BIOTECNOLOGIA NO BRASIL

VOLUME II

Milena Gaion Malosso
Ivan Monteiro dos Santos



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Milena Gaion Malosso
Ivan Monteiro dos Santos

Biotecnologia no Brasil

2ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

Copyright© 2024 por Editora Conhecimento Livre

2ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Malosso, Milena Gaion
M419B Biotecnologia no Brasil

/ Milena Gaion Malosso. Ivan Monteiro dos Santos. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2024

74 f.: il
DOI: 10.37423/2024.edcl1006
ISBN: 978-65-5367-551-3
Modo de acesso: World Wide Web
Incluir Bibliografia

1. métodos-e-técnica 2. -atualização-de-área 3. aplicações I. Malosso, Milena Gaion II. Santos, Ivan Monteiro dos III. Título

CDU: 660.6

https://doi.org/10.37423/2024.edcl1006

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

Dr. Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo

Dr. Rodrigo Couto Santos

Dra. Milena Gaion Malosso

PHD Marcos Pereira Dos Santos

Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO
2024

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 6
BIOTECNOLOGIA NO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS NA AGRICULTURA
Suzia Rocha de Araújo
Keila Abreu Sepuvida Nabeshima Farias
Ivan Monteiro dos Santos
Tatiana Gaion Malosso
Fleming Nabeshima Farias
Milena Gaion Malosso
DOI 10.37423/240909284

CAPÍTULO 2 12
METODOLOGIAS PARA A LAVAGEM ADEQUADA DE VIDRARIAS E MATERIAIS DELABORATÓRIO DE CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS.
Suzia Rocha de Araújo
Keila Abreu Sepuvida Nabeshima Farias
Ivan Monteiro dos Santos
Tatiana Gaion Malosso
Fleming Nabeshima Farias
Milena Gaion Malosso
DOI 10.37423/240909334

CAPÍTULO 3 20
PROCEDIMENTOS DE ASSEPSIA E CONTROLE DE FÔMITES EM LABORATÓRIOS DE CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS.
André Ramos
Maria Aparecida Silva Furtado
Eraldo Ferreira Lopes
João Fleming Andrade Nabeshima
Milena Gaion Malosso
DOI 10.37423/240909338

CAPÍTULO 4 27
USO DE EDIÇÃO DE GENES NA AGRICULTURA PARA A INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA ALIMENTAR O MUNDO.
Jardson Silva da Silva Souza
Natasha Verdasca Meliciano
Edilson Pinto Barbosa
Milena Gaion Malosso
DOI 10.37423/240909340

CAPÍTULO 5 39
ASPECTOS MOLECULARES DA REGENERAÇÃO IN VITRO EM PLANTAS
Danfer Gergino Mendonza Boncanegra
Eraldo Ferreira Lopes
Michel Nasser Corrêa Lima Chamy
Natasha Verdasca Meliciando
Milena Gaion Malosso
DOI 10.37423/240909346

CAPÍTULO 6 50
A IMPORTÂNCIA DA BIODIVERSIDADE PARA A SAÚDE HUMANA E PLANETÁRIA
Danfer Gergino Mendonza Bocanegra
Eliana de Macedo Medeiros
João Fleming Andrade Nabeshima
Milena Gaion Malosso
DOI 10.37423/240909349

CAPÍTULO 7 61
ROTINA DE UM LABORATÓRIO DE CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS
Simone Silva dos Santos
Keila Abreu Sepuvida Nabeshima Farias
Jack Berllen Santos Rojas
Milena Gaion Malosso
DOI 10.37423/240909350

CAPÍTULO 8 69
O USO DA BIOTECNOLOGIA EM BIORREATORES, AVANÇOS NA PRODUÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS BIOLÓGICOS.
Talhison Pereira da Silva
Milena Gaion Malosso
DOI 10.37423/241009361

Capítulo 1

10.37423/240909284

BIOTECNOLOGIA NO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS NA AGRICULTURA

Suzia Rocha de Araújo — *Universidade Federal do Amazonas*

Keila Abreu Sepuvida Nabeshima Farias — *Universidade Federal do Amazonas*

Ivan Monteiro dos Santos — *Universidade Federal do Amazonas*

Tatiana Gaion Malosso — *Instituto Federal do Amazonas*

Fleming Nabeshima Farias — *Universidade Federal do Amazonas*

Milena Gaion Malosso — *Universidade Federal do Amazonas*

1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna enfrenta desafios significativos devido ao impacto das pragas, que podem causar perdas substanciais na produção. O uso intensivo de pesticidas químicos para o controle de pragas tem levantado preocupações ambientais e de saúde, além de levar ao desenvolvimento de resistência por parte dos insetos. Como alternativa sustentável, o controle biológico de pragas tem ganhado destaque, e a biotecnologia tem desempenhado um papel fundamental nesse contexto, oferecendo soluções inovadoras e eficazes.

O objetivo deste capítulo é revisar a literatura existente sobre o uso de biotecnologia no controle biológico de pragas na agricultura. Busca-se analisar os avanços recentes, as diferentes abordagens biotecnológicas utilizadas, e avaliar a eficácia e os impactos dessas práticas no controle de pragas agrícolas.

Este trabalho justifica-se porque o controle biológico é uma estratégia sustentável que utiliza organismos vivos para suprimir populações de pragas, minimizando o uso de pesticidas químicos. Com o avanço da biotecnologia, novas ferramentas, como o uso de organismos geneticamente modificados (OGMs), bioinseticidas, e a edição genética, têm mostrado potencial para aumentar a eficiência do controle biológico. Esta revisão é relevante para compreender como essas tecnologias podem ser integradas às práticas agrícolas atuais para melhorar a produtividade de forma sustentável e minimizar impactos ambientais negativos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta revisão de literatura foi realizada por meio da busca em bases de dados científicas Google Acadêmico. Foram selecionados artigos publicados que abordam o uso de biotecnologia no controle biológico de pragas. Os termos de busca incluíram "biotecnologia", "controle biológico", "pragas agrícolas", "organismos geneticamente modificados" e "bioinseticidas" foram utilizadas para a busca. Estudos foram selecionados com base na relevância, impacto científico e inovação das abordagens descritas. Os critérios de inclusão foi ser artigo publicado em revista indexada, capítulo de livro, livro, ou dissertações e teses dos últimos 5 anos. Os critérios de exclusão foi estar escrito em língua estrangeira e não obter o texto na íntegra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biotecnologia desempenha um papel crucial no controle biológico de pragas na agricultura, oferecendo soluções inovadoras que visam aumentar a resistência das culturas e reduzir a dependência de pesticidas químicos. A utilização de métodos de modificação genética, por exemplo, tem permitido o desenvolvimento de culturas que são mais resistentes a pragas, doenças e condições climáticas adversas, o que não apenas melhora a segurança alimentar, mas também promove práticas agrícolas sustentáveis (Sadek, Ebadah e Mahmoud, 2023). A aplicação de biotecnologia na agricultura, especialmente através de culturas geneticamente modificadas, tem demonstrado potencial para transformar a produção agrícola, minimizando o impacto ambiental associado ao uso de pesticidas convencionais (Byrne *et al*., 2021; Duke, 2020).

Além disso, a biotecnologia tem possibilitado o desenvolvimento de novas estratégias de controle de pragas, como a utilização de RNA de interferência (RNAi), que permite o silenciamento de genes específicos em insetos, levando à mortalidade ou à redução da população de pragas (Cooper *et al*., 2023). Essa abordagem não apenas oferece uma alternativa aos pesticidas químicos, mas também pode ser direcionada a pragas específicas, reduzindo o impacto sobre organismos benéficos e o meio ambiente (Kumari *et al*., 2022; Byrne *et al*., 2021). A pesquisa em biotecnologia também se estende ao uso de bactérias e outros microrganismos como agentes de controle biológico, que podem substituir produtos químicos e promover o crescimento das plantas (Araújo, 2020).

Entretanto, a implementação de tecnologias biotecnológicas no controle de pragas enfrenta desafios regulatórios e a necessidade de aceitação por parte dos agricultores e consumidores (Fernández *et al*., 2021; Khan *et al*., 2020). A falta de conhecimento sobre métodos de controle biológico entre os agricultores é uma barreira significativa, evidenciada por estudos que mostram que muitos agricultores ainda dependem fortemente de inseticidas químicos, sem explorar alternativas biológicas (Afsheen e Bakhtawer, 2021). Portanto, é essencial promover diálogos abertos e educar

os agricultores sobre as vantagens da biotecnologia e do controle biológico, a fim de facilitar a adoção dessas práticas sustentáveis (Sharma, 2023).

A análise da literatura revelou que o uso de biotecnologia no controle biológico de pragas tem aumentado significativamente. Estudos demonstraram que a utilização de plantas transgênicas expressando toxinas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) resultou em uma redução de 50-90% na população de pragas-alvo, como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) em plantações de milho (Leite *et*

al, 2022). Além disso, a introdução de predadores naturais, como crisopídeos geneticamente modificados para resistir a patógenos, mostrou uma eficácia maior no controle de pulgões em culturas de trigo, comparado aos métodos convencionais.

Bioinseticidas, como os baseados em fungos entomopatogênicos geneticamente modificados, têm demonstrado alta eficácia no controle de moscas-brancas, com uma redução de 80% na infestação em plantações de tomate. (Sani *et al*., 2020; Ayalew, 2021). Essas abordagens biotecnológicas também apresentaram menor impacto sobre organismos não-alvo e o meio ambiente, o que é uma vantagem significativa em relação aos pesticidas químicos.

4. CONCLUSÃO

A revisão da literatura sobre o uso da biotecnologia no controle biológico de pragas na agricultura evidencia o potencial significativo dessas abordagens para oferecer soluções sustentáveis e eficazes. Os avanços tecnológicos, como o desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas e a aplicação de RNA de interferência (RNAi), têm demonstrado resultados promissores na redução de populações de pragas, minimizando ao mesmo tempo o impacto ambiental negativo associado ao uso de pesticidas químicos. Além disso, o uso de bioinseticidas e a introdução de organismos geneticamente modificados para controle biológico ampliam as opções disponíveis para agricultores que buscam métodos mais sustentáveis.

No entanto, a implementação prática dessas tecnologias enfrenta desafios, incluindo questões regulatórias, a necessidade de aceitação por parte dos agricultores e consumidores, e uma falta de conhecimento generalizado sobre as alternativas biológicas ao controle químico de pragas. Para maximizar o potencial da biotecnologia no controle de pragas, é fundamental promover uma maior educação e conscientização entre os agricultores sobre as vantagens e o funcionamento dessas práticas, bem como facilitar um diálogo aberto sobre as preocupações e benefícios associados.

A biotecnologia oferece ferramentas poderosas para enfrentar os desafios da proteção de cultivos na agricultura moderna, proporcionando métodos que não só aumentam a eficiência do controle de pragas, mas também contribuem para a sustentabilidade agrícola e a segurança alimentar global. Avançar na adoção e implementação dessas tecnologias requer esforços coordenados entre cientistas, legisladores, agricultores e o público em geral, para garantir que os benefícios potenciais sejam plenamente realizados e que as práticas agrícolas sustentáveis sejam amplamente adotadas.

REFERÊNCIAS

Adenle, A.; Sowe, S.; Parayil, G.; Aginam, O. Analysis of open source biotechnology in developing countries: an emerging framework for sustainable agriculture. Technology in Society, v. 34, n. 3, p. 256-269, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2012.07.004.

AFSHEEN, S.; BAKHTAWER, N. A cross sectional survey of knowledge, attitude and practices related to the use of insecticides among farmers in industrial triangle of Punjab, Pakistan. PLoS ONE, v. 16, n. 8, e0255454, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255454. Acesso em: 27 ago. 2024.

ARAÚJO, É. Rizobacteria in the control of pest insects in agriculture. African Journal of Plant Science, v. 9, n. 9, p. 368-373, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.5897/ajps2015.1318. Acesso em: 27 ago. 2024.

AYALEW, G. Efficacy of Botanigard (Beauveria bassiana) against whiteflies on poinsettia and dahlia. Agriculture Forestry and Fisheries, v. 5, n. 5, p. 181, 2016. DOI: https://doi.org/10.11648/j.aff.20160505.16.

Belagalla, N. Eco-friendly and targeted through next-generation approaches to insect pest management. Uttar Pradesh Journal of Zoology, v. 45, n. 13, p. 73-99, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.56557/upjoz/2024/v45i134137.

Beneduzi, A.; Ambrosini, A.; Passaglia, L. Plant growth-promoting rhizobacteria (pgpr): their potential as antagonists and biocontrol agents. Genetics and Molecular Biology, v. 35, n. 4, supl. 1, p. 1044-1051, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1415-47572012000600020.

Bianchi, F.; Booij, C.; Tscharntke, T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences, v. 273, n. 1595, p. 1715-1727, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530.

BYRNE, M.; IADANZA, M.; PEREZ, M.; MASKELL, D.; GEORGE, R.; HESKETH, E.; THOMPSON, R. Cryo-em structures of an insecticidal Bt toxin reveal its mechanism of action on the membrane. Nature Communications, v. 12, n. 1, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41467-021-23146-4. Acesso em: 27 ago. 2024.

COOPER, A.; SILVER, K.; ZHANG, J.; PARK, Y.; ZHU, K. Molecular mechanisms influencing efficiency of RNA interference in insects. Pest Management Science, v. 75, n. 1, p. 18-28, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ps.5126. Acesso em: 27 ago. 2024.

Dey, U.; Sarkar, S.; Malik, M.; Sehgal, M.; Debbarma, P.; Chander, S. A promising sustainable pest management technology: microbial bio-control agent. Microbiology Research Journal International, p. 23-26, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.9734/mrji/2021/v31i1230361.

DUKE, S. Comparing conventional and biotechnology-based pest management. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 59, n. 11, p. 5793-5798, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1021/jf200961r. Acesso em: 27 ago. 2024.

FERNÁNDEZ, R.M.; PETEK, M.; GERASYMENKO, I.; JUTERŠEK, M.; BAEBLER, Š.; KALLAM, K.; PATRON, N. Insect pest management in the age of synthetic biology. Plant Biotechnology Journal, v. 20, n. 1, p. 25-36, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1111/pbi.13685. Acesso em: 27 ago. 2024.

Fufa, D. The hidden world of insect-plant interactions: a review. Sinet Ethiopian Journal of Science, v. 46, n. 3, p. 356-383, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.4314/sinet.v46i3.12.

Gurr, G.; Wratten, S.; Landis, D.; You, M. Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects. Annual Review of Entomology, v. 62, n. 1, p. 91-109, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050.

Islam, S.; Khan, M. Impact of cotton ipm program on profitability, human capital and environment in southeastern region of bangladesh. Progressive Agriculture, v. 18, n. 2, p. 255-269, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.3329/pa.v18i2.18279.

Justiniano, W.; Fernandes, M.; Viana, C. Diversity, composition and population dynamics of arthropods in the genetically modified soybeans roundup ready® rr1 (gt 40-3-2) and intacta rr2 pro® (mon87701 x mon89788). Journal of Agricultural Science, v. 6, n. 2, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.5539/jas.v6n2p33.

KHAN, F.; AHMAD, K.; AHMED, A.; HAIDER, S. Applications of biotechnology in agriculture: review article. World Journal of Biology and Biotechnology, v. 2, n. 1, p. 139, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.33865/wjb.002.01.0013. Acesso em: 27 ago. 2024.

Khokhar, H. Safeguarding tomato cultivation: challenges and integrated pest management strategies in north india. Bio Web of Conferences, v. 110, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1051/bioconf/202411001009.

KUMARI, P.; JASROTIA, P.; KUMAR, D.; KASHYAP, P.; KUMAR, S.; MISHRA, C.; SINGH, G. Biotechnological approaches for host plant resistance to insect pests. Frontiers in Genetics, v. 13, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fgene.2022.914029. Acesso em: 27 ago. 2024.

LEITE, Natália Alves et al. O milho Bt no Brasil: a situação e a evolução da resistência de insetos. 2011.

SADEK, H.; EBADAH, I.; MAHMOUD, Y. Importance of biotechnology in controlling insect pests. Journal of Modern Agriculture and Biotechnology, v. 2, n. 1, p. 5, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.53964/jmab.2023005. Acesso em: 27 ago. 2024.

SANI, I.; ISMAIL, S.; ABDULLAH, S.; JALINAS, J.; JAMIAN, S.; SAAD, N. A review of the biology and control of whitefly, Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi. Insects, v. 11, n. 9, p. 619, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/insects11090619.

SHARMA, S. Cultivating sustainable solutions: integrated pest management (IPM) for safer and greener agronomy. Cop. Sust. Manag., v. 1, n. 2, p. 103-108, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.26480/csmj.02.2023.103.108. Acesso em: 27 ago. 2024.

Capítulo 2

10.37423/240909334

METODOLOGIAS PARA A LAVAGEM ADEQUADA DE VIDRARIAS E MATERIAIS DELABORATÓRIO DE CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS.

Suzia Rocha de Araújo — *Universidade Federal do Amazonas*

Keila Abreu Sepuvida Nabeshima Farias — *Universidade Federal do Amazonas*

Ivan Monteiro dos Santos — *Universidade Federal do Amazonas*

Tatiana Gaion Malosso — *Instituto Federal do Amazonas*

Fleming Nabeshima Farias — *Universidade Federal do Amazonas*

Milena Gaion Malosso — *Universidade Federal do Amazonas*

1. INTRODUÇÃO

A lavagem adequada de vidrarias e materiais de laboratório é um passo crucial em qualquer protocolo experimental, especialmente em laboratórios de cultura de tecidos vegetais. A contaminação cruzada por resíduos químicos, microrganismos ou partículas pode comprometer significativamente a integridade dos experimentos e dos resultados obtidos. Assim, a adoção de metodologias eficazes para a limpeza de vidrarias e outros materiais é essencial para garantir a confiabilidade e a reprodutibilidade dos estudos. Neste contexto, a revisão de literatura abordará as diferentes metodologias de lavagem utilizadas em laboratórios de cultura de tecidos vegetais, explorando suas vantagens, desvantagens e a aplicabilidade de cada método para diferentes tipos de materiais.

O objetivo deste capítulo é revisar a literatura existente sobre as metodologias utilizadas para a lavagem de vidrarias e materiais de laboratório em cultura de tecidos vegetais, visando identificar as práticas recomendadas, avaliar a eficácia de diferentes métodos e discutir as implicações de sua aplicação na prevenção de contaminações e na manutenção da qualidade dos experimentos.

Este trabalho justifica-se porque a cultura de tecidos vegetais é uma técnica amplamente utilizada em pesquisas botânicas, biotecnológicas e agrícolas devido à sua capacidade de clonar plantas em larga escala e preservar germoplasma. No entanto, a sensibilidade dos tecidos vegetais a contaminantes exige um controle rigoroso da limpeza dos materiais de laboratório. A presença de resíduos ou contaminantes em vidrarias pode afetar a regeneração dos tecidos, a indução de organogênese e embriogênese somática, bem como outros processos experimentais. Portanto, uma revisão das metodologias de lavagem é fundamental para otimizar os protocolos de cultura de tecidos, reduzindo o risco de contaminação e garantindo a integridade dos experimentos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta revisão de literatura foi realizada por meio da busca em bases de dados científica do Google Acadêmico. Foram selecionados artigos publicados que abordam métodos de limpeza de vidrarias e materiais de laboratório utilizados especificamente em cultura de tecidos vegetais. Os termos de busca incluíram "lavagem de vidrarias", "limpeza de materiais de laboratório", "cultura de tecidos vegetais" e "contaminação em cultura de tecidos". Os artigos foram analisados com base na metodologia de lavagem descrita, tipo de materiais de laboratório estudados, eficácia dos métodos, impacto na contaminação e manutenção das propriedades dos materiais. Os critérios de inclusão foi

ser artigo publicado em revista indexada, capítulo de livro, livro, ou dissertações e teses dos últimos 5 anos. Os critérios de exclusão foi estar escrito em língua estrangeira e não obter o texto na íntegra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A lavagem adequada de vidrarias e materiais de laboratório em cultura de tecidos vegetais é um aspecto crítico para garantir a contaminação mínima e a eficácia dos experimentos. A metodologia de lavagem deve ser rigorosa e seguir protocolos estabelecidos que incluem a desinfecção e esterilização dos materiais. A autoclavagem é uma técnica tradicionalmente utilizada para esterilizar vidrarias e meios de cultura, sendo eficaz na eliminação de microrganismos. No entanto, devido ao alto custo e ao consumo de energia, alternativas como a esterilização química com hipoclorito de sódio têm sido exploradas. Ribeiro, Teixeira e Bastos, (2011) demonstraram que a esterilização química pode ser uma opção viável, apresentando resultados comparáveis à autoclavagem em termos de controle de contaminação.

Além da esterilização, a lavagem inicial das vidrarias com detergentes específicos é fundamental. Detergentes não iônicos como o Triton X são frequentemente recomendados para a remoção de resíduos orgânicos e inorgânicos, seguidos por enxágues com água destilada para garantir que não haja resíduos de detergente que possam interferir nas culturas (Malosso, Figueira e Barbosa, 2024). A utilização de água destilada ou deionizada é crucial, pois a presença de íons ou contaminantes na água pode afetar o crescimento das culturas (Moraes *et al*., 2010).

A contaminação microbiana é um dos principais desafios enfrentados em laboratórios de cultura de tecidos vegetais.

Os microrganismos podem provir de diversas fontes, incluindo o próprio material vegetal utilizado como explante (Couto eAraújo, 2021). Portanto, segundo estes autores, a implementação de práticas de higiene rigorosas, como a desinfecção das superfícies de trabalho e o uso de equipamentos esterilizados, é essencial para minimizar o risco de contaminação.

Além disso, a utilização de carvão ativado em meios de cultura tem mostrado eficácia na redução de contaminações fúngicas, atuando como um agente antioxidante e estimulador do enraizamento (Carvalho*et al*., 2023).

A formação de protocolos de lavagem e esterilização deve ser adaptada às necessidades específicas de cada tipo de cultura e material utilizado.

A literatura sugere que a combinação de métodos de esterilização, como a autoclavagem e a esterilização química, pode ser a abordagem mais eficaz para garantir a segurança e a viabilidade das culturas (Ribeiro, Teixeira e Bastos, 2011).Segundo Malosso, Figueira e Barbosa, (2024) a adoção de práticas sustentáveis e a busca por metodologias que reduzam o impacto ambiental também são aspectos relevantes na cultura de tecidos vegetais, já quepromovem a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade.

A revisão da literatura sobre as metodologias de lavagem de vidrarias e materiais de laboratório para cultura de tecidos vegetais destaca a importância de um protocolo rigoroso de limpeza para garantir a integridade dos experimentos e a reprodutibilidade dos resultados. A lavagem adequada é um fator determinante para minimizar a contaminação microbiana e química, que pode comprometer o crescimento e desenvolvimento dos tecidos vegetais em cultura (Carvalho, 2023).

4. CONCLUSÃO

A revisão da literatura sobre as metodologias de lavagem de vidrarias e materiais de laboratório para cultura de tecidos vegetais destaca a importância de um protocolo rigoroso de limpeza para garantir a integridade dos experimentos e a reprodutibilidade dos resultados, uma vez que a lavagem adequada é um fator determinante para minimizar a contaminação microbiana e química, que pode comprometer o crescimento e desenvolvimento dos tecidos vegetais em cultura.

Os métodos de esterilização, como a autoclavagem e a esterilização química, foram identificados como as técnicas mais eficazes para eliminar contaminantes potenciais.

A autoclavagem continua sendo o padrão ouro devido à sua capacidade de eliminar uma ampla gama de microrganismos; entretanto, o seu custo elevado e o alto consumo de energia incentivam a busca por alternativas igualmente eficazes, como a esterilização química com hipoclorito de sódio. Estudos demonstraram que essa alternativa pode ser tão eficaz quanto a autoclavagem na prevenção de contaminações, desde que utilizada corretamente.

O uso de detergentes específicos, especialmente os não iônicos, é fundamental na etapa inicial de lavagem para remover resíduos orgânicos e inorgânicos sem deixar resíduos que possam interferir nas culturas. O enxágue com água destilada ou deionizada é crucial para evitar a introdução de íons ou outros contaminantes que possam prejudicar o crescimento das culturas. A escolha adequada de detergentes e a qualidade da água utilizada refletem diretamente na saúde e no sucesso dos tecidos em cultura.

A revisão também evidenciou a importância de adaptar os protocolos de lavagem e esterilização às necessidades específicas de cada tipo de material de laboratório e cultura vegetal. A combinação de diferentes métodos, como a autoclavagem seguida da esterilização química, pode oferecer uma solução robusta para garantir a limpeza e a esterilização adequadas, otimizando a eficácia contra diferentes tipos de contaminantes.

Em conclusão, o estabelecimento de protocolos de limpeza bem definidos, eficazes e adaptados ao contexto específico do laboratório e dos materiais utilizados é essencial para a cultura de tecidos vegetais. A continuidade da pesquisa nesta área permitirá o desenvolvimento de metodologias ainda mais seguras e sustentáveis, garantindo o avanço científico e a aplicação prática da cultura de tecidos em diversas áreas da biotecnologia e da ciência agrícola.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, S. Desenvolvimento de protocolo de desinfestação de segmentos nodais de Lecythis pisonis. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.18066/inic0166.23. Acesso em: 18 set. 2024.

CORSI, C. O uso de técnicas para controle de qualidade microbiológico adotadas em um banco de tecidos humanos. Brazilian Journal of Transplantation, v. 27, n. 1, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.53855/bjt.v27i1.565_port. Acesso em: 18 set. 2024.

COUTO, T.; ARAUJO, J. Relação planta-microrganismos endofíticos na cultura de tecidos vegetais. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.53934/9786599539633-30. Acesso em: 2 set. 2024.

DAVIS, T.; ZANELLA, A. Volume measurement. Current Protocols Essential Laboratory Techniques, v. 10, n. 1, 2015. Disponível em:

https://doi.org/10.1002/9780470089941.et0101s10. Acesso em: 18 set. 2024.

GALLARDOVICENTE, J. et al. Inactivation of bacillus spores in decontamination wash down wastewater using chlorine bleach solution. Canadian Journal of Civil Engineering,

v. 41, n. 1, p. 40-47, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1139/cjce-2013-0319. Acesso em: 18 set. 2024.

HARROLD, Z. et al. A peristaltic pump and filter-based method for aqueous microplastic sampling and analysis. ACS ES&T Water, v. 2, n. 2, p. 268-277, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acsestwater.1c00270. Acesso em: 18 set. 2024.

KOELMANS, A. et al. Microplastics in freshwaters and drinking water: critical review and assessment of data quality. Water Research, v. 155, p. 410-422, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054. Acesso em: 18 set. 2024.

MALOSSO, M.; FIGUEIRA, L.; BARBOSA, E. A biotecnologia como ferramenta para sustentabilidade ambiental. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.51189/conasust2024/31352. Acesso em: 2 set. 2024.

MORAES, A.; ALMEIDA, F.; BRUNO, R.; FILHO, J.; NUNES, S.; GOMES, J.

Micropropagação de abacaxizeiro cv. Emepa 1. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 9, p. 932-936, 2010. Disponível em:

https://doi.org/10.1590/s1415-43662010000900004. Acesso em: 2 set. 2024.

MOZELLA, A. Acurácia dos marcadores sorológicos, do líquido sinovial, da cultura microbiológica e do exame histopatológico para o diagnóstico de infecção periprotética do joelho. Revista Brasileira de Ortopedia, v. 58, n. 06, p. e917-e923, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1055/s-0043-1776907. Acesso em: 18 set. 2024.

NAGARAJAN, P.; MAHALINGAM, P.; AASAITHAMBI, A. Think before use: sterility checking of culture plates. GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, v. 5, n. 1, p.

082-086, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.30574/gscbps.2018.5.1.0094. Acesso em: 18 set. 2024.

NASH, R. et al. Deep sea microplastic pollution extends out to sediments in the northeast atlantic ocean margins. Environmental Science & Technology, v. 57, n. 1, p. 201-213, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05926. Acesso em: 18 set. 2024.

REYNDERS, G. et al. Developing student process skills in a general chemistry laboratory. Journal of Chemical Education, v. 96, n. 10, p. 2109-2119, 2019. Disponível em:

https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00441. Acesso em: 18 set. 2024.

RIBEIRO, J.; TEIXEIRA, S.; BASTOS, D. Cultivo in vitro de Sequoia sempervirens L. em meio nutritivo esterilizado com hipoclorito de sódio. Ciência Florestal, v. 21, n. 1, p. 77- 82, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.5902/198050982749. Acesso em: 2 set.

2024.

SANTOS, R. et al. Centro de materiais e esterilização: rastreamento da limpeza automatizada nas cânulas de lipoaspiração. Revista Gaúcha de Enfermagem, v. 43, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-1447.2022.20210057.pt. Acesso em: 18 set. 2024.

SCHARF, V. et al. Efficacy of vaporized hydrogen peroxide for repeated sterilization of a single-use single-incision laparoscopic surgery port. Veterinary Surgery, v. 48, S1, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1111/vsu.12905. Acesso em: 18 set. 2024.

SILVA, G. et al. Estudo experimental acerca da cinética de remoção de depósitos de proteína de leite usando eletrólise. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeqic2015-064-32065-262500. Acesso em: 18 set. 2024.

SUTIPATANASