais, sistemas de captação de água, canais de irrigação primários e secundários e sistema de drenagem adequado às condições de topografia e terreno da lavoura.

As principais estruturas necessárias são os canais de irrigação, e de drenagem, as estradas internas, pontes e bueiros, entaipamento, nivelamento da superfície do solo em nível (quadros ou talhões), ou aplainamento da superfície do solo em desnível em que a declividade do solo é mantida são estruturas básicas encontradas nas lavouras de arroz (IRGA, 2011).

A rizicultura deve ter uma gestão adequada, a qual deve levar em consideração a quantidade real dos recursos hídricos usados para irrigação, pois a falta de uma fiscalização mais intensa permite que os produtores excedam a quantidade necessária ao plantio, aplicação de agrotóxicos em excesso, estruturas físicas sem manutenção (maquinário, depósito de embalagens de agrotóxicos, lavagem de máquinas e área de tancagem) podendo ocorrer conflitos de demanda para outros usos além da contaminação dos recursos hídricos (SOSBAI, 2014).

No cultivo de arroz irrigado é comum a aplicação de agrotóxicos ou agroquímicos para controle de plantas daninhas, insetos e doenças da lavoura e o uso de adubos sintéticos. Existem uma série de recomendações técnicas e leis ambientais estaduais e federais para o uso destes agrotóxicos, no entanto, seu uso e manejo inadequados têm contribuído para o agravamento dos efeitos indesejáveis ao ambiente (SOSBAI, 2014).

2.6 SOJICULTURA

Segundo a Embrapa (2011) A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta oriunda da China, de comportamento inicialmente rasteiro foi descoberta pelo Ocidente apenas na segunda metade do século XX, quando o teor de óleo e proteína do grão começou a despertar o interesse das indústrias no mundo todo (EMBRAPA,

2005). A expansão da cultura no Brasil, começou em 1970, quando a indústria de óleo começou a ser ampliada.

O agronegócio da soja merece destaque por ser uma das principais commodities produzidas no mundo e por isso faz parte do conjunto de atividades agrícolas com maior destaque no mercado mundial. O cultivo de soja no Rio Grande do Sul tem expandido nos anos recentes, por vezes, para áreas agrícolas marginais ou com menor capacidade produtiva. Embora seja cultura plástica e com adaptação para ambientes de cultivo diversos, para alcançar desempenho agrônomo desafiador de 90 a 100 sc/ha por exemplo, a soja requer solo fértil e estruturado, com capacidade de infiltração e de armazenamento de água, além da ausência de camada compactada, doenças radiculares e nematoides. Prática agrônoma indicada para alcançar estas características é a diversificação de cultivos, através da rotação e sucessão de culturas no verão e inverno, a qual ainda propicia alternância na renda da propriedade agrícola pela diversificação de produtos colhidos. (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Gazzoni (2012) descreve o plantio direto como responsável pela redução da erosão sem gastos significativos; cultivares adequadas às condições brasileiras; correção e adubação do solo, com o uso de corretivos e fertilizantes, permitindo assim também a ocupação dos Cerrados; fixação biológica de nitrogênio, reduzindo gastos em fertilizantes nitrogenados; manejo de pragas da soja, reduzindo assim o uso de agrotóxico; manejo de plantas daninhas, que permitiu a expansão do plantio direto; mecanização agrícola, com o acesso a máquinas e implementos modernos; múltiplas safras anuais e ainda a integração lavoura, pecuária e florestas, que representa o grau máximo na escala de sustentabilidade da exploração agropecuária.

Segundo o Ministério da Agricultura (MAPA, 2018) o aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo e eficiência dos produtores. O grão é componente essencial na fabricação de rações animais e com uso crescente na alimentação humana encontra-se em franco crescimento. As práticas adotadas no cultivo da soja, desde a escolha do material que será cultivado até a colheita, são chamadas de técnicas de produção. Essas técnicas influenciam na expressão do potencial genético, bem como impactam na produtividade e qualidade da cultura.

Segundo Embrapa (2014) para o desenvolvimento do grão de soja há necessidade de quantidades ideais de nutrientes como o nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre e o cálcio. No caso de deficiência do nitrogênio resulta em menor quantidade

de proteínas e carboidratos estocados, além de afetar o crescimento e florescimento da cultura; a deficiência de potássio, resulta em menor formação de carboidratos, síntese de proteína e resistência à doenças; a deficiência de fósforo ocasiona menor desenvolvimento vegetativo, produtividade, qualidade e senescência precoce; a deficiência de enxofre resulta em menor síntese de proteína e aminoácidos sulfurados (metionina e cistina); e com a deficiência de cálcio, ocorre a morte das raízes e diminuição do crescimento.

O uso do glifosato se difundiu rapidamente, utilizado cerca de três aplicações por ciclo da cultura, para o controle de daninhas na soja dependendo do cultivar. Esta utilização intensa caracteriza uma condição de alta pressão de seleção, favorecendo a proliferação de espécies e biótipos resistentes na população. Pode ser citado os biótipos resistentes de buva (*Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis*) que surgiram já em 2005 e, em 2008, a constatação de buva (*Conyza sumatrensis*) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*) também resistentes nos de soja, tornando o manejo de plantas daninhas mais oneroso e complexo. (EMBRAPA, 20217)

De acordo com a Embrapa Soja (2017) a escolha da variedade deve ser realizada levando em consideração três quesitos: a região de cultivo, o ciclo da cultura, e a qualidade do grão. Não escolher corretamente o material a ser cultivado, têm impacto negativo na produtividade e na qualidade, pois cada variedade possui características diferentes que implicam principalmente na adaptação ao ambiente podendo acarretar sinais de não uniformidade na lavoura.

A temperatura ideal para o desenvolvimento da soja é entre 20 - 30°C, e em relação a floração é acima de 13°C. Na maturação, altas temperaturas e excesso de umidade podem contribuir para diminuição na qualidade do grão e, quando associadas a condições de baixa umidade, predispõem a danos mecânicos durante a colheita. Temperaturas baixas na fase da colheita, associadas a período chuvoso, podem provocar atraso na data da colheita, além de haste verde e retenção foliar (EMBRAPA, 2014).

A soja deve ser semeada na época adequada e com as condições climáticas adequadas, caso contrário, pode apresentar redução na produtividade, menor qualidade má formação das plantas e grãos. A população padrão recomendada pela Embrapa (2005) para a cultura da soja é de 320.000 pl.ha⁻¹. (EMBRAPA, 2014).

O manejo inadequado do solo afeta não só o plantio atual, mas também as próximas safras que serão cultivadas na propriedade. Pode acarretar em vários

transtornos para o agricultor, dos quais se destaca a erosão. Além disso, o agricultor pode causar séria degradação ao meio ambiente, podendo se transformar em complicações judiciais.

Segundo a Embrapa (2014) se adotada e conduzida adequadamente e por um longo período de tempo, essa prática melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo; auxilia no controle de plantas daninhas, doenças e pragas; repõe matéria orgânica, protege o solo da ação dos agentes climáticos além de ajudar na viabilização do sistema de semeadura direta. Proporcionando a planta, uma melhor distribuição do sistema radicular em profundidade e sendo um mecanismo que auxilia no controle de plantas invasoras e previne a incidência de pragas e doenças.

As invasoras prejudicam a cultura, porque competem pela luz solar, pela água e pelos nutrientes, dependendo do nível de infestação e da espécie de invasora pode dificultar a operação de colheita e comprometer a qualidade e produtividade dos grãos (EMBRAPA, 2003).

De acordo com a Embrapa (2014) quando as pragas atingem elevadas populações, são capazes de causar perdas significativas no rendimento da cultura e na qualidade dos grãos. As doenças é um dos principais fatores que limitam a obtenção de altos rendimentos da soja, além de prejudicar a qualidade dos grãos.

Atrasos na colheita e falhas na regulação da colhedora podem acarretar perdas de grãos, baixa produtividade e redução da qualidade da cultura. Conforme as plantas de soja se aproximam da maturação, as folhas caem, as vagens secam e os grãos tendem a perder umidade rapidamente, dessa maneira a colheita deve ser realizada quando a planta está no ponto correto, para minimizar os problemas de danos mecânicos, perdas e quebras dos grãos. (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABÍLIO, F. J. P.; RUFFO, T. L. M.; SOUZA, A. H. F. F.; FLORENTINO, H.; MEIRELES, B. N.; SANTANA, A. C. D. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. **Oecol. Bras.**, v. 11, n. 3, p. 397-409., 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. Ministério do Meio Ambiente. Fundação Roberto Marinho. **Caderno do Projeto Caminho das Águas**. 110 p. 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. Ministério do Meio Ambiente. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2013.

ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. **Caracterização e importância dos invertebrados de água continentais com ênfase nos ambientes de Rio Grande**. Laboratório de Limnologia, Instituto de Ciências Biológicas, FURG, Rio Grande, RS. 2010.

ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** v. 35, p. 257-284, 2004.

ALMEIRA-MURADIAN, L.B.; PENTEADO, M.V.C. **Vigilância sanitária - tópicos sobre legislação e análise de alimentos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

ANDRADE, C. C. **Macroinvertebrados bentônicos e fatores físicos e químicos como indicadores de qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu (SP)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. 75 p. 2009.

AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; MIRANTE, M. H. P.; BENINI, S. M. **Gestão e qualidade dos recursos hídricos: conceitos e experiências em bacias hidrográficas**. ED. ANAP, Tupã, SP. 95 p. 2016.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington, DC: APHA American Public Health Association, 2012.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Paulo: Rima. 322 p. 2003.

BAPTISTA, D. F.; BUSS, D.F. & EGLER, M. Macroinvertebrados como bioindicadores de ecossistemas aquáticos contaminados por agrotóxicos. In: PERES, F., and MOREIRA, J.C., orgs. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente** [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. p. 157-175. ISBN 85- 7541-031-8. 2003.

BARBOLA, I. F.; MORAES, M. F. P. G.; ANAZAWA, T. M.; NASCIMENTO, E. A.; SEPKA, E. R.; POLEGATO, C. M. Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório da bacia do Rio Pitangui. Paraná. Brasil. Iheringia. **Série Zoologia**. v. 101, n. 2. p.15-23, 2011.

BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M.; GALDEAN, N. The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicators of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil. **Aquatic Ecosystem Health & Management** (in press). 2000.

BICUDO, C. E. M. & BICUDO, D. C. **Amostragem em Limnologia**. São Carlos: Rima, 2 ed. 371 p.2004.

BICUDO, C.E.M. & BICUDO, D.C. **Amostragem em Limnologia**. Ed. Rima, 2ª ed., São Carlos, 371p. 2007.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F. & SILVEIRA, M. P. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblage in a river basin in South-Est Brazil. **Hydrobiologia**, v. 481, p. 125-136, 2002.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 465-473, 2003.

BRASIL. Resolução nº 357/2005, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF: Conselho Nacional Do Meio Ambiente-CONAMA. DOU nº 053, de 18 de março de 2005, páginas 58-63.

BRINKHURST, R. O. **The benthosoflakes**. London: Mac Millan, 1974. 190 p.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**,v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, J.F. Bioindicadores bentônicos. *In*: FÁBIO ROLAND, F.; CESAR, D. E MARCELA MARINHO, M. **Lições de Limnologia**. Editora Rima, 2005.

CARDINALE, B.J.; PALMER, M.A.; SWAN, C.M.; BROOKS, S. & POFF, N.L. The influence of substrate heterogeneity on biofilm metabolism in a stream ecosystem. **Ecology**, v. 83, n. 2, p. 412-422, 2002.

CARVALHO, E. M.; UIEDA, V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra Itatinga, São Paulo, Brasil. **Rv. Bras. Zoologia**,v.21, n. 2, p. 287-293, 2004.

CHARA, A. M.; CHARA, J. D.; ZÚÑIGA, M.; PEDRAZA, G. X.; GIRALDO, L. P. Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. **U. Scient.** v. 15, p. 27-36, 2010.

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 do III Simpósio de Áreas Protegidas, Pelotas**, Brasil, 618 p. 2005.

CUMMINS, K. W.; MERRIT, R. W. & ANDRADE, P. C. N. The use of invertebrate

functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**.v. 40, n. 1, p. 69-89, 2005.

