

ARTIGO RECEBIDO: 05/12/2023 – APROVADO: 06/03/2024 - PUBLICADO: 22/04/2024

AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DOS EFLUENTES GERADOS PELA INDÚSTRIA DE TINTAS E DE ABATES DE BOVINOS COMBINADOS VISANDO REUSO AGRÍCOLA

ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF EFFLUENTS GENERATED BY THE PAINT INDUSTRY AND CATTLE SLAUGHTER COMBINED FOR AGRICULTURAL REUSE

EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA DE EFLUENTES GENERADOS POR LA INDUSTRIA DE PINTURAS Y PROCESAMIENTO DE CARNES COMBINADOS PARA REÚSO AGRÍCOLA

Lorena Rodrigues da Costa¹; Thayrine Dias Carlos²; Warlyton Silva Martins³; Renato de Almeida Sarmiento³; Grasielle Soares Cavallini,,^{1,3,4}*

¹ Curso de Química Ambiental, UFT, Gurupi, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade, UFT, Gurupi, Brasil.

³ Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, UFT, Gurupi, Brasil.

⁴ Programa de Pós-Graduação Química, UFT, Gurupi, Brasil.

*Correspondência: grasielle@uft.edu.br.

RESUMO

As indústrias de tintas e de abate de bovinos tem chamado atenção para as práticas de reúso em virtude da quantidade de águas residuárias geradas. Além disso, o efluente da indústria de abate de bovinos apresenta elevada carga de nutrientes, assim como, o efluente da indústria de tintas apresenta índice elevado de carbonato, uma espécie química importante para a fertilidade e adequação do pH do solo. Dessa forma, a utilização combinada desses efluentes pode ser uma alternativa viável de produzir uma água com características físico-química e microbiológicas úteis para o setor agrícola. No entanto, além da avaliação nutricional do solo após a fertirrigação, uma informação imprescindível para determinar a viabilidade desta proposta é a quantificação da sua toxicidade aos ecossistemas, o que justifica a necessidade dos ensaios ecotoxicológicos para a obtenção de dados concretos quanto a segurança ambiental para o uso combinado destes efluentes na agricultura. Desta forma, neste trabalho foi utilizado o organismo *Girardia tigrina*, como um bioindicador de contaminação para ecossistemas de água doce. Como resultado observou-se que um efluente combinado com 50% de efluente de abate de bovinos e 50% de efluente de indústria de tintas, apresentou uma CL50 na concentração de 80% após 24h de exposição.

Palavras-chave: Fertirrigação. Planária. Águas residuárias.

ABSTRACT

The paint and cattle slaughter industries have drawn attention to reuse practices due to the amount of wastewater generated. Furthermore, the effluent from the cattle slaughtering industry has a high nutrient

load, just as the effluent from the paint industry has a high level of carbonate, a chemical species important for soil fertility and pH adjustment. Therefore, the combined use of these effluents can be a viable alternative for producing water with physical-chemical and microbiological characteristics useful for the agricultural sector. However, in addition to the nutritional assessment of the soil after fertigation, essential information to determine the viability of this proposal is the quantification of its toxicity to ecosystems, which justifies the need for ecotoxicological tests to obtain concrete data regarding environmental safety for the combined use of these effluents in agriculture. Therefore, in this work the organism *Girardia tigrina* was used as a bioindicator of contamination for freshwater ecosystems. As a result, it was observed that an effluent combined with 50% cattle slaughter effluent and 50% paint industry effluent, presented an LC50 at a concentration of 80% after 24 hours of exposure.

Keywords: Fertigation. Planaria. Wastewater.

RESUMEN

Las industrias de pinturas y procesamiento de carne han llamado la atención sobre las prácticas de reutilización debido a la cantidad de aguas residuales generadas. Además, el efluente de la industria procesadora de carne tiene una alta carga de nutrientes, al igual que el efluente de la industria de pinturas tiene un alto nivel de carbonato, una especie química importante para la fertilidad del suelo y el ajuste del pH. Por lo tanto, el uso combinado de estos efluentes puede ser una alternativa viable para producir agua con características físico-químicas y microbiológicas útiles para el sector agrícola. Sin embargo, además de la evaluación nutricional del suelo tras la fertirrigación, una información esencial para determinar la viabilidad de esta propuesta es la cuantificación de su toxicidad para los ecosistemas, lo que justifica la necesidad de realizar ensayos ecotoxicológicos para obtener datos concretos sobre la seguridad ambiental para el uso combinado de estos efluentes en la agricultura. Por lo tanto, en este trabajo se utilizó el organismo *Girardia tigrina* como bioindicador de contaminación para ecosistemas de agua dulce. Como resultado, se observó que un efluente combinado con 50% efluente de procesamiento de carne y 50% efluente de industria de pinturas, presentó una CL50 a una concentración del 80% después de 24 horas de exposición.

