

FERMENTAÇÃO DE *TRICHODERMA KONINGIOPSIS* EM BIORREATOR AIRLIFT PARA PRODUÇÃO DE BIOHERBICIDAS

VITÓRIA DASSOLER LONGO ^{1,2*}, MARCELLI POWZUM AMORIM ^{2,3}, HELEN
TREICHEL ^{2,4}

1 Introdução

Apesar dos avanços na ciência e na gestão pública, a humanidade continua a enfrentar desafios significativos relacionados à melhoria das condições ambientais, que impactam diretamente a qualidade de vida atual (Suliman et al., 2025). Pesquisas buscam maximizar a eficiência dos recursos, mantendo o valor e a utilidade dos recursos pelo maior tempo possível, por exemplo, com a reutilização de resíduos em um processo ou seu uso como matéria-prima para um processo secundário (Stegmafn et al., 2020).

Fungos são candidatos potenciais e promissores para diversas produções industriais de enzimas, e a maioria delas é de natureza lignocelulolítica, como as celulasas. *Trichoderma spp.* e *Aspergillus spp.* são potentes produtores de celulasas que podem ser utilizados em escala comercial para a produção de enzimas (Montoya et al., 2021; Legodi et al., 2023). A indústria utiliza essa capacidade dos fungos há décadas, mas atualmente há um crescimento significativo no investimento para produção de metabólitos especializados (como enzimas) a partir de culturas fúngicas (Wösten, 2019).

Neste contexto, este estudo teve como objetivo produzir um biocompósito do fungo *Trichoderma koningiopsis*, por meio de fermentação em biorreator Airlift, utilizando microalgas derivadas do tratamento de águas residuais. Além disso, verificar como as atividades enzimáticas afetam a produção do biocompósito.

¹ Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim, contato: vitorialongo22@gmail.com

² Laboratório de Microbiologia e Bioprocessos (LAMIBI)

³ Doutoranda em Ciência e Tecnologia Ambiental, UFFS, campus Erechim

⁴ Doutora em Engenharia de Alimentos, UFFS, campus Erechim, **ORIENTADORA**

2 Objetivos

- Produzir bioherbicida fúngico a partir de fermentação utilizando microalgas provenientes do tratamento de efluentes;
- Estudar como as atividades enzimáticas afetam a produção de bioherbicida em biorreator tipo Airlift.

3 Metodologia

O cultivo de microalgas ocorreu em tela de sombreamento com bloqueio de 50% da radiação de luz natural, para impedir a fotoinibição, sendo cultivadas em temperatura ambiente (aproximadamente 28 °C) e intensidade luminosa média de $914,48 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Esse cultivo aconteceu em caixa transparente de 50 L com esgoto pré-tratado anaerobiamente em reator UASB e 5 L de inóculo das microalgas nativas de águas residuais sanitárias provenientes da estação de tratamento de efluentes de Candeia/Bauru-SP.

Para o cultivo do microrganismo, previamente foram preparados meios de cultura de ágar batata dextrose, para que o fungo *Trichoderma koningiopsis*, isolado de planta daninha *Digitaria ciliares* e reconhecido em outros estudos como excelente produtor de enzimas, fosse repicado e armazenado em BOD à 28 °C por 7 dias.

A fermentação aconteceu com condição previamente otimizada, com 11,06 g de microalgas e 16 mL de antiespumante, adicionados em biorreator Airlift de bancada, completando o volume final de 2 L com água destilada. O biorreator foi esterilizado a 120 °C por 30 minutos a 1 atm, para posteriormente inocular 10^6 esporos/mL de suspensão de *Trichoderma koningiopsis*. A fermentação ocorreu por 72 horas a 28 °C, com retiradas de amostras a cada 24 horas, sendo devolvidos a mesma quantidade para reposição (20 mL). Após o tempo de fermentação, o líquido foi filtrado e centrifugado para análises seguintes.

As enzimas analisadas foram celulase (Ghose et al., 1987), amilase (Fuwa et al., 1954), peroxidase (Devaiah et al., 2009 ; Khan et al., 1994), lacase (Hou et al., 2004), lipase (Treichel et al., 2017), protease (Qureshi et al., 2016), catalase (Hasan et al., 2022; Havir et al., 1987), ascorbato peroxidase (Nakano et al., 1981 ; Fal et al., 2022) e superóxido dismutase (Hasan et al., 2022), ambas de grande relevância e impacto ambiental.

4 Resultados e Discussão

Após as análises de atividades enzimáticas, constatou-se que enzimas como catalase e lacase não apresentaram atividade em nenhum ponto, em geral a lacase é uma enzima de grande complexibilidade de ser obtida, pois necessita de substratos com indutores químicos, exigindo uma fermentação mais complexa. (Rodríguez et al., 2019)

Já a enzima protease teve pico de atividade no tempo zero, com 119,44 U/mL, e foi decaindo ao decorrer da fermentação. O mesmo comportamento foi observado para lipase, porém com atividade inferior no tempo zero, 0,90 U/mL, zerando a atividade após 48 horas. A enzima superóxido dismutase seguiu o mesmo padrão, com valores iniciais de 11,01 U/mL e atividade nula ao decorrer da fermentação. Simultaneamente, a enzima tanase apresentou (0,069 U/mL) ao início e decaimento no decorrer do processo.

Para a enzima celulase, observamos um valor inicial de atividade enzimática de 0,061 U/mL, porém após 24 horas, foi possível notar um elevado aumento da atividade (0,969 U/mL), com decaimento ao decorrer da fermentação. Esse aumento da atividade pode ser explicado, pelo fato do gênero *Trichoderma* ser considerado bom produtor de celulases.