DEKNOCK, A.; NIELS, D. T.; HOUBRAKEN, M.; DOMINGUEZ-GRANDA, L.; NOLIVOS, I.; ECHELHOEL, 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.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. **Cultivo do arroz irrigado no Brasil**. 2005. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/list/serie/%22cole%C3%A7%C3%A3o%20plantar%22?>. Acesso em 03 mai. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. **Soja em números** (safra 2016/2017). Paraná, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência. 3ª ed. 826 p. 2011.

FREIRE, C. F. **Impacto de diversos usos do solo sobre o ribeirão Canchim (CPPSE - EMBRAPA), São Carlos, SP**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, 79 p. 2000.

GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. **Higiene e Vigilância Sanitária dos Alimentos**. 4ed. São Paulo: Manole, 2011.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, 2003.

GAZZONI, D. L. **Sustentabilidade da soja no Brasil**. VI Congresso Brasileiro de soja. Cuiabá, 2012. Disponível em: Acesso em: 14 abr. 2021.

GUERESCHI, R. M. Macroinvertebrados bentônicos **em córregos da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, São Paulo: subsídios para monitoramento ambiental**. Tese de Doutorado em Ciências em ênfase em Ecologia. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal São Carlos, São Carlos, São Paulo. 2004. 82 p.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa-Soja, 2011.

KORB, C. C. **Identificação de depósitos tecnogênicos no reservatório Santa Bárbara, Pelotas (RS)**. Dissertação de Mestrado em Geografia, pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. 2006.

KOVALENKO, K.E; THOMAZ, S.M.; WARFE, D.M. Habitat complexity: approaches

and future directions. **Hydrobiologia**, v. 685, p. 1-17, 2012.

LÓPEZ-DOVAL, J. C.; MEIRELLES, S. T.; CARDOSO-SILVA, S.; MOSCHINI-CARLOS, V.; PÔMPEO, M. Ecological and toxicological responses in a multistressor scenario: Are monitoring programs showing the stressors or just showing stress? A case study in Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 540, p. 466-476, 2016.

MACEDO, D. R.; HUGHES, R. M. LIGEIRO, R.; FERREIRA, W. R.; CASTRO, M. A.; JUNQUEIRA, N. T.; OLIVEIRA, D. R.; FIRMIANO, K. R.; KAUFMANN, P. R.;

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil projeções do agronegócio 2016/2017 a 2026/2027**. Brasília, 2017. Disponível em: Acesso em: 14 abril 2021.

POMPEU, P. S.; CALLISTO, M. The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate richness in Cerrado biome streams. **Landscape Ecol.**, v. 29, p.1001-1016, 2014.

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

MALTCHIK, L., COSTA, E. S., BECKER, C. G.; OLIVEIRA, A. E. Inventory of wetlands of Rio Grande do Sul (Brazil). **Pesquisas: Botânica**, v. 53, p. 89-100, 2003.

MALTCHIK, L., ROLON, A. S.; GROTH, C. Diversidade de macrófitas aquáticas em áreas úmidas da Bacia do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul. **Pesquisas: Botânica**, v. 52, p. 143-154, 2002.

MORMUL, R. P.; VIEIRA, L. A.; PRESSINATTE JÚNIOR, S.; MONKOLSKI, A.; SANTOS, A. M. dos. Sucessão de invertebrados durante o processo de decomposição de duas plantas aquáticas (*Eichhornia azureae* *Polygonum ferrugineum*). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.28. p.109-115. 2006.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L. & BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Technical Books Editora, 1ª ed., Rio de Janeiro. 2010.

NEGRÃO, G. N.; CUNHA, M. C. Diversidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação do uso do solo e qualidade ambiental da bacia do Guabiroba, Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Geografar**, Curitiba, v.14, n.1, p.7-26, 2019.

NIETO, C.; OVANDO, X. M. C.; LOYOLA, R. IZQUIERDO, A.; ROMERO, F.; MOLINERI, C.; RODRÍGUEZ, J.; MARTIN, P. R.; FERNÁNDEZ, H.; MANZO, V. The role of macroinvertebrates for conservation of fresh water systems. **Revista Ecology and Evolution**. s.v., p. 5502-5513, 2017.

OLIVEIRA, A.; CALLISTO, M. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment. **Iheringia. Série Zoologia**, v.100. p.291-300. 2010.

PENTEADO, JOSÉ CARLOS P.; EL SEOUD, OMAR A.; CARVALHO, LILIAN RF. Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. **Química nova**, v. 29, n. 5, p. 1038-1046, 2006.

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

PINDER, L. C. V. Biology of fresh water Chironomidae. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 31, n.1. p.1–23. 1986.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 10., 2014. Bento Gonçalves. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria: Sociedade sul-Brasileira de Arroz Irrigado. 192 p. 2014.

RESH, H. V.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Kluwer Academic Publishers. 195-233 p. 2001.

SANEP, Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas. **Estações de Tratamento**. Disponível em: <<http://www.pelotas.rs.gov.br/sanep/estacoes-de-tratamento/>>. Acessado em 03 de agosto de 2019.

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**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 69 p. 2014.

SANTOS, I. G. A. dos.; RODRIGUES, G. G. Colonização de macroinvertebrados bentônicos em detritos foliares em um riacho de primeira ordem na Floresta Atlântica do Nordeste Brasileiro. **Série Zoologia**, v.105, p.84-93, 2015.

SILVA, D. R. O.; HERLIHYB, A. T.; HUGHESC, R. M.; CALLISTO, M. An improved macroinvertebrate multimetric index for the assessment of wadeable streams in the neotropical savanna. **Ecological Indicators**, v. 81, p. 514-525, 2017.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. **Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos**. Jaguariúna, São Paulo. 2004.

TELÖKEN, F.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Leaf degradation of *Salix humboldtiana* willd: (Salicaceae) and invertebrate colonization in a subtropical lake (Brazil). **Acta Limnologica Brasileira**, v.23. p. 30-41. 2011.

TELÖKEN, F.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Invertebrados aquáticos associados a serapilheira de *Salix humboldtiana* em um riacho subtropical. **Ecologia Austral**, v.24. p.220-228. 2014.

THORNE, R. ST. J.; WILLIAMS, W. P. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. **Freshwater Biology**, v. 37, p. 671-686, 1997.

THURPP, L. A. Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. **International Affairs**, v.76, p. 265-281. 2000.

THOMAZ, S. M.; CUNHA, E.R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages, composition and biodiversity. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 2, p. 218-236, 2010.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: Um estudo na represa Itaipu. In: HENRY, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDIBIO. p. 597-626. 1999.

TRIVINHO-STRIXINO, S; GESSNER, F. A.; CORREIA, L. Macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas das lagoas marginais da estação ecológica de Jataí (Luíz Antônio - SP). **Anais do Seminário Regional de Ecologia**. v. 8, p.1189 - 1198. 1997.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a escassez**. 2. Ed. São Paulo: Rima. 2005.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 631p. 2008.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Can J Fish Aquat Sci.**, v. 37, p. 130-137, 1980.

VILLAMARÍN, C.; RIERADEVALL, M.; PAUL, M. J.; BARBOUR, M.T.; PRAT, N. A tool to assess the ecological condition of tropical high Andean streams in Ecuador and Peru: The IMEERA index. **Ecological Indicators**, v. 29, p. 79–92, 2013.

WILHM, J.; DORRIS, T. Biological parameters for water quality criteria. **Biological Science**, v. 18, n. 6. p. 477-481, 1968.

WINCKLER, L. T.; GÜTHS, A. K. & GAYER, P. R. Benthic macroinvertebrates and degradation of phytomass as indicators of ecosystem functions in flooded rice cropping. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 4, p. 261-270, 2017.

4. PRODUÇÃO CIENTÍFICA E/OUTECNOLÓGICA

4.1 ARTIGO 1:

4.1.1 IDENTIFICAÇÃO DO ARTIGO SUBMETIDO

REVISTA – ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

TÍTULO: O IMPACTO AMBIENTAL DA RIZICULTURA NA RESERVA BIOLÓGICA DO MATO GRANDE –RS

AUTORES: Leandro de Oliveira Campelo¹, Bernardo dos Santos Vaz², Eliete Regina Bertazzo Canterle³

RESUMO

A Reserva Biológica (REBIO) de 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 quarenta propriedades rurais cadastradas no sistema irrigantes da Fundação Estadual de Proteção Ambiental do RS (FEPAM), cerca de 82%, utilizam Roundup (original e transorb) que tem como princípio ativo o glifosato. O objetivo deste trabalho foi analisar o impacto ambiental da rizicultura na REBIO Mato Grande através 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 doméstico (alquilbenzeno linear sulfonado de sódio - LAS) não foi encontrado nas estações de coleta analisadas, indicando 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 ($0,08 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) estando acima do valor máximo permitido ($0,065 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) pela Resolução do CONAMA nº 357/2005. Ocorreu diminuição em todas as métricas biológicas analisadas (Riqueza, Índice de diversidade de Shannon-Wiener e a Abundância) e alterações dos parâmetros abióticos como oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez e dos sólidos totais dissolvidos. Permitindo concluir que a orizicultura contribui significativamente para a perturbação do ambiente analisado.

ScholarOne Manuscripts™ Bernardo Vaz ▾ English (US) ▾ Instructions & Forms Help

 Engenharia Sanitária e Ambiental

[Home](#) [Author](#)

[Author Dashboard](#) / [Submission Confirmation](#)

Submission Confirmation

Thank you for your submission

Submitted to Engenharia Sanitária e Ambiental

Manuscript ID ESA-2021-0065

Title O Impacto ambiental da rizicultura na Reserva Biológica de Mato grande –RS

Authors CAMPELO, LEANDRO DE Vaz, Bernardo

Date Submitted 09-Mar-2021

[Author D](#)

Palavras-chave: Rizicultura. Glifosato. Macrozoobentos.

SCHOLARONE™

 Clarivate
Analytics

© Clarivate Analytics | © ScholarOne, Inc., 2021. All Rights Reserved.
ScholarOne Manuscripts and ScholarOne are registered trademarks of ScholarOne, Inc.
ScholarOne Manuscripts Patents #7,257,767 and #7,263,655.

[@ScholarOneNews](#) | [System Requirements](#) | [Privacy Statement](#) | [Terms of Use](#)

engenharia sanitária e ambiental

O impacto ambiental da rizicultura na Reserva Biológica de Mato grande –RS

Journal:	<i>Engenharia Sanitária e Ambiental</i>
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Type:	Technical Article
Keyword:	Rice culture, Glyphosate, Macrozoobents

SCHOLARONE™
Manuscripts

1
2
3
4 31 forty rural properties registered in the irrigation system of the State Foundation for
5 32 Environmental Protection of RS (FEPAM), about 82%, use Roundup (original and transorb)
6 33 which has glyphosate as an active ingredient. The objective of this work was to analyze the
7 34 environmental impact of rice growing in REBIO Mato Grande through pollutant markers in
8 35 the environment and the benthic macroinvertebrate community in three points of the Moreira
9 36 Stream, as it is the one that most contributes to water volume. The indicator for the release of
10 37 domestic effluents (linear sulfonated alkylbenzene - LAS) was not found in the collection
11 38 stations analyzed, indicating that the impacts on aquatic fauna do not have a significant
12 39 contribution from domestic activities. On the other hand, the glyphosate agricultural activity
13 40 marker was found at one of the points (0.08 mg * L-1) being above the maximum allowed
14 41 value (0.065 mg * L-1) by CONAMA Resolution N°. 357/2005. There was a decrease in all
15 42 biological metrics analyzed (Wealth, Shannon-Wiener diversity index and Abundance) and
16 43 changes in abiotic parameters such as dissolved oxygen, conductivity, turbidity and total
17 44 dissolved solids, allowing us to conclude that rice farming contributes significantly to the
18 45 disturbance of the analyzed environment.

19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31 46 **Keywords:** Rice culture. Glyphosate. Macrozoobents

32 33 34 35 48 **O impacto da rizicultura na REBIO do** 36 37 49 **Mato grande –RS**

38 39 40 41 51 **INTRODUÇÃO**

42
43
44
45
46 53 A Reserva Biológica do Mato Grande (REBIO) possui uma área de 5.161 ha do bioma
47 54 de restinga localizada no Distrito de Santa Isabel, município de Arroio Grande, sul do Rio
48 55 Grande do Sul. Esse conjunto ecossistêmico tem grande relevância para a conservação da
49 56 avifauna associada aos ambientes alagados, espécies ameaçadas de extinção e endêmicas,
50 57 além de aves migratórias oriundas do Hemisfério Norte e Sul. (CORREA-PEREIRA;
51 58 SCHLEE JR; SOARES, 2005). Esta área sofre influência da criação extensiva de
52 59 bovinocultura de corte e de leite, avicultura, efluentes domésticos, e de grandes quantidades
53 60 de agrotóxicos devido à sojicultura e orizicultura, influenciando na qualidade da Reserva
54 61 Biológica do Mato Grande/RS (Base de Dados da FEPAM).

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

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

67 O alquilbenzeno linear sulfonado é muito empregado nas formulações de detergentes
68 de uso doméstico e industrial. O elevado consumo mundial do LAS tem o tornado alvo de
69 interesse na área de monitoramento e controle ambiental, sendo utilizados como indicadores
70 de poluição doméstica. (PENTEADO *et al.*, 2006).

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

76 O monitoramento da qualidade da água, utilizando marcadores ambientais, é uma
77 importante ferramenta para tomada de decisões para uma gestão adequada. Diante disso, o
78 objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos ambientais da rizicultura na REBIO Mato
79 Grande-RS, através de marcadores de poluição doméstica (LAS) e de agricultura (glifosato) e
80 a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no Arroio Moreira, por se tratar do maior
81 contribuinte hídrico do local.

82

83 MATERIAL E MÉTODOS

84

85 A presente pesquisa teve quatro etapas distintas sendo: a primeira documental; a
86 segunda, *in loco*, levantamento e coleta de material; laboratorial; e por último, análise de
87 dados. Na primeira etapa foi realizado um levantamento de informações inseridas no Banco
88 de Dados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental – RS (FEPAM), fundação pública
89 vinculada à Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA).
90 Analisou-se dados do sistema irrigantes de licenciamento ambiental da área objeto de estudo,
91 referentes ao uso de agrotóxico, sistemas produtivos e estruturas físicas de apoio à produção.

92 A segunda etapa ocorreu *in loco*, sendo que os pontos de coleta foram analisados
93 previamente com imagens do Google Earth Pro juntamente com imagens da Carta do Exército

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

94 e o banco de dados hidrográficos da SEMA/RS. Após foram realizadas duas vistorias,
95 ocorridas em 24/04/2018 e 05/07/2018, para reconhecimento e definição dos pontos de coleta.
96 Assim, foram definidas três áreas para realização das coletas de material para levantamento de
97 macroinvertebrados, definidas como área 1: Reserva Biológica do Mato Grande, localizada no
98 município de Arroio Grande (P1), -32,120770° de Latitude -52,682050° de Longitude
99 (SIRGAS 2000) ; 2: Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Mato Grande,
100 localizada no município de Arroio Grande a uma distância de 10 km da Reserva Biológica do
101 Mato Grande (P2) -32,009010° de Latitude, -52,687640° de Longitude (SIRGAS 2000); e 3:
102 nascente, localizada no município de Pedro Osório (P3) -31,951250° de Latitude, -52,856111°
103 de Longitude (SIRGAS 2000). Foram realizadas quatro campanhas, sendo as duas primeiras
104 levou-se em consideração um período com maior e menor índice pluviométrico. As duas
105 últimas consideraram o cultivo do arroz irrigado (*Oryza sativa L.*) SAFRA 2019/2020,
106 anterior e posterior a drenagem dos canais de irrigação.

107

108 **Área de estudo**

109

110 Uma das 22 unidades de conservação estaduais do Rio Grande do Sul, a Reserva
111 Biológica do Mato Grande foi criada em 1975, por meio do Decreto Estadual nº 23.798 na
112 intenção de proteger fisionomias de banhados, campos arenosos e matas de restinga. É
113 possível verificar a configuração original do Arroio Moreira como importante fonte de
114 alimentação hídrica do sistema flúvio-lacustre predominante na área desta Unidade de
115 Conservação. O Arroio Moreira está inserido na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo,
116 sendo que seu Plano de Manejo ainda não foi elaborado, portanto não existe, até o presente
117 momento, enquadramento de seus recursos hídricos (SEMA, 2019).

118 O ponto denominado (P1) está localizado dentro da Reserva Biológica do Mato
119 Grande. Pode-se observar *in loco* uma fisionomia campestre, percebendo-se poucos
120 fragmentos isolados de vegetação arbustiva/arbórea, tendo como família predominante a
121 Poaceae, sendo formada por capins, gramas ou relvas. Esse ponto possui solo é do tipo
122 Organossolo, e está inserida dentro da Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) de
123 formações pioneiras, o que sugere que esta vegetação em tempo pretérito foi suprimida pela
124 ação antrópica (FEPAM, 2020).

125

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

94 e o banco de dados hidrográficos da SEMA/RS. Após foram realizadas duas vistorias,
95 ocorridas em 24/04/2018 e 05/07/2018, para reconhecimento e definição dos pontos de coleta.
96 Assim, foram definidas três áreas para realização das coletas de material para levantamento de
97 macroinvertebrados, definidas como área 1: Reserva Biológica do Mato Grande, localizada no
98 município de Arroio Grande (P1), -32,120770° de Latitude -52,682050° de Longitude
99 (SIRGAS 2000) ; 2: Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Mato Grande,
100 localizada no município de Arroio Grande a uma distância de 10 km da Reserva Biológica do
101 Mato Grande (P2) -32,009010° de Latitude, -52,687640° de Longitude (SIRGAS 2000); e 3:
102 nascente, localizada no município de Pedro Osório (P3) -31,951250° de Latitude, -52,856111°
103 de Longitude (SIRGAS 2000). Foram realizadas quatro campanhas, sendo as duas primeiras
104 levou-se em consideração um período com maior e menor índice pluviométrico. As duas
105 últimas consideraram o cultivo do arroz irrigado (*Oryza sativa L.*) SAFRA 2019/2020,
106 anterior e posterior a drenagem dos canais de irrigação.

107

108 **Área de estudo**

109

110 Uma das 22 unidades de conservação estaduais do Rio Grande do Sul, a Reserva
111 Biológica do Mato Grande foi criada em 1975, por meio do Decreto Estadual nº 23.798 na
112 intenção de proteger fisionomias de banhados, campos arenosos e matas de restinga. É
113 possível verificar a configuração original do Arroio Moreira como importante fonte de
114 alimentação hídrica do sistema flúvio-lacustre predominante na área desta Unidade de
115 Conservação. O Arroio Moreira está inserido na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo,
116 sendo que seu Plano de Manejo ainda não foi elaborado, portanto não existe, até o presente
117 momento, enquadramento de seus recursos hídricos (SEMA, 2019).

118 O ponto denominado (P1) está localizado dentro da Reserva Biológica do Mato
119 Grande. Pode-se observar *in loco* uma fisionomia campestre, percebendo-se poucos
120 fragmentos isolados de vegetação arbustiva/arbórea, tendo como família predominante a
121 Poaceae, sendo formada por capins, gramas ou relvas. Esse ponto possui solo é do tipo
122 Organossolo, e está inserida dentro da Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) de
123 formações pioneiras, o que sugere que esta vegetação em tempo pretérito foi suprimida pela
124 ação antrópica (FEPAM, 2020).

125

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

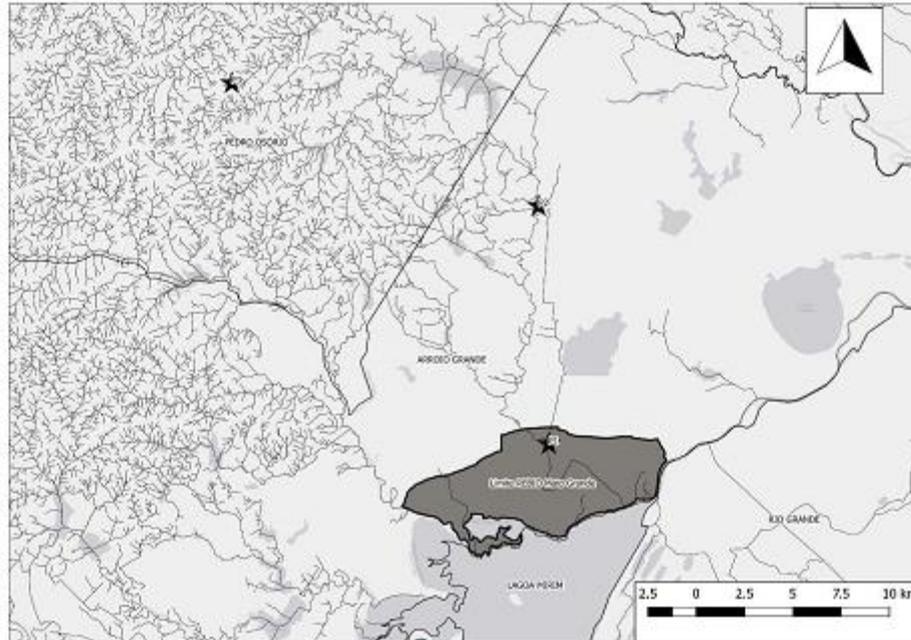


Figura 1 - Reserva Biológica do Mato Grande, com os três pontos de coleta (P1, P2 e P3).

O ponto denominado (P2) está localizado próximo à Zona de Amortecimento da Reserva Biológica do Mato Grande (raio de 10 km). Pela proximidade do ponto 1, esta área também está situada dentro da Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) de formações pioneiras e apresenta solo do tipo Planossolo (SIG FEPAM, 2020). Este local possui uma fisionomia de mata de galeria, no entanto não está preservada a Área de Preservação Permanente (APP) de trinta metros, como prevê o Código Florestal Brasileiro, devido a largura do rio ser inferior a dez metros, como prevê o Código Florestal Brasileiro. 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* Reisseke (coronilha), *Sebastiania schottiana* (Müll.Arg.) Müll.Arg (Sarandi).

As coletas do ponto denominado P3, foram realizadas numa nascente, dentro de uma propriedade no município de Pedro Osório. A Área de Preservação Permanente (APP) estava preservada num raio de aproximadamente cinquenta metros. No entanto, fora dos limites da APP, notou-se pastagem melhorada para a atividade de bovinocultura e, em pontos mais altos,

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

144 existia o cultivo de soja. Com relação à flora, percebeu-se *Pittosporum dulatum* Vent
145 (Falso-incenso), que está na lista de espécies invasoras do Rio Grande do Sul de acordo com a
146 Portaria da SEMA Nº 79/2013, *Casearia sylvestris* Sw (carvalinho). De acordo com o SIG
147 FEPAM (2020) o local apresenta solo do tipo Argissolo e está inserido em fisionomia de
148 Bioma Pampa.

149

150 **Amostragem**

151

152 Em cada ponto foram tomadas amostras da água e de solo para a realização das
153 análises físico-químicas e três réplicas de substrato (sedimento) para análises de
154 macroinvertebrados bentônicos. As amostras de água bruta foram coletadas com balde e
155 corda, armazenadas em frascos de vidro ou plástico, adequados e identificados para cada
156 análise. Os frascos foram acondicionados em caixas térmicas com gelo e encaminhados para o
157 laboratório de análises físico-químicas da Estação de Tratamento de Água (ETA) Santa
158 Bárbara, no Departamento de Tratamento, do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas
159 (SANEP) onde foram realizadas as análises desenvolvidas de acordo com APHA (2012), com
160 exceção do alquilbenzeno linear sulfonado (LAS) que a análise ocorreu no laboratório do
161 Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, de acordo com APHA (2012).

162 A metodologia empregada para os macroinvertebrados bentônicos baseou-se em
163 Silveira, Queiroz e Boeira (2004). Foram utilizados duas puçás de malha 250 µm
164 (micrômetros), e a draga do tipo 'Van Veen' para amostras de sedimento do arroio nas áreas
165 destacadas. O sedimento foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados com
166 papel vegetal e lápis, pois em contato com a água os dados ficam intactos. Posteriormente, as
167 amostras foram colocadas em caixas térmicas com gelo para se manter refrigeradas até o local
168 da análise. No laboratório da empresa RTbio Consultoria Ambiental, o sedimento coletado foi
169 lavado com duas peneiras acopladas, uma com malha superior à do puçá, de 2 mm para
170 remoção de folhas, galhos e resíduos maiores, e outra com malha menor, igual à do coletor, de
171 250 µm.

172 O material resultante foi selecionado e novamente acondicionado em vidros com
173 álcool 70%, para posterior identificação. A amostra foi subdividida em pequenas partes, as
174 quais foram diluídas em álcool 70% dentro de placas de Petri e um amostrador de acrílico. A
175 triagem final do material aconteceu com auxílio de uma lupa estereoscópica, com aumento de

1
2
3
4 176 até 45 vezes. Os organismos encontrados foram retirados com auxílio de pinça cirúrgica e
5
6 177 conservados em frascos separados com álcool 70%. Os mesmos foram identificados em
7
8 178 menor nível taxonômico possível de acordo com Lopretto e Tell (1995) e Fernández e
9
10 179 Dominguez (2001). A Coleção de Macroinvertebrados Bentônicos foi depositada na Reserva
11
12 180 Biológica de Mato Grande.

13 181 Os macroinvertebrados bentônicos foram submetidos à análise de riqueza e
14
15 182 abundância. A riqueza foi calculada pela somatória dos táxons identificados nas amostras por
16
17 183 período de amostragem e a abundância foi calculada pelo somatório dos espécimes de cada
18
19 184 local e campanha.

20 185 O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), equação 1, de acordo com Magurran
21
22 186 (1989):

$$23 \quad 187 \quad H' = - \sum p_i * \ln p_i, p_i = n_i / N \quad (1)$$

24 188
25 189 Sendo:

- 26
27 190 - H' = Índice de Shannon-Wiener;
28
29 191 - p_i = Proporção de indivíduos da i -ésima espécie;
30 192 - \ln = logaritmo de base neperiano (e);
31 193 - n_i = número de indivíduos amostrados para a espécie i ;
32 194 - N = número total de indivíduos amostrados.

33 195
34 196 Foi atribuído valores de H' segundo Wilhm e Dorris (1968), onde:

- 35
36 197 - $<1,0$ foram associados a águas altamente poluídas;
37 198 - $H' > 3,0$ com águas não poluídas;
38 199 - e o intervalo de $1,0 < H' < 3,0$ foi associado a águas moderadamente poluídas.

39 200
40 201 As análises de glifosato e ácido aminometilfosfônico (AMPA) seguiram a metodologia
41
42 202 de Morais *et al.* (2020). Para quantificar as concentrações de glifosato, 50 ml de amostras de
43
44 203 água de cada frasco foram coletadas 48h antes da análise da água. As amostras foram
45
46 204 coletadas em tubos de polipropileno (50 ml) e mantidas a 4 °C no escuro até o momento da
47
48 205 análise. Cada amostra foi analisada em triplicata por cromatografia líquida de alto
49
50 206 desempenho com arranjo de diodo (HPLC-DAD). Uma curva de calibração de glifosato foi
51
52 207 realizada (0,01, 0,05, 0,1, 0,5, 1,0 mg.L⁻¹; r^2 0,998), sendo os limites de detecção e
53
54 208 quantificação de 0,005 mg.L⁻¹ e 0,0015 mg.L⁻¹, respectivamente. Os resultados foram
55
56 209 comparados à Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a
57
58 210 classificação dos corpos de água e suas diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

59 211
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

212 **Análise de Dados**

213

214 Primeiramente foi realizada uma análise exploratória dos resultados de todas as variáveis
215 através de uma análise multivariada, sendo a análise de componentes principais (PCA). Para
216 realização da análise PCA, foram excluídas as variáveis que não apresentavam valores para
217 todos os pontos de amostragem ou campanhas. Devido à falta de normalidade dos dados, foram
218 empregadas análises estatísticas não paramétricas, para tanto, foi realizado teste de Kruskal-
219 Wallis, com comparações de grupos pelo método de Fisher (LSD), para comparações entre
220 pontos de coleta e campanhas, e teste de correlação de Spearman, para correlações entre
221 dados bióticos, químicos e físicos (solo). O nível de significância considerado foi de 5% de
222 probabilidade. As análises foram realizadas no software R 4.0.2 (2020), utilizando os pacotes
223 agricolae (MENDIBURU, 2017), openxlsx 4.1.0 (WALKER, 2018), car (FOX; WEISBERG,
224 2019), FactoMineR 1.4.1 (LE; HUSSON, 2008) e factoextra 1.0.5 (KASSAMBARA;
225 MUNDT, 2017).

226

227 **RESULTADOS**

228

229 **Levantamento do Uso e Ocupação do Solo da Área do Projeto**

230

231 De acordo com a pesquisa realizada no Banco de Dados da FEPAM, existem 40
232 propriedades cadastradas no sistema irrigantes. Todas são cadastradas devido à
233 obrigatoriedade do licenciamento ambiental do sistema de irrigação superficial para o cultivo
234 de arroz, portanto não existem dados para os demais cultivos por não serem passíveis de
235 licenciamento ambiental. Deste universo, vinte e cinco propriedades possuem atividade de
236 bovinocultura de corte, duas possuem bovinocultura de corte e de leite, uma propriedade
237 possui ovinocultura e uma outra possui avicultura concomitante à orizicultura. Observa-se que
238 nestas propriedades existem outras atividades vinculadas à agricultura, como manutenção de
239 veículos e abastecimento.

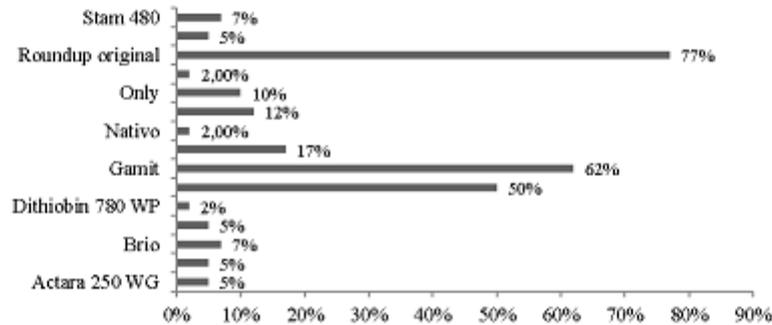


Figura 2 - Porcentagem de agrotóxicos utilizados para um universo de 40 propriedades na área de estudo.

Fonte: Banco de Dados da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental)

A figura 2 apresenta a porcentagem dos principais agrotóxicos utilizados na área de ocupação. Percebe-se uma variedade considerável de produtos químicos usados na agricultura, sendo informado quinze tipos de agrotóxicos. Apenas uma propriedade utiliza apenas um tipo de agrotóxico, e as demais informaram que utilizam de dois a três tipos. Do montante das quarentas propriedades rurais, cerca de 82% utilizam Roundup (original e transorb) que tem como princípio ativo o glifosato, sendo seguido do Gamit que é utilizado em 62%, tendo como princípio Clomazone, e em 50% aparece o emprego do Facet, que possui como princípio ativo Quinclorac.

254 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].

Foi comparado separadamente na Tabela 2 a quantificação do glifosato, e ácido aminometilfosfônico AMPA e a abundância dos macroinvertebrados bentônicos obtidos nas campanhas 3 e 4 por terem ocorrido durante a SAFRA 2019/2020. Além do que nas campanhas 1 e 2 não foi possível realizar a análise do glifosato e do ácido aminometilfosfônico (AMPA) devido a problemas de infraestrutura.

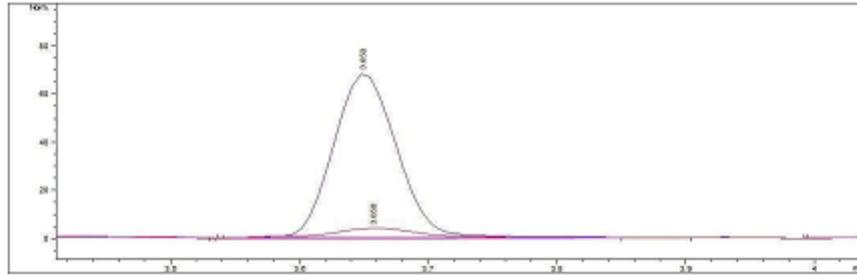


Figura 3 – Cromatograma indicando a presença de glifosato na amostra ambiental de água 1, estão sobrepostos os picos correspondentes ao padrão de glifosato derivatizado com FMOC-Cl (em azul) e à amostra ambiental de água também derivatizada com FMOC-Cl (em vermelho).

Como pode ser visto na tabela 2, existe um efeito significativo entre o glifosato e os macroinvertebrados bentônicos. Esta relação é evidenciada no Ponto 2 da Campanha 4, onde a média dos organismos reduz aproximadamente 60% com a presença do respectivo herbicida. Salienta-se que o ácido aminometilfosfônico (AMPA) não foi detectado pela metodologia adotada. Nesse sentido, percebe-se que o mesmo ponto na campanha 3, ocorrida anteriormente a drenagem dos canais de irrigação, apresentou uma média maior de organismos.

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

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

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

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

286 A fauna de macroinvertebrados bentônico presente nos três pontos de coletas e em
 287 todas as campanhas realizadas, durante o período estudado em áreas do Arroio Moreira, foi
 288 composta por três Filos (Annelida, Mollusca e Arthropoda) e cinco Classes (Hirudinea,
 289 Oligochaeta, Gastropoda, Bivalvia e Insecta), conforme apresentado na Tabela 2. No Filo
 290 Annelida foi identificada a Classe Hirudinea. O Filo Mollusca foi representado por
 291 organismos das Classes Bivalvia (*Eupera sp.* e *Limnoperna fortunei*) e Gastropoda (*Asolene*
 292 *spixii* e *Pomacea Canaliculata*). O Filo Arthropoda foi representado por quatro Famílias:
 293 Psephenidae, Baetidae, Calopterygidae e Chironomidae (Diptera); além do subfilo crustacea
 294 (gênero *Hyalella sp.*).

295 A maior quantidade de organismos encontrados pertence à família Chironomidae
 296 (Diptera). Foi observado somente no ponto 2 a espécie *Limnoperna fortunei* que é uma das
 297 espécies considerada invasora de acordo com a Portaria n° 79/2013 da SEMA/RS. No ponto 3
 298 só foram encontradas duas espécies, sendo *Asolene spixii* e *Pomacea canaliculata*, ambas da
 299 classe Gastropoda e a família Chironomidae.

300
 301 **Tabela 2** – Registro da abundância da comunidade macroinvertebrados bentônicos nos pontos
 302 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												
<i>Hirudinea</i>	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												
<i>Eupera sp.</i>	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0
<i>Limnoperna fortunei</i>	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												
<i>Psephenidae</i>	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												
<i>Hyalella sp</i>	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												
<i>Chironomidae</i>	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												
<i>Baetidae</i>	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Leptohyphidae</i>	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												
<i>Asolene spixii</i>	0,0	0,0	0,0	11,0	6,0	29,0	0,0	31,0	18,0	11,0	6,0	28,0
<i>Pomacea canaliculata</i>	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												
<i>Calopterygidae</i>	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		

303

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

308 **Tabela 3 – Classificação do índice de diversidade de Shannon-Wiener.**

Estações de Coleta	C1			C2			C3			C4		
	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	0,27
Classificação	AAP											

310 H' Índice de Shannon-Wiener; AAP Associados a Águas Altamente Poluídas.

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

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

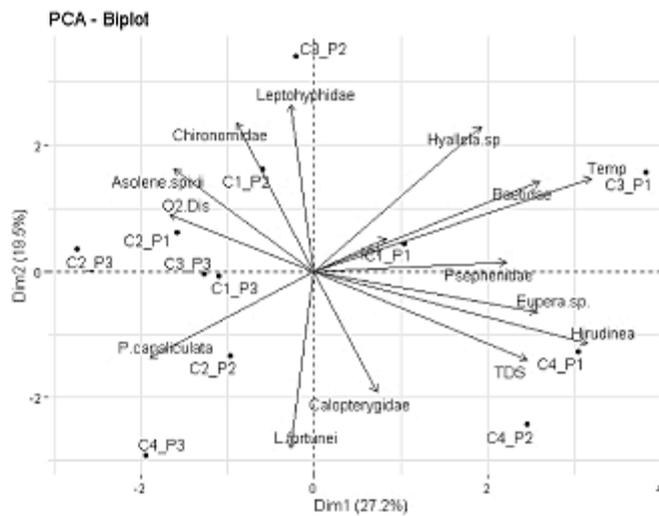
Parâmetros	Campanha 1			Campanha 2			Campanha 3			Campanha 4			
	P1	P2	P3										
Cloretos (mg. L ⁻¹ Cl)	*	*	*	*	*	*	3,78	4,47	2,75	5,78	10,47	2,8	
Condut. (µS.cm ⁻¹)	*	*	*	*	*	*	77	64,9	49,8	82	92,9	52,6	
O2 Dissol. (mg.L ⁻¹ L)	8	4,25	4,27	4,47	4,47	9,8	4,5	4,9	3,8	4,7	3,1	4,4	
O2 Cons. (mg.L ⁻¹)	*	*	*	*	*	*	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	5,9	5	6,88	6,66	4,01	6,66	6,12	6,25	6,5	5,73	4,01	6,66	6,12
Temperatura (°C)	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)	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	

320 A Análise dos componentes principais (ACP), considerando todas as campanhas,
 321 explicou em torno de 46,7% da variabilidade dos dados nos dois primeiros eixos (Figura 4). O
 322 eixo 1 explicou 27,2% da variabilidade dos dados, e foi positivamente correlacionado com os
 323 valores de temperatura, a mais importante variável, enquanto no lado negativo desse eixo as
 324 unidades foram ordenadas pelos maiores valores de oxigênio dissolvido. O eixo 2 explicou
 325

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

326 19,5% da variabilidade dos dados e mostrou que, na ordenação das variáveis, este eixo foi
327 positivamente correlacionado com oxigênio dissolvido e temperatura, negativamente, com
328 sólidos totais dissolvidos. Este eixo mostra uma relação positiva do ponto P2 da Campanha 1,
329 os pontos P1 e P3 da Campanha 2, os Pontos P2 e P3 da Campanha 3 com a variável de
330 oxigênio dissolvido e com os táxons *Leptophlebiidae*, Chironomidae e *Asolene spixii*. Neste
331 eixo, as mais importantes variáveis foram temperatura e oxigênio dissolvido.

332



333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347

Figura 4 – Gráfico biplot de representação da análise de componentes principais, componentes 1 e 2, de resultados de experimento analisando a macrofauna bentônica

338 A análise da ACP mostrou que os pontos 1 e 2 da Campanha 4 encontram-se separado
339 do outro ponto desta campanha e de todos os pontos das demais Campanhas e mostrou que,
340 na ordenação das variáveis, este eixo foi positivamente correlacionado com sólidos totais
341 dissolvido e com os táxons *Eupera sp.*, *Hirudinea* e *Calopterygidae*. Esta ACP mostra
342 evidências de uma relação entre os pontos coletados e a época do ano em que as coletas foram
343 realizadas e os fatores abióticos analisados, sugerindo a importância dos mesmos no cenário
344 ambiental estudado.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

348 **DISCUSSÃO**

349

350 Do universo das quarentas propriedade rurais cadastradas no sistema irrigantes da
351 Fundação Estadual de Proteção Ambiental do RS (FEPAM) que possuem atividades em
352 potencial para impactar diretamente o Arroio Moreira, cerca de 82%, utilizam Roundup
353 (original e transorb) que tem como princípio ativo o glifosato, sendo seguido do Gamit que é
354 utilizado em 62%, tendo como princípio Clamazone, e em 50% aparece o emprego do Facet,
355 que possui como princípio ativo Quinlorac. Outros sistemas produtivos aparecem
356 informados no banco de dados da FEPAM, como atividades articuladas em paralelo a
357 irrigação do arroz, sendo primeiramente a bovinocultura de corte e/ou de leite, seguido por
358 ovinocultura e avicultura. De acordo com Poletto *et al.* (2010) os recursos hídricos são
359 impactados diretamente pelo uso e ocupação do solo, seja pela agricultura, pecuária ou
360 qualquer outro sistema produtivo. A supressão da vegetação nativa e principalmente de matas
361 ciliares são os principais fatores que favorecem o assoreamento dos mananciais e impactam os
362 ecossistemas aquáticos.

363 O Brasil estabelece, como valor máximo permitido, 0,5 mg.L⁻¹ LAS para as
364 substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno, através da Resolução do
365 CONAMA N° 357 de 2005. Em todos os pontos não foram encontrados resíduos do
366 surfactante, indicando que a região estudada não sofre impacto significativo de atividades
367 domésticas.

368 Os valores encontrados de pH no ponto 1, das campanhas 1,2 e 4, ficaram fora da
369 faixa permitida, que é de 6 a 9. Com relação aos valores de Oxigênio Dissolvido (OD) em
370 todos os pontos de ambas as campanhas ficaram fora do valor estabelecido com exceção do
371 ponto 3 da 2ª campanha/2019. O menor valor encontrado foi o P2 da 4ª campanha, ocorrida
372 após três dias da abertura dos canais de irrigação da propriedade que contém este ponto de
373 coleta. Por outro lado, o maior valor foi verificado no P3 da 2ª campanha, podendo estar
374 relacionado com a menor temperatura e profundidade. Os valores para sólidos totais
375 dissolvidos (Tds) nos P1 e P2 da 4ª campanha representam os maiores valores obtidos.
376 Salienta-se que o Tds no P2 na última campanha ficou em torno de 39% com relação a 3ª
377 campanha.

378 Os parâmetros de cloretos, turbidez e temperatura da água, apresentaram resultados
379 dentro dos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 357/2005. O oxigênio está

14

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

380 relacionado com várias reações químicas que ocorrem nos ecossistemas aquáticos, sendo que
381 os organismos heterotróficos necessitam para reprodução e para a produção energética.
382 Algumas causas podem ser apontadas como fonte de depleção, como a oxidação de íons
383 metálicos e da matéria orgânica e pela respiração organismos aquáticos (ESTEVES, 2011).

384 Foi verificado que o P1 localizado dentro da Reserva Biológica do Mato Grande
385 apresentou maior abundância de macroinvertebrados bentônicos, sendo registrado 777
386 organismos, divididos em 7 táxons. Destacamos a maior presença nas amostras coletadas dos
387 táxons da família Chironomidae (370 indivíduos) representando cerca de 29% do total de
388 organismos coletados nesse ponto ao longo desta pesquisa. Já o P2, também, registrou com
389 maior abundância, a mesma família, Chironomidae (118 indivíduos) representando cerca 38%
390 do total coletado neste ponto. Essa família apresenta características tolerantes diante de
391 diversos fatores de estresse ambiental, tornando-os eficientes bioindicadores de qualidade da
392 água e de degradação ambiental. (VALLE *et al.*, 2013)

393 Larvas da família Chironomidae possuem moléculas pequenas de hemoglobina, como
394 pigmento respiratório presente em sua hemolinfa, de forma a liberar o oxigênio em condições
395 de extremo déficit (NATION, 2008). Essa característica da família Chironomidae a torna
396 importante bioindicador. Com isso, auxilia o grupo em situações de baixa oxigenação na
397 água, tornando-os mais resilientes à ambiente antropizados, dessa forma a alta abundância do
398 grupo em um ambiente com pouca diversidade, conforme observamos nos pontos P1, P2, o
399 que indica condições inadequadas de qualidade da água.

400 De acordo com Cranston (1995) as espécies pertencentes a família Chironomidae são
401 pouco seletivas, sendo em sua maioria generalista e oportunista com relação à alimentação.
402 Ainda, determinadas espécies, em sua fase larval, de Chironomidae sobrevivem em situações
403 extremas de temperatura, pH, salinidade, profundidade, velocidade de correnteza,
404 produtividade. Além de aporte considerável de matéria orgânica, de sólidos sedimentáveis e
405 dissolvidos. Rosin e Takeda (2007), também, destacam que as larvas de Chironomidae
406 (Diptera, Insecta) possuem especial interesse ecológico, devido a sua ocorrência em inúmeros
407 habitats. Além disso, por terem condições boas adaptações fisiológicas, podem sobreviver em
408 diversas condições ambientais. O que pode explicar a sua maior abundância (P1 e P2) e sua
409 ocorrência em todos os pontos (P1, P2 e P3) diante da depleção do oxigênio dissolvido que
410 teve menor valor em P2 C4 (3,1).

411 No P2 foi registrado a presença da espécie *Limnoperna fortunei* (16 indivíduos).
412 Considerada invasora de acordo com a Portaria n° 79/2013 da SEMA/RS. Por não terem

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

413 predadores naturais, acabam se proliferando e competindo por recursos com as espécies
414 nativas e, com isso, ocorre uma tendência de originar perdas de biodiversidade
415 (DARRIGRAN; ESCURRA; DE DRAGO, 2000).

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

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

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

433 Quando comparado às duas últimas campanhas (C3 e C4) Safra 2019/2020 que foram
434 realizadas num intervalo de aproximadamente de três meses, percebe-se uma queda
435 significativa na abundância de táxons e da diversidade ($H' 0,73$ p/ $0,0$) acompanhadas da
436 diminuição do oxigênio dissolvido ($4,90 \text{ mg.L}^{-1}$ p/ $3,10 \text{ mg.L}^{-1}$), aumento da condutividade
437 ($64,90 \text{ } \mu\text{S.cm}^{-1}$ p/ $92,90 \text{ } \mu\text{S.cm}^{-1}$), da turbidez ($22,40 \text{ uT}$ p/ $80,40 \text{ uT}$) e dos sólidos totais
438 dissolvidos ($76,40 \text{ mg.L}^{-1}$ p/ $195,40 \text{ mg. L}^{-1}$). Essa alteração dos parâmetros da C3 para C4
439 pode ser explicada pela quantificação do glifosato no P2. ($0,08 \text{ mg.L}^{-1}$) estando acima do
440 valor máximo permitido ($0,065 \text{ mg}^* \text{ L}^{-1}$) de acordo com a Resolução do CONAMA
441 357/2005.

442
443
444
445

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

446 CONCLUSÕES

447

448 De quarenta propriedades rurais, cerca de 82% utilizam Roundup (original e transorb)
449 que tem como princípio ativo o glifosato, o que pode ser o fator da detecção e quantificação
450 do glifosato no P2 da campanha 4. O AMPA é degradado pela microbiota do solo, por isso
451 provavelmente ele não foi detectado na água (DUKE, 2018).

452 A média dos organismos reduz aproximadamente 60% com a presença do respectivo
453 herbicida no P2C4. De acordo com as métricas biológicas, (Riqueza, Índice de diversidade de
454 Shannon-Wiener e a Abundância) e com alterações significativas dos parâmetros
455 abióticos como oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez e dos sólidos totais
456 dissolvidos, indicam ambientes perturbados.

457 A região analisada não sofre impactos significativos de atividades domésticas pois o
458 marcador ambiental de efluentes doméstico (LAS) não foi encontrado em nenhum ponto
459 analisado do Arroio Moreira. Por outro lado, foi detectado e quantificado (0,08 mg.L⁻¹) o
460 glifosato indicando contaminação decorrente de atividade agrícola – orizicultura, estando
461 acima do valor máximo permitido pelo CONAMA, possivelmente pelo uso em excesso desse
462 herbicida e uma má gestão ambiental da produção agrícola. A drenagem inadequada das áreas
463 agrícolas acarreta no carreamento de fertilizantes, agrotóxicos, lodo e outras substâncias, que
464 podem contaminar os mananciais.

465 Os dados deste trabalho evidenciam a importância de monitoramento dos marcadores
466 de atividade agrícola e doméstica, associados ao biomonitoramento de macroinvertebrados
467 bentônicos principalmente em Unidades de Conservação, devido à necessidade de conservar
468 e disciplinar as atividades a serem implantadas em sua Zona de Amortecimento. Além de
469 importante ferramenta para subsidiar o Plano de Manejo.

470

471 REFERÊNCIAS

472

473 ANGONESI, Luciana Garcia; BEMVENUTI, C. E.; GANDRA, M. S. Effects of dredged
474 sediment disposal on the coastal marine macrobenthic assemblage in Southern
475 Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, n. 2, p. 413-420, 2006.

476

477 APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22 ed. Washington,
478 DC: APHA American Public Health Association, 2012.

479

- 1
2
3
4 480 BRASIL. Lei n. 11.428/2006. Disponível em:
5 481 <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm> . Acesso em 06
6 482 dez. 2019.
7
8 483
9 484 BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio
10 485 Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.
11 486 Acesso em: 8 out. 2020.
12 487
13 488 CALLISTO, Marcos; MORENO, Pablo. Bioindicadores como ferramenta para o manejo,
14 489 gestão e conservação ambiental. II *Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental*,
15 490 Erechim, 2006.
16 491
17 492 CHALAR, G. Composición y abundancia Del zoobentos Del Arroyo Toledo (Uruguay) y
18 493 surelación com La calidad de água. *Revista Chilena de História Natural*. v. 67, p. 129- 141,
19 494 1994.
20
21 495
22 496 CORRÊA-PEREIRA, J.; SCHLEE JR, J. M.; SOARES, J. B.; MAZIM, F. Análise
23 497 ecossistêmica do Mato Grande: Perspectivas de implantação da reserva biológica do Mato
24 498 Grande–Arroio Grande, sul do Brasil. *Anais do III Simpósio de Áreas Protegidas, Pelotas,*
25 499 *Brasil, 618 p.* 2005.
26 500
27 501 CRANSTON, P. S. Morphology. In: ARMITAGE, P. D.; CRANSTON, P. S.; PINDER, L. C.
28 502 V. (eds). *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall,
29 503 London, UK, p.13- 30, 1995.
30 504
31 505 DANRIGRAN, G.; DE DRAGO, I. Ezcuitii. Invasion of the exotic freshwater mussel
32 506 *Limnopema fortunei* (Dunker, 1857)(Bivalvia: Mytilidae) in South America. *The Nautilus*, v.
33 507 114, n. 2, p. 69-73, 2000.
34 508 DE MORAES, C. L.; SAAD, A. R.; AZEVEDO, F. D. A.; ROSINI, E. F. Diagnóstico
35 509 ambiental da bacia hidrográfica contribuinte do reservatório tanque grande, Guarulhos (SP),
36 510 com base em macroinvertebrados bentônicos. *Revista Ibero-Americana de Ciências*
37 511 *Ambientais*, v. 10, n. 5. 345-359 p. 2019.
38 512
39 513 DE TONI, K. R.; NAVA, D.; RESTELLO, R. M.; DECIAN, V.; ROVANI, I. L.; HEPP, L. U.
40 514 Integridade da paisagem e sua influência sobre a composição da comunidade de
41 515 Chironomidae (Diptera) em riachos de pequena ordem. *Ecología austral*, v. 24, n. 3, p. 335-
42 516 342, 2014.
43 517
44 518 DEKNOCK, A.; NIELS, D. T.; HOUBRAKEN, M.; DOMINGUEZ-GRANDA, L.;
45 519 NOLIVOS, I.; ECHELPOEL, W. V.; FORIO, M. A. E.; SPANOGHE, P.; GOETHALS, P.
46 520 Distribution of agricultural pesticides in the freshwater environment of the Guayas river basin
47 521 (Ecuador). *Science of The Total Environment*, v. 646, p. 996-1008, 2018.
48 522
49 523 DUKE, Stephen O. The history and current status of glyphosate. *Pest management*
50 524 ESTEVES, Francisco de Assis. *Fundamentos de limnologia*, 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência.
51 525 826 p. 2011.
52 526
53 527 FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler/RS. Banco de
54 528 dados do Licenciamento Ambiental. 2020.

- 1
2
3
4 529 FERNÁNDEZ, H. R.; DOMÍNGUEZ, E. (Ed.). *Guía para la determinación de los*
5 530 *artrópodos bentónicos sudamericanos*. Tucumán: Editorial Universitaria de Tucumán, 282 p.
6 531 2001.
7
8 532
9 533 FOX, John; WEISBERG, Sanford. *An R companion to applied regression*. Sage publications,
10 534 2018.
11 535
12 536 GLORIA, Lucivania Pereira; HORN, Bruna Carolina; HILGEMANN, Maurício. Avaliação
13 537 da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da
14 538 água-iqa. *Revista Caderno Pedagógico*, v. 14, n. 1, 2017.
15 539
16 540 HENRIQUE, J.; LUZ, J. M. R.; CARVALHO, J. J.; SILVA, J. G. D.; SILVA, J. E. C.;
17 541 SANTOS, E. A. Anthropogenic impacts on microbiota and chemical properties of Cerrado soil
18 542 through soybean cultivation. *Journal of Agricultural Science*. V. 11, n. 1, p. 274-288, 2019.
19 543
20 544 KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. *factoextra*: Extract and visualize the results of multivariate
21 545 data analyses. R package version 1.0.5. 2017. Disponível em: <[https://CRAN.R-](https://CRAN.R-project.org/package=factoextra)
22 546 [project.org/package=factoextra](https://CRAN.R-project.org/package=factoextra)>. Acesso em: 1 jan. 2019.
23 547
24 548 LE, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. *FactoMineR*: An R package for multivariate analysis. *Journal*
25 549 *of Statistical Software*, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008.
26 550
27 551 LOPRETTO, E. C.; G. TELL (dirs.). *Ecosistemas de aguas continentales*. Ediciones Sur, La
28 552 Plata, 3 tomos, 1401 p., 1995.
29 553
30 554 MELO, K.R. *Macrofauna bentônica do sublitoral da Planície Costeira Bragantina*.
31 555 Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade
32 556 Federal do Pará, 61 p., Belém, 2008.
33 557
34 558 MENDIBURU, F. *Agricolae*: Statistical procedures for agricultural research. R package
35 559 version 1.2-1. 2014.
36 560
37 561 MESNAGE, R.; DEFARGE, N.; DE VENDÔMOIS, J. S.; SERALINI, G. E. Potential toxic
38 562 effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. *Food and*
39 563 *Chemical Toxicology*, v. 84, p. 133-153, 2015.
40 564
41 565 MORAES, S. J.; B F DA SILVA NORBERG. B.F; CASTRO, M, R; VAZ, S, B;
42 566 MIZUSCHIMA, W, C; MARINS, L, F; GASPARD MARTINS, M, G. Zebrafish (*Danio rerio*)
43 567 ability to activate ABC transporters after exposure to glyphosate and its formulation
44 568 Roundup Transorb®. *Chemosphere*, v. 248, p. 125959, 2020.
45 569
46 570 NEGRÃO, G. N.; CUNHA, M. C. Diversidade de macroinvertebrados bentônicos na
47 571 avaliação do uso do solo e qualidade ambiental da bacia do Guabiroba, Guarapuava, PR,
48 572 Brasil. *Revista Geografar*, Curitiba, v.14, n.1, p.7-26, 2019.
49 573
50 574 PENTEADO, JOSÉ CARLOS P.; EL SEOUD, OMAR A.; CARVALHO, LILIAN RF.
51 575 Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. *Química nova*, v. 29, n.
52 576 5, p. 1038-1046, 2006.
53 577
54
55
56
57
58
59
60

- 1
2
3
4 578 POLETO, CRISTIANO; DE CARVALHO, SÉRGIO LUIS; MATSUMOTO, TSUNAO.
5 579 Avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira
6 580 (SP). *Holos Environment*, v. 10, n. 1, p. 95-110, 2010.
7 581
8 582 R Core Team. R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for
9 583 *Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2020
10 584
11 585 ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. (eds.). 1993. *Fresh water Biomonitoring and Benthic*
12 586 *Macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall. 488p. 1993.
13 587
14 588 ROSIN, G. C. & TAKEDA, A. M. Larvas de Chironomidae (Diptera) da planície de
15 589 inundação do alto rio Paraná: distribuição e composição em diferentes ambientes períodos
16 590 hidrológicos. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, v. 29, p. 57-63, 2007.
17 591
18 592 SANTOS, M. O.; MELO, S. M. A influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água
19 593 de nascentes-Análise de macroinvertebrados Bentônicos como bioindicadores. *Journal of*
20 594 *Environmental Analysis and Progress*, v. 2, n.1, p. 36-43, 2017.
21 595 *science*, v. 74, n. 5, p. 1027-1034, 2018
22 596
23 597 SEMA (RS). Portaria n° 79, de 31 de outubro de 2013. *Reconhece a lista de espécies exóticas*
24 598 *invasoras do estado do Rio Grande do Sul e demais classificação estabelece normas de*
25 599 *controle e de outras providências*. Disponível em: < [http://www.sema.rs.gov.br/legislacao-](http://www.sema.rs.gov.br/legislacao-sobre-fauna)
26 600 [sobre-fauna](http://www.sema.rs.gov.br/legislacao-sobre-fauna)>. Acesso em 2 de Dez. 2019.
27 601
28 602 SILVEIRA, M. P. *Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em*
29 603 *rios*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 68p. 2004.
30 604
31 605 SILVEIRA, M. P.; BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; EGLER, M.
32 606 Application of biological measures for stream integrity assessment in south-east Brazil.
33 607 *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 101, p. 117-128, 2005.
34 608
35 609 SILVEIRA, MARIANA PINHEIRO; QUEIROZ, JÚLIO FERRAZ DE; BOEIRA, RITA
36 610 CARLA. Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos
37 611 em Riachos: *Comunicado Técnico 19*. Jaguariúna: Embrapa, 7 p. 2004.
38 612
39 613 *The IUCN Red List of Threatened Species*. Disponível em <<https://www.iucnredlist.org/>>.
40 614 Acesso em: out. 2019.
41 615
42 616 VALLE, I. C.; BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F. The influence of connectivity in forest patches,
43 617 and riparian vegetation width on stream macroinvertebrate fauna. *Brazilian Journal of*
44 618 *Biology*, v. 73, p. 231-238, 2013.
45 619
46 620 WALKER, Alexander. *openxlsx: Read, Write and Edit XLSX Files*. R package version 4.1. 0.
47 621 2018.
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

4.1.3 REGULAMENTO PARA APRESENTAÇÃO DE SUBMISSÕES REVISTA ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



Órgão oficial de informação técnica da ABES - Rio de Janeiro – Brasil

janeiro 2016

Regulamento para apresentação de contribuições

1. Objetivo

O presente regulamento objetiva uniformizar a apresentação das contribuições a serem encaminhadas para publicação na Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.

2. Formas de contribuição

2.1. As formas de contribuição são:

- Artigo Técnico
- Nota Técnica
- Revisão da Literatura
- Discussão de Nota Técnica, Artigo Técnico ou Revisão da Literatura

2.2. Artigo Técnico é uma exposição completa e original, totalmente documentada e interpretada, de um trabalho de relevância.

2.3. Nota Técnica é um trabalho sumário podendo corresponder a:

- artigo com resultados ainda parciais
- considerações sobre aspectos pouco abrangentes da área
- desenvolvimento de considerações técnicas relativas a algum aspecto da Engenharia Sanitária e Ambiental
- alguma outra abordagem sumária pertinente, a juízo dos Editores.

2.4. Revisão da Literatura corresponde a um artigo, no qual é levantado o estado da arte de algum tema relevante e inovador, na área de Engenharia Sanitária e Ambiental, cuja abordagem deve ser suficientemente crítica e capaz de identificar avanços, lacunas e desafios científicos, à luz da literatura nacional e internacional. Trabalhos de revisão sistemática e meta-análise podem ser incluídos nessa categoria de artigo.

2.5. Discussão é uma avaliação crítica ou ampliação do conteúdo de uma Nota Técnica, Artigo Técnico ou Revisão da Literatura publicado na Revista. As discussões serão publicadas, sempre que possível, conjuntamente com a resposta do(s) autor(es). A Revista tem como linha editorial o incentivo à publicação de artigos de discussão.

2.6. Não serão aceitos relatórios, traduções e nem artigos já publicados ou submetidos à publicação em outros veículos, ou que impliquem em promoção comercial de determinada marca, produto ou empresa.

3. Encaminhamento das contribuições

3.1. A inscrição das contribuições será feita pelo sistema da SCielo, através do link <http://submission.scielo.br/index.php/esa/index>. Não serão aceitas inscrições de artigos por fax, e-mail ou correio.

3.2. O primeiro passo para o acesso ao sistema é o Cadastro, bastando clicar em "Cadastrar-se" no link no canto superior direito. A partir daí, clicar em "Engenharia Sanitária e Ambiental", que fará a vinculação do cadastro junto à Revista.

3.3. Feito isso, o próprio sistema mostrará, passo a passo, como submeter a sua contribuição.

3.4. Realizada a submissão, o autor receberá um e-mail acusando o recebimento da mesma. E a partir do código dado pelo próprio sistema que o autor poderá acompanhar o processo de avaliação do seu trabalho.

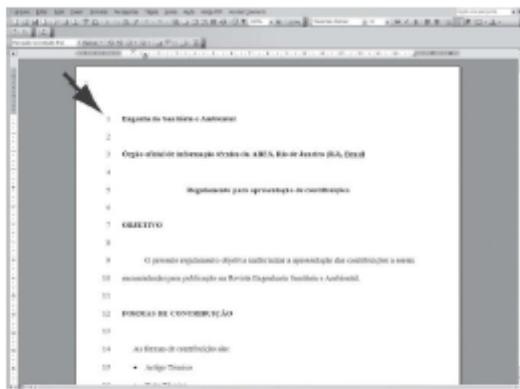
3.5. A Revista Engenharia Sanitária e Ambiental cobra taxa de submissão no valor de: R\$ 100,00.

A taxa destina-se a não sócios da ABES. Caso o autor principal seja sócio, enviar e-mail para esa@abes-dn.org.br informando número de matrícula ABES para isentar-se da taxa. Observação: A taxa de submissão não será restituída caso o manuscrito seja recusado, e o pagamento da taxa não garante o aceite do artigo, que passará normalmente pelo processo de avaliação. Associe-se à ABES: <http://socio.abes-dn.org.br/>

3.6. Qualquer dúvida, favor enviar e-mail para esa@abes-dn.org.br.

4. Formato das contribuições

4.1. As contribuições devem ser preparadas pelos autores no formato ".doc" aberto para edição usando o recurso de numeração de linhas do Microsoft Word (Arquivo – Configurar página – Layout – Números de linha – Numerar linhas – Contínua – OK – OK).



4.2. As contribuições devem ser enviadas no formato ".doc" pelo Sistema de Envio de Artigos. Todos os demais formatos de arquivos, inclusive os compactados, serão bloqueados.

4.3. Após o processo avaliativo, as contribuições aprovadas para publicação deverão sofrer correções e ser enviadas em sua versão final para diagramação.

4.3. Os trabalhos submetidos devem estar de acordo com as normas da ABNT/NBR 14724:2011– Trabalhos Acadêmicos

4.4. Poderão ser incluídos figuras, gráficos e ilustrações, desde que o tamanho do arquivo não ultrapasse 10MB.

4.5. O texto integral do artigo não poderá exceder 20 (vinte) páginas para Artigo Técnico e Revisão da Literatura e 8 (oito) páginas para Nota Técnica e Discussão, atendendo ao formato estabelecido nos itens a seguir.

4.6. O Artigo Técnico e a Nota Técnica deverão seguir a seguinte sequência de apresentação:

- Título do artigo em português (até 200 caracteres) e em inglês
 - Resumo em português e em inglês, de 100 a 250 palavras (conforme NBR 14724).
 - Palavras-chave em português e em inglês
 - Título resumido do artigo em português (até 60 caracteres) para o cabeçalho
 - Texto do artigo (sem divisão em colunas)
 - Referências
 - Anexos (se houver)
 - i. Agradecimentos, se houver, deverão ser incluídos somente na versão final do artigo aprovado para publicação.
 - ii. O Nome do(s) autor(es), Currículo resumido(s) do(s) autor(es), endereço para correspondência (profissional) devem constar somente nos metadados do Sistema Scielo, preenchidos no momento de cadastro. **IMPORTANTE:** não colocar estas informações no envio da contribuição original.
- 4.7. O texto deverá ser formatado para um tamanho de página A-4, margens 3 cm para esquerda e superior, e 2 cm inferior e direita (conforme NBR 14724). As páginas deverão ser devidamente numeradas. Deve ser empregada fonte Times New Roman, corpo 12, exceto no título que deverá ter corpo 16. O espaçamento entre as linhas deverá ser 1,5.
- 4.8. O corpo do artigo deve ser organizado segundo um encadeamento lógico, contendo subtítulos "Introdução", "Metodologia", "Resultados", "Discussão", (ou "Resultados e Discussão"), "Conclusões" e "Referências". Na redação não deve ser empregada a primeira pessoa e o estilo a ser adotado deve ser objetivo e sóbrio, compatível com o recomendável para um texto científico.
- 4.10. Deverá ser evitada a subdivisão do texto em um grande número de subtítulos ou itens, admitindo-se um máximo de cabeçalhos de terceira ordem.
- 4.11. O conteúdo do trabalho deve ser submetido a criteriosa revisão ortográfica.
- 4.12. Termos grafados em itálico ou negrito poderão ser utilizados no corpo do artigo.
- 4.13. As discussões deverão ser submetidas no máximo até 6 (seis) meses após a publicação do Artigo, NotaTécnica ou Revisão da Literatura.
- 4.14. Somente serão aceitos trabalhos em português Brasil.

5. Figuras e ilustrações

As figuras e ilustrações devem observar os seguintes critérios:

- 5.1. Os arquivos das figuras e ilustrações, sem bordas ao redor, devem ser inseridas no arquivo do texto, de maneira que possam ser editados por meio do MS Word for Windows.
- 5.2. Os textos e legendas não devem ficar muito pequenos ou muito grandes em relação à figura.
- 5.3. As figuras devem ser intercaladas nos locais apropriados e apresentar um título.
- 5.4. A inclusão de fotografias não é aconselhável; porém, se os autores julgarem que são importantes para esclarecer aspectos relevantes do artigo, deverão ser inseridas em resolução mínima de 300 dpi.
- 5.5. Todos os gráficos, desenhos, figuras e fotografias devem ser denominados "Figura", e numerados sequencialmente em algarismos arábicos. Toda figura deve ser mencionada no texto.
- 5.6 O número e título da Figura devem ser colocados centralizados, imediatamente abaixo da figura. O título deve ser claro e autoexplicativo.
- 5.7. As páginas internas da Revista são impressas em uma só cor, não sendo permitida, portanto, a adoção de cores na diferenciação das variáveis nos gráficos e diagramas.

6. Quadros e tabelas

Os quadros e tabelas deverão atender os seguintes critérios:

- 6.1. Os quadros e tabelas devem ser claros e objetivos, sem linhas de grade. As unidades correspondentes a todos os termos usados devem ser claramente identificadas.
- 6.2. Todos os quadros ou tabelas devem ser denominados "Quadro" ou "Tabela", numerados sequencialmente em algarismos arábicos e mencionados no texto.
- 6.3. Cada quadro e tabela, além da numeração, deve possuir um título. O número e o título devem ser colocados centralizados, imediatamente acima do quadro ou tabela. O título deve ser claro e autoexplicativo.
- 6.4. Um quadro e uma tabela não poderão ser maiores do que uma folha A-4.
- 6.5. Quadros e tabelas devem aparecer, preferencialmente, intercalados nos locais apropriados do texto, a critério do autor.
- 6.6. As páginas internas da Revista são impressas em uma só cor, não sendo permitida, portanto, a adoção de cores na diferenciação das variáveis nos quadros e tabelas.

7. Equações

As equações podem ser editadas pela equipe responsável pela diagramação. Portanto, os seguintes critérios devem ser satisfeitos:

- 7.1. As equações devem ser claras e legíveis, e escritas com a mesma fonte do corpo do texto, sem a utilização de itálico ou negrito.
- 7.2. As equações e fórmulas devem ser denominadas "Equação" e numeradas sequencialmente em algarismos arábicos. A numeração à direita da equação deve ser entre parênteses. Todas as equações devem ser mencionadas no texto.
- 7.3. Todos os símbolos usados devem ser definidos imediatamente após a equação (caso não tenham sido definidos anteriormente), incluindo as suas unidades ou dimensões.

8. Unidades

- 8.1. Todas as unidades mencionadas no texto, tabelas, quadros e figuras devem ser expressas de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI).
- 8.2. Deve-se evitar o uso da barra de fração na expressão das unidades. Exemplo: Ao invés de mg/L ou m³/s, deve-se utilizar mg.L⁻¹ e m³.s⁻¹.

9. Referências

As referências citadas no texto e listadas ao final do artigo deverão estar de acordo com a norma NBR 6023/2002. A título de esclarecimento são apresentadas algumas diretrizes:

- 9.1. As referências citadas no texto devem conter o sobrenome do(s) autor(es), em caixa alta, seguidos pelo ano da publicação, observando-se os seguintes critérios:
 - 9.1.1. Quando houver mais de um trabalho, as citações devem ser em ordem alfabética.
 - 9.1.2. Trabalhos com mais de três autores devem ser referenciados ao primeiro autor, seguido por "et al." (em itálico e com ponto).
 - 9.1.3. Quando houver mais de uma publicação do mesmo autor, no mesmo ano, o ano da publicação deve ser seguido dos componentes "a, b, c...", em ordem alfabética.
Exemplos: ... estudos efetuados por Silva (1994a, 1994b) e por Machado *et al.* (1995a) revelaram...; ... estudos recentes (SOUZA, 1993; SILVA, WILSON e OLIVEIRA, 1994; MACHADO *et al.*, 1995b) revelaram...
- 9.2. Ao final do trabalho deverá ser apresentada uma lista de todas as referências citadas no texto, de acordo com os seguintes critérios, entre outros:
 - 9.2.1. As referências devem ser relacionadas em ordem alfabética, de acordo com o sobrenome do primeiro

autor.

9.2.2. Devem ser referenciados todos os autores (independentemente do número de autores) pelo sobrenome seguido pelas iniciais de cada autor, separados por vírgulas.

Exemplo: SMITH, P.J.; WATSON, L.R.M.; GREEN, C.M...

9.2.3. O título do periódico referenciado deverá ser apresentado em itálico. As indicações de volume, número e página deverão ser identificados pela letra inicial ("v", "n" ou "p"), seguida de ponto. Não devem ser utilizadas aspas antes e depois do título do trabalho.

Exemplo: JEWELL, W.J.; NELSON, Y.M.; WILSON, M.S. Methanotrophic bacteria for nutrient removal from wastewater: attached film systems. *Water Environment Research*, v. 64, n. 6, 1992, p. 756-85.

9.2.4. O título do livro deve ser apresentado em itálico. Devem ser incluídos a edição, o local, a editora, o número de páginas e a data.

Exemplo: FRANÇA, J.L.; VASCONCELOS A.C. *Manual para Normalização de Publicações Técnico-Científicas*. 8 ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007, 255 p.

9.2.5. Em capítulos de livros e trabalhos de congressos, a obra principal (título do livro ou denominação do congresso) é referenciada em itálico e vem precedida da expressão "In".

Exemplos: Anais - CAIXINHAS, R.D. Avaliação do impacto ambiental de empreendimentos hidro-agrícolas. In: *Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 5 Anais...* Lisboa: APRH, 1992, p. 203-11.

Capítulo de Livro - KUKOR, J.J.; OLSEN, R.H.; IVES, K. Diversity of toluene degradation following exposure to BTEX in situ. In: KAMELY, D.; CHAKABARTY, A.; OLSEN, R.H. (Eds.) *Biotechnology and Biodegradation*. Portfolio Publishing Company, The Woodlands, E.U.A., 1989, p. 405-421.

10. Julgamento

10.1. Após avaliação prévia realizada pelos Editores da Revista, se considerado pertinente, cópias da contribuição, sem identificação dos autores, serão enviadas a pelo menos dois avaliadores, especialistas da área, indicados pelos Editores.

10.2. Em qualquer etapa de julgamento do trabalho, serão levados em consideração a obediência às disposições regulamentares, o relacionamento do tema à Engenharia Sanitária e Ambiental, adequação do título, do resumo e das palavras-chave, existência de encadeamento lógico, ineditismo e qualidade da contribuição.

10.3. Na análise dos editores e dos avaliadores a contribuição será classificada segundo uma das seguintes categorias:

- Aceito
- Revisões requeridas
- Rejeitar

11. Comunicação aos autores

O autor principal será comunicado do resultado da avaliação e no caso de artigos recusados, receberão as devidas justificativas.

12. Número de autores

O número de autores permitido para cada submissão é de até cinco. Casos excepcionais enviar email para esa@abes-dn.org.br para consulta.

13. Responsabilidades e direitos

O conteúdo dos artigos é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es), que declaram se responsabilizar por qualquer reclamação de terceiros quanto a conflitos envolvendo direitos autorais, assumindo e isentando a ESA/ABES de qualquer pendência envolvendo suas publicações. Os autores que encaminharem seus artigos cedem à ESA/ABES os respectivos direitos de reprodução e/ou publicação. Os casos omissos serão resolvidos pelos editores do periódico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De quarenta propriedades rurais, cerca de 82% utilizam Roundup (original e transorb) que tem como princípio ativo o glifosato, o que pode ser o fator da detecção e quantificação do glifosato no P2 da campanha 4. O AMPA é degradado pela microbiota do solo, por isso provavelmente ele não foi detectado na água (DUKE, 2018).

A média dos organismos reduz aproximadamente 60% com a presença do respectivo herbicida no P2C4. De acordo com as métricas biológicas, (Riqueza, Índice de diversidade de Shannon-Wiener e a Abundância) e com 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 doméstico (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 indicando contaminação decorrente de atividade agrícola, estando acima do valor máximo permitido pelo CONAMA, possivelmente pelo uso em excesso desse herbicida e uma má gestão ambiental da produção agrícola. A drenagem inadequada das áreas agrícolas acarreta no carreamento de fertilizantes, agrotóxicos, lodo e outras substâncias, que podem contaminar os mananciais. Salienta-se que na sojicultura o herbicida é utilizado em várias etapas do cultivo, indicando uma contribuição mais significativa para o valor encontrado do glifosato do que a orizicultura.

Os dados deste trabalho evidenciam a importância de monitoramento dos marcadores de atividade agrícola e doméstica, associados ao biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos principalmente em Unidades de Conservação, devido à necessidade de conservar e disciplinar as atividades a serem implantadas em sua Zona de Amortecimento. Além de importante ferramenta para subsidiar o Plano de Manejo.

6. APÊNDICES

ILUSTRAÇÕES DO TRABALHO EMCAMPO E IDENTIFICAÇÃO EM LABORATÓRIO

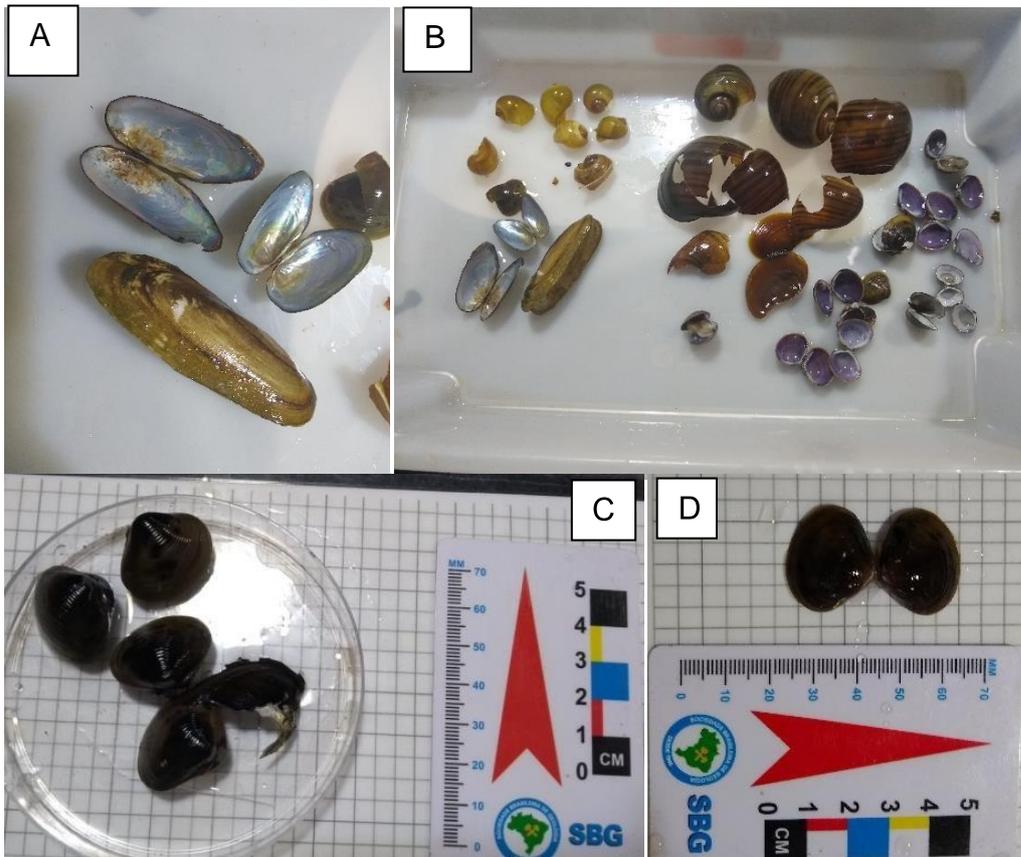


Figura 4: (A) (B) (C) *Bivalves*. (D) *Limnoperna fortunei*. Fonte: arquivo pessoal.



Figura 5: Coleta no município de Pedro Osório (nascente) (ponto 3).



Figura 6: Ponto de coleta (P1) dentro da Reserva Biológica do Mato Grande. Fonte: arquivo pessoal.

Quadro 1 – Coeficientes de correlação entre variáveis físico-químicas da água e da bentônica.

	Glifosato	Temperatura	O2 consumido	Condutividade	Cloreto	Turbidez	Salinidade
A. spixii	-0,28	-0,01	-0,28	-0,40	-0,15	-0,94	0,46
Baetidae	-0,21	0,76	0,65	0,33	0,21	-0,27	-0,66
Calopterygidae	0,74	0,03	0,27	0,66	0,66	0,66	0,27
Chironomidae	-0,32	0,24	-0,46	-0,52	-0,40	-0,82	0,02
Eupera sp.	0,26	0,63	0,92	0,76	0,58	0,27	-0,40
Hirudinea	0,42	0,70	0,97	0,93	0,87	0,23	0,07
L. fortunei	0,26	-0,21	0,22	0,21	0,21	0,58	0,27
Psephenidae	0,40	0,48	0,41	0,54	0,30	0,54	-0,40

¹Coeficiente de correlação de Spearman, valores em negrito são significativos a 5% de probabilidade de erro.

*Variáveis que não apresentaram nenhuma correlação foram suprimidas do quadro.

Quadro 2 – Coeficientes de correlação entre variáveis físico-química do solo e dados de fauna bentônica.

	A. spixii	Baetidae	Calopterygidae	Chironomidae	Eupera sp.	Hirudinea	Hyallela sp.	Leptohyphidae	L. fortunei	P. canalicularata	Psephenidae
Areia	0,27	0,76	0,13	-0,40	0,94	0,93	0,27	-0,13	0,15	-0,81	0,44
Silte	0,03	-0,88	0,13	0,15	-0,82	-0,81	-0,44	-0,13	-0,03	0,70	-0,27
Argila	0,27	-0,52	-0,39	0,52	-0,88	-0,99	-0,03	0,13	-0,27	0,73	-0,37
CTCefetiva	0,40	0,21	-0,13	0,88	-0,40	-0,32	0,78	0,66	-0,88	0,15	0,27
MO	0,41	-0,09	-0,27	0,84	-0,56	-0,64	0,42	0,27	-0,84	0,22	0,07
S	0,27	-0,76	-0,13	0,40	-0,94	-0,93	-0,27	0,13	-0,15	0,81	-0,44
P	0,88	0,15	-0,66	0,76	-0,27	-0,32	0,14	0,39	-0,58	0,06	-0,54
K	0,52	-0,64	0,13	0,64	-0,82	-0,64	-0,10	0,39	-0,52	0,58	-0,27
CTCph7	0,27	-0,03	-0,13	0,76	-0,40	-0,49	0,44	0,13	-0,88	0,03	0,27
Zn	0,27	-0,03	-0,13	0,76	-0,40	-0,49	0,44	0,13	-0,88	0,03	0,27
Mn	0,27	-0,76	0,39	-0,15	-0,70	-0,52	-0,27	0,13	0,33	0,81	-0,10

¹Coeficiente de correlação de Spearman, valores em negrito e em vermelho são significativos a 5% de probabilidade de erro.

*Variáveis que não apresentaram nenhuma correlação foram suprimidas do quadro.

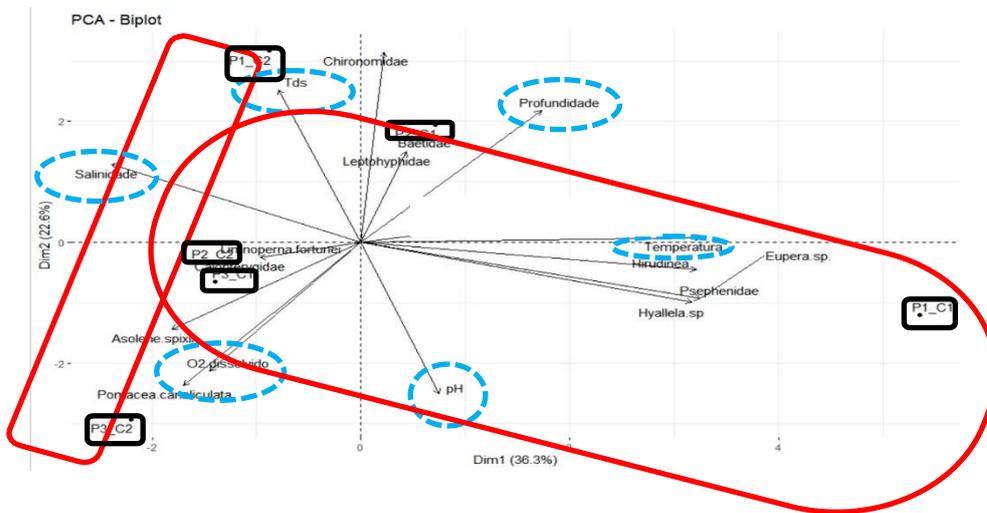


Figura 7: Gráfico biplot de representação da análise de componentes principais, componentes 1 e 2, de resultados de experimento analisando a macrofauna bentônica.

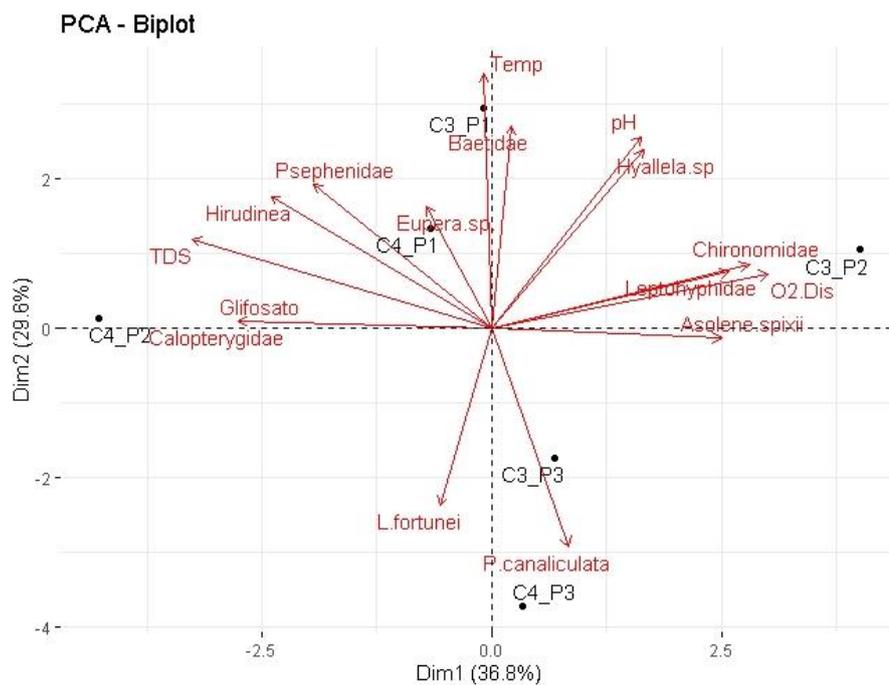


Figura 8: Gráfico biplot de representação da análise de componentes principais, componentes 1 e 2, de resultados de experimento analisando a macrofauna bentônica, apenas nas campanhas 3 e 4.