Descriptores: Fertirrigación. Planaria. Aguas Residuales.

INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Águas, a irrigação foi responsável pela retirada de 50% do volume total de água utilizada em 2020 e estima-se que o setor continue liderando nos próximos anos devido ao seu potencial de expansão (ANA, 2021). A agricultura é a principal atividade que mais demanda água, atingindo 70% do consumo mundial. Portanto, é necessário avaliar possíveis formas de reutilização do uso da água não destinada ao consumo humano, a fim de utilizá-las como bons recursos de irrigação com tratamento adequado.

Uma atividade industrial que tem chamado atenção para as práticas de reuso devido a quantidade de água residual gerada é o abate de bovinos. Conforme a Associação Brasileira de Indústrias da Alimentação, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne bovina. O setor utiliza em média 1000L de água por animal, além de mais de 3000L para limpeza e higienização completa diária,

correspondendo a 22% do consumo total, classificando este processo industrial com o segundo lugar em demanda. Considerando que o Tocantins tem sua economia baseada na agropecuária e 6 meses de estiagem, a alternativa de reuso destes efluentes é uma importante estratégia de agricultura sustentável.

Outro efluente gerado em grandes volumes são os efluentes das indústrias de tintas, os quais são ricos em carbonato, uma espécie química importante para a fertilidade e adequação do pH do solo. Além disso, o seu elevado pH pode ser uma ferramenta para redução de patógenos, por isso sua utilização combinada com o efluente de abate de bovinos poderia ser uma alternativa viável de produzir uma água com características físico-química e microbiológicas úteis para o setor agrícola. No entanto, uma informação imprescindível para avaliar a viabilidade desta proposta é a determinação da sua toxicidade aos ecossistemas.

Os primeiros testes de toxicidade com despejos industriais foram realizados entre 1863 e 1917, porém somente na década de 30 foram realizados testes de toxicidade aguda com organismos aquáticos, com objetivo de estabelecer a relação causa/efeito de substâncias químicas e despejos líquidos (Rand, 1995). Os métodos biológicos para a avaliação de toxicidade de efluentes industriais constituem importantes ferramentas na prevenção, caracterização e controle da poluição que atinge os ecossistemas aquáticos (Bezerra et al., 2022). Os testes de toxicidade para avaliar os efeitos causados à espécie teste, compreende na exposição dos organismos a várias concentrações de uma ou mais substâncias, ou a fatores ambientais, durante um determinado período (Carlos et al., 2021). Estes testes são denominados de bioensaios ou ensaios biológicos.

A avaliação de toxicidade é realizada através da execução de ensaios biológicos diversos. Na avaliação da qualidade da água, por meio de análises biológicas, usualmente são empregados métodos fisiológicos que constituem na exposição dos organismos a uma amostra de água ou sedimento, avaliando-se a intensidade do efeito produzido na sobrevivência, crescimento e reprodução dos organismos, ou métodos ecológicos que partem do levantamento das comunidades presentes no corpo de água, cuja composição permite inferir condições ambientais prevalentes (Roberto e Abreu, 1991).

As planárias são organismos aquáticos utilizadas como bioindicador de contaminação ambiental, e podem ser encontradas em: poças, riachos e nascentes. A planária desempenha relevante função nos ecossistemas aquáticos, pois servem de alimento para invertebrados e vertebrados predadores e também são predadoras de pequenos invertebrados, como protozoários, rotíferos, pequenos crustáceos, caramujos e larvas de inseto como do *C. xanthus* (Bezerra et al., 2022).

As planárias são consideradas um dos organismos mais primitivos, são animais de vida livre, que pertencem ao filo dos Platyelminthes (Classe Turbellaria, Ordem Tricladida), fascinam cientistas e não cientistas devido à sua grande capacidade regenerativa há mais de 100 anos. São descritas algumas espécies que podem ser aquáticas (de água doce e de água salgada) ou terrestres. As planárias possuem

simetria bilateral, com uma abertura ligada à faringe, um tubo muscular extensível para o exterior do animal, usado na ingestão de nutrientes e na defecação, possuem também cefalização, cordão espinhal, neurotransmissores similares aos dos humanos, quimiorreceptores e fotosensibilidade. Outra característica importante destes organismos é o mesênquima rico em neoblastos, células-tronco com alta capacidade regenerativa. São de manutenção fácil e de baixo custo, constituindo excelentes modelos para análise dos mecanismos de regeneração. São excelentes modelos biológicos, para a compreensão de processos biológicos comuns ao funcionamento de outras espécies (De Faria 2021).

Por esse motivo, esse trabalho visa avaliar a ecotoxicidade da combinação dos efluentes da indústria de tintas e de abate de bovinos por meio do organismo testes *Girardia tigrina*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e caracterização das amostras

Os efluentes foram coletados de indústrias regionais, sendo o efluente de abate de bovinos provenientes de um frigorífico com média de 1200 cabeças de gado por mês (Figura 1) e uma indústria de tinta ativa desde 2014.

Figura 1 - Lagoa de tratamento do efluente de abate de bovinos.



Fonte: autoral 2023.

Após as coletas as amostras foram caracterizadas no laboratório de Análises Ambientais da UFT, pelos parâmetros: turbidez, sólidos (dissolvidos, suspensos e totais), condutividade, demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido, coliformes totais, *E. coli*, pH, cor, temperatura e nitrogênio total (APHA, 2017).

Para os demais parâmetros químicos, análise elementar, foi separada uma alíquota de 10 ml das amostras, acidificadas com 5% de ácido nítrico *suprapur* e em seguida filtradas em membrana de 0,45µm. Após a leitura da curva padrão multielementa, a alíquota (acidificada e filtrada) foi analisada em equipamento de Emissão atômica de Plasma.

Bioensaios com *Girardia tigrina*

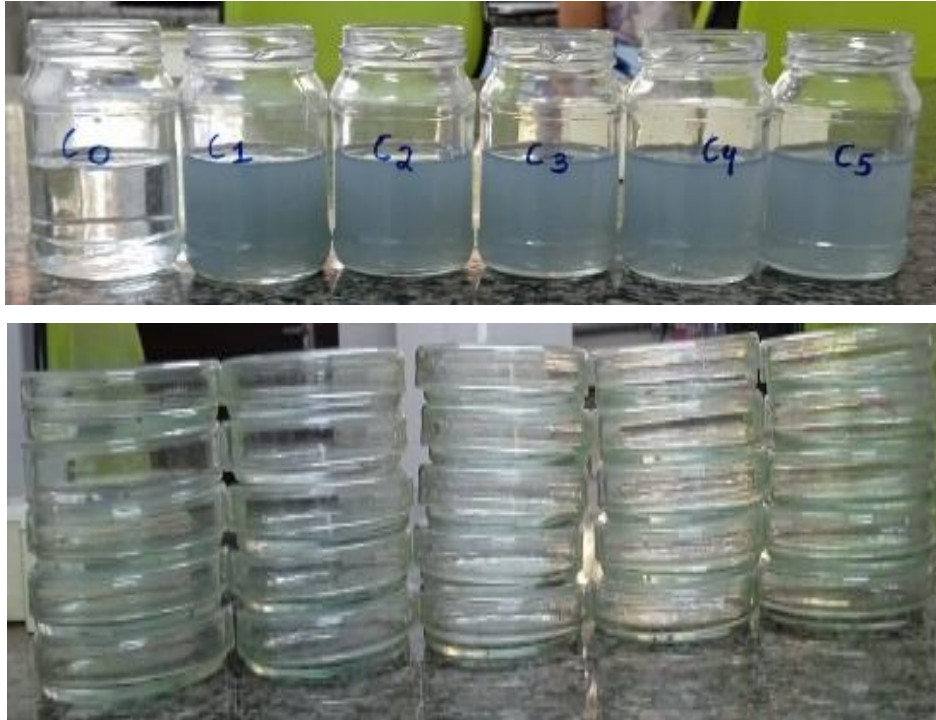
A cultura de planárias da espécie *Girardia tigrina* foi cultivada no Laboratório de Ecotoxicologia da Universidade Federal do Tocantins (UFT – Campus Gurupi), seguindo os protocolos estabelecidos neste laboratório. A espécie *G. tigrina* foi mantida em bandejas de cultura, contendo 1,5 L de meio ASTM (Sociedade Americana de Testes e Materiais), mantida em uma sala climatizada a $\pm 23^{\circ}\text{C}$, sob aeração constante. Os organismos foram alimentados semanalmente com fígado bovino, com decorrente renovação do meio.