Um comportamento diferente dos demais foi observado para amilase, seu pico de atividade foi observado em 48 h, com 60,83 U/mL, demonstrando um crescimento ao decorrer da fermentação. O mesmo ocorreu para ascorbato peroxidase e peroxidase, com valores máximos de 2,9 U/mL e 3,05 U/mL, respectivamente, destacando novamente que o gênero *Trichoderma koningiopsis* ser considerado bom produtor de peroxidase (Bordin et al., 2018) e para as demais enzimas é possível notar que o fungo é um bom produtor destas enzimas nas condições que foram dadas.

5 Conclusão

Os ensaios demonstram que o fungo estudado tem grande potencial para ser um agente de controle biológico de plantas invasoras quando combinado com microalgas utilizadas no tratamento de esgoto, resultando num complexo enzimático com interesse biotecnológico e com elevado potencial de bioherbicida, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Referências Bibliográficas

BORDIN, E. R.; CAMARGO, A. F.; ROSSETTO, V.; SCAPINI, T. Non-toxic bioherbicides obtained from *Trichoderma koningiopsis* can be applied to the control of weeds in agriculture crops. **Industrial Biotechnology**, v. 14, n. 3, p. 157–163, jun. 2018. DOI: 10.1089/ind.2018.0007

DEVAIAH, S.; SHETTY, H. Purification of an infection-related acidic peroxidase from pearl millet seedlings. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 94, n. 2–3, p. 119–126, jun. 2009. DOI: 10.1016/j.pestbp.2009.04.010

FAL, S.; AASFAR, A.; RABIE, R.; SMOUNI, A.; EL MRITTAG, H. Salt induced oxidative stress alters physiological, biochemical and metabolomic responses of green microalga *Chlamydomonas reinhardtii*. **Heliyon**, v. 8, n. 1, jan. 2022. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e08811

FUWA, H. A new method for microdetermination of amylase activity by the use of amylose as the substrate. **Journal of Biochemistry**, v. 41, n. 5, p. 583–603, set. 1954. DOI: 10.1093/oxfordjournals.jbchem.a126476.

GHOSE, T. K. Measurement of cellulase activities. **Pure and Applied Chemistry**, v. 59, n. 2, p. 257–268, 1987. <https://doi.org/10.1351/pac198759020257>

HASAN, M. et al. Physiological and biochemical responses of selected weed and crop species to the plant-based bioherbicide WeedLock. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 19602, 15 nov. 2022. DOI: [10.1038/s41598-022-24144-2](https://doi.org/10.1038/s41598-022-24144-2)

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, v. 84, n. 2, p. 450–455, 1987. <https://doi.org/10.1104/pp.84.2.450>

HOU, H. et al. Enhancement of laccase production by *Pleurotus ostreatus* and its use for the decolorization of anthraquinone dye. **Process Biochemistry**, v. 39, n. 11, p. 1415–1419, 2004. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(03\)00267-X](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(03)00267-X)

KHAN, A. A.; ROBINSON, D. S. Hydrogen donor specificity of mango isoperoxidases. **Food Chemistry**, v. 49, n. 4, 1994. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(94\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0308-8146(94)90013-2)

LEGODI, Lesetja Moraba et al. Production of the cellulase enzyme system by locally isolated *Trichoderma* and *Aspergillus* species cultivated on banana pseudostem during solid-state fermentation. **Fermentation**, v. 9, n. 5, p. 412, 2023.

MONTOYA, Sandra et al. Production of lignocellulolytic enzymes and biomass of *Trametes versicolor* from agro-industrial residues in a novel fixed-bed bioreactor with natural convection and forced aeration at pilot scale. **Processes**, v. 9, n. 2, p. 397, 2021.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867–880, 1981. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>

QURESHI, Abdul Sattar et al. Coproduction of protease and amylase by thermophilic *Bacillus* sp. BBXS-2 using open solid-state fermentation of lignocellulosic biomass. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 8, p. 146–151, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.09.006>

RODRÍGUEZ, R. D. et al. Enhancing laccase production by white-rot fungus *Funalia floccosa* LPSC 232 in co-culture with *Penicillium commune* GHAE86. **Folia Microbiologica**, v. 64, n. 1, p. 91–99, jan. 2019. DOI: 10.1007/s12223-018-0635-y

STEGMANN, Paul et al. The circular bioeconomy: its elements and role in European bioeconomy clusters. **Resources, Conservation & Recycling: X**, v. 6, p. 100029, 2020.

SULIEMAN, Rayyan et al. Can the resource nexus guide improvements in urban planetary health? Insights from a literature review. **Resources, Environment and Sustainability**, v. 20, p. 100224, 2025.

TREICHEL, H.; SBARDELOTTO, M.; VENTURIN, B.; AGNOL, A. D.; MULINARI, J.; GOLUNSKI, S. M.; VARGAS, G. D. L. P.; MOSSI, A. J. Lipase production from a newly isolated *Aspergillus niger* by solid state fermentation using canola cake as substrate. **Current Biotechnology**, v. 6, n. 4, p. 295–300, out. 2017. DOI: 10.2174/2211550105666151124193225.

WÖSTEN, Han A. B. Filamentous fungi for the production of enzymes, chemicals and materials. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 59, p. 65–70, 2019.

Palavras-chave: Enzyme; Agroecology; Bioprocess; Microalgae.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES 2024 - 0108

Financiamento: CNPq