Para preparação do meio ASTM adicionaram-se 38,10 g de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) em de 2 L (ASTM-1), 49,14 g de sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) em 2 L (ASTM-2), 1,60 g cloreto de potássio (KCl) em 2 L (ASTM-3) e 2,40 g de sulfato de cálcio $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ em 1,5 L (ASTM-4), diluídos com água destilada até atingir a capacidade de 20 L. Após o preparo do meio, o pH foi ajustado para 7,5. Para a realização do teste letal foram selecionados organismos de 0,8 mm ($\pm 0,1$ cm) de comprimento, sem alimento por no mínimo sete dias antes do ensaio ecotoxicológico. Foram realizados experimentos para a análise da toxicidade com diferentes concentrações.

Para a determinação da concentração letal (CL50) dos efluentes combinados, foi preparada uma solução mãe com 50% de efluente de indústria + 50% efluente de abate bovino. Desta solução foram feitas diluições com meio ASTM e diferentes concentrações dos efluentes combinados. No primeiro ensaio foram avaliadas as concentrações 0% (controle), 20%, 30%, 40% e 50%, no entanto, todas as planárias permaneceram vivas. Um novo ensaio foi realizado com as concentrações de 0%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100%. No segundo ensaio foram utilizadas 30 placas de petri ($\varnothing = 90$ mm), sendo cinco réplicas para cada concentração. Cada placa continha cinco planárias e 20 mL de solução experimental, totalizando 150 organismos para o teste (Figura 2). Os organismos foram expostos por 96 horas em sistema imóvel, sem luz e sem alimentação. Assim, a mortalidade foi analisada após 24, 48, 72 e 96 horas de exposição por contagem do número de organismos imóveis/mortos em cada repetição, a fim de determinar a CL50.

A CL50 de cada período com o efluente combinado utilizando o organismo *G. tigrina* foi estimada por análise de dose-resposta utilizando uma curva logística de quatro parâmetros. As avaliações estatísticas foram feitas utilizando o software GraphPad Prism versão 10.0 para Windows (GraphPad Software, La Jolla, Califórnia, EUA).

Figura 2 - Bioensaio com *G. trigrina*.



Fonte: Autoral 2023

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização dos efluentes demonstraram que ambos apresentam alto teor de matéria orgânica (estimada pela análise de DQO), nitrogênio e fósforo, além de outros macros e micronutrientes. O efluente da indústria de tintas apresentou menor quantidade de *E. coli*, porém uma turbidez elevada devido aos sólidos em suspensão. Estas características são importantes para justificar a combinação dos efluentes, pois promove uma redução de *E. coli* e proporcionaria uma menor propensão de entupimento dos aspersores de irrigação.

Os resultados das caracterizações dos efluentes é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização físico-química e microbiológica dos efluentes.

| Parâmetros | Efluente combinado (1:1) |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| pH | 7,33±0,05 |
| Temperatura (°C) | 26±0,5 |
| DQO (mg/L) | 699±40 |
| OD (mg/L) | 5,28±0,5 |
| Condutividade (µS/cm) | 533,4±3,5 |
| Sólidos dissolvidos totais (mg/L) | 266,7±1,7 |

| | |
|-------------------------------|------------|
| Turbidez (mg/L) | 72±5 |
| Nitrogênio total (mg/L) | 1262±63 |
| Sódio (mg/L) | 28,04±0,63 |
| Potássio (mg/L) | 14,24±0,03 |
| Magnésio (mg/L) | 4,93±0,1 |
| Cálcio (mg/L) | 3,85±0,33 |
| Molibdênio (mg/L) | ND |
| Fósforo (mg/L) | 10,33±0,31 |
| Zinco (mg/L) | 0,12±0,00 |
| Ferro (mg/L) | 0,12±0,00 |
| Cobre (mg/L) | 0,2±0,00 |
| Níquel (mg/L) | ND |
| Manganês (mg/L) | 0,1±0,00 |
| <i>E. coli</i> (UFC/100mL) | 900 |
| Coliformes totais (UFC/100mL) | 8000 |
| Cobalto (mg/L) | ND |
| Lítio (mg/L) | ND |
| Sólidos totais (mg/L) | 363 |

ND=não detectado.

Os resultados da avaliação ecotoxicológica são apresentados na Tabela 2.

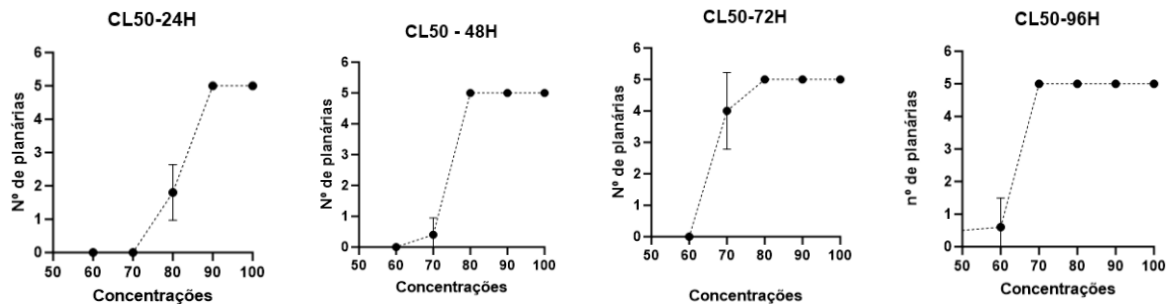
Tabela 2 - Valores da CL50 para cada tempo de exposição aos efluentes combinados.

| Horas | CL50 | R² |
|--------------|-------------|----------------------|
| 24h | 80,24 | 0,9817 |
| 48h | 70,90 | 0,9933 |
| 72h | 69,25 | 0,9625 |
| 96h | 60,76 | 0,9798 |

Fonte: autoral 2023

Nesse bioensaio foram avaliados os efluentes combinados (50% do efluente da indústria de tintas e 50% do efluente do abate de bovinos) nas diluições de 60%, 70%, 80%, 90% e 100%, nos tempos de exposição de 24, 48, 72 e 96 horas. Vale ressaltar que não houve mortalidade das planárias no ensaio controle (100% ASTM). Os gráficos de dose-respostas são apresentados na Figura 3.

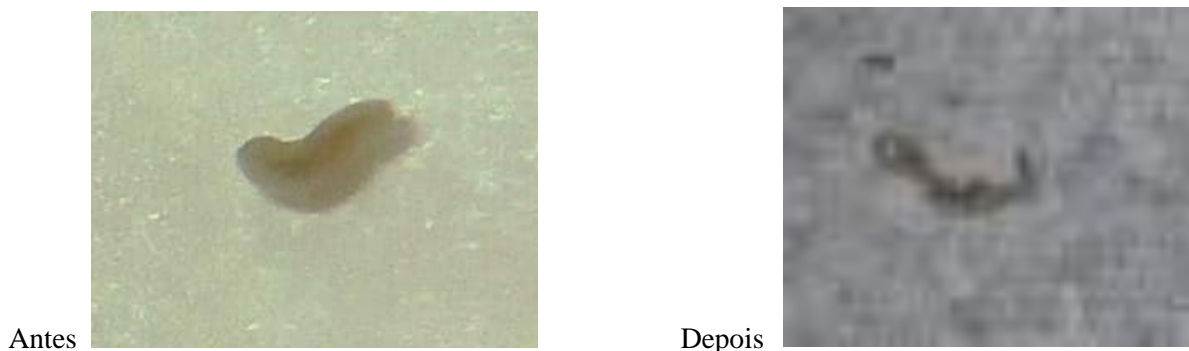
Figura 3 - Dose-resposta nos tempos de exposição de 24, 48, 72 e 96h.



Fonte: autoral 2023.

Observou-se que ao final da exposição houve mortalidade total nas concentrações de 90% e 100% nas primeiras 24 horas. Nas 72 horas restantes houve o aumento da mortalidade dos organismos, porém de forma mais lenta. Vale ressaltar que durante o período de exposição das maiores concentrações foi perceptível a ocorrência de deformações corporais seguidas de desintegração total do corpo (Figura 4).

Figura 4 - Desintegração da planária em concentrações maiores.



Fonte: autoral 2023.

De acordo com a Tabela 2, no tempo de exposição de 24 h, a diluição de 80% teve efeito letal em 50% das planárias, esse efeito foi se acentuando em maiores tempos de exposição, sendo observado no tempo de 96 horas o mesmo efeito na diluição de 60%.

O estudo da ecotoxicidade dos efluentes de forma isolada foi realizada por outros pesquisadores do grupo de pesquisa e estão em fase de publicação. Eles demonstraram que o efluente da indústria de tintas 100% não apresentou efeito letal em planárias, porém 25% do efluente de abate de bovinos foi suficiente para ocasionar a morte de 50% das planárias.

O alto teor de matéria orgânica pode explicar o efeito letal ocorrido, pois o consumo de oxigênio da água pelas bactérias aeróbias para degradação da matéria orgânica, reduz a disponibilidade de oxigênio para as planárias, as quais precisam do oxigênio dissolvido da água para respiração.

CONCLUSÃO

Este trabalho contribuiu com informações ecotoxicológicas referente a possibilidade de reutilização de dois efluentes de forma combinada. A combinação de efluentes possibilita alterações nas condições físico-químicas e microbiológicas dos efluentes visando compor uma água residuária que possa atender melhor a demanda de reuso. Neste caso a combinação implicaria na redução de *E. coli* e de sólidos em suspensão. No entanto, a utilização desta combinação de 1:1 ainda iria conferir toxicidade considerando o organismo teste planária. Novas combinações e avaliações em fertirrigação são passos futuros para consolidação do estudo.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil. Contou também com o apoio da PROPESQ/UFT, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Tocantins (FAPT) e CAPES.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

BIBLIOGRAPHY

ARAÚJO, E. O. A. Avaliação morfológica e enzimática de plantas de psidium spp. Infectadas com meloidogyne enterolobii. Natal, RN. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); 2016.

AMAKO, Katsumi; CHEN, Gong-Xiang; ASADA, Kozi. Separate assays specific for ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase and for the chloroplastic and cytosolic isozymes of ascorbate peroxidase in plants. **Plant and Cell Physiology**, v. 35, n. 3, p. 497-504, 1994.

ASADA, K.; TAKAHASHI, M. Production and scavenging of active oxygen in photosynthesis. D.J. Kyle, C.B. Osmond, C.J. Arntzen (Eds.), Photoinhibition, **Elsevier Science Publishers**, New York, 227-287, 1987.

BEAUCHAMP, Charles; FRIDOVICH, Irwin. Superóxido dismutase: ensaios melhorados e um ensaio aplicável a géis de acrilamida. **Bioquímica analítica**, v. 44, n. 1, pág. 276-287, 1971.

BEDENDO, I. P.; PRABHU, A. S. Doenças do Arroz. In: AMORIN, L. et al. (Eds.) Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas. 5 ed. São Paulo, SP: **Agronômica Ceres**. 2016. v. 2, cap. 10, p. 87-99.

BRANDÃO, D. F. R. Isolamento de micro-organismos antagonistas de solo para o controle de *Bipolaris oryzae*, agente causal da mancha parda em arroz. São Paulo, SP. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo -USP; 2018.

CALLEGARI, D. M. Expressão de genes de catalase e peróxido dismutase da mandioca durante interação com *Phytophthora sp.* Belém, PA. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal Rural da Amazônia -UFRA; 2020.

CHHABRA, R.; SHARMA, R.; HUNJAN, M.S.; SHARMA, V.K.; SHARMA, P.; CHAUHAN, S.K. Variações microestruturais e metabólicas induzidas por *Bipolaris oryzae* incitando a doença da mancha marrom do arroz. **Comunicações de Pesquisa de Cereais**, v.1, p. 1-16. 2023.

DALLAGNOL, L. J.; RODRIGUES, F. A.; MIELLI, M. V. B.; MA, J. F. Rice grain resistance to brown spot and yield are increased by silicon. **Tropical Plant Pathology**, Lavras, v. 39, n. 1, p. 56-63, 2014.

DORNELES, K. R.; PAZDIORA, P. C.; MARQUEZIN, D.; REBHACHN, I. G.; MORELLO, T. N.; DALLAGNOL, L. J. Componentes bioquímicos e epidemiológicos associados à resistência do arroz à mancha parda. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.1, p.44-49, 2019.

FIDELIS, R. R.; KISCHEL, E.; CANCELLIER, E. L.; TAVARES, T. C. de O.; LOPES, M. B. S.; MARQUES, K. R. Efeito do rolo compactador na semeadura de variedades de arroz em várzeas tropicais. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, 10: 17-24, 2020.

HAVIR, Evelyn A.; MCHALE, Neil A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant physiology**, v. 84, n. 2, p. 450-455, 1987.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da Produção Agrícola. 2023. Disponível em <https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemático_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2023/estProdAgri_202301.pdf> acesso em 09/09/2023.

IMRAN, M.; SAHI, S.T.; ATIQ, M.; RASUL, A. Mancha marrom nas folhas: uma doença embrionária exacerbada do arroz: uma revisão. **Jornal de Ciências Inovadoras**, v. 2, p. 108-125. 2020.

MANDAL, S. Induction of phenolics, lignina and key defense enzymes in eggplant (*Solanum melongena* L.) roots in response to elicitors. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 47, p. 8038–8047, 2010.

MIZOBUCHI, R.; FUKUOKA, S.; TSUSHIMA, S.; YANO, M.; SATO, H. QTLs for resistance to major rice diseases exacerbated by global warming: brown spot, bacterial seedling rot, and bacterial grain rot. **Rice**, New York, v. 9, n. 23, 2016.

MOURÃO, D. S. C. Levantamento do uso e potencial fungitóxico de óleos essenciais de plantas com vistas ao controle alternativo de fitopatógenos e suas ações inseticidas. Gurupi, TO. **Tese de doutorado**. Universidade Federal do Tocantins -UFT; 2021.

KESHAVARZ-TOHIDA, V.; TAHERI, P.; TAGHAVI, S. M. TARIGHI, S. O papel do óxido nítrico na resistência basal e induzida em relação ao peróxido de hidrogênio e enzimas antioxidantes. **Journal of Plant Physiology**, v. 199, p. 29-38, 2016.

SILVA, D. A.; HAMAWAKI, C.L.; JULIATTI, B.C.M.; SANTOS, L. N., HAMAWAKI, O.T., BORGES, D.L.; Nogueira, A.P.O.; Um sistema fitopatométrico automático para avaliação da severidade de clorose e necrose da infecção pela ferrugem asiática da soja. **Computadores e Eletrônica na Agricultura**, v. 192, p. 106542, 2022.

SINGH, S., PARIHAR, P., SINGH, R., SINGH, V.P., PRASAD, S.M., ANTONIO, C. Heavy metal tolerance in plants: role of transcriptomics, proteomics, metabolomics, and ionomics. **Front. Fronteiras nas ciências de plantas**. V. 6, p. 1143. 2016.

STARLING, Cíntia da Silva Alves Zappavigna et al. Características bioquímicas do parasitismo de *Meloidogyne enterolobii* e *M. Incognita* em cultivares de pimentão. Botucatu, SP. **Tese de doutorado**. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho -UNESP; 2019.

THANH, N. **A doença da mancha marrom infectou mais de 2.000 hectares de arroz primavera em Ha Tinh**. 2018. Disponível online: <https://nongnghiep.vn/benh-dom-nau-tiem-lua-an-hon-2000-ha-lua-xuan-o-ha-tinh-d216544.html>, acessado em 18/11/2023.

WANG, W.; ZHANG, X.; DENG, F.; YUAN, R.; SHEN, F. Genome-wide characterization and expression analyses of superoxide dismutase (SOD) genes in *Gossypium hirsutum*. **BMC Genomics**, v. 18, n. 1, p. 1-25, 2017.

WIRTH, S. J.; WOLF, G. A. Substratos marcados com corante para ensaio e detecção de atividade de quitinase e lisozima. **Revista de Métodos Microbiológicos**, v. 12, n. 3-4, pág. 197-205, 1990.

ZHANG, S.; LI, Q.; MA, K.; CHEN, L. Temperature-dependent gas exchange and stomatal/non-stomatal limitation to CO₂ assimilation of *Quercus liaotungensis* under midday high irradiance. **Photosynthetica**, v. 39, p. 383-388. 2001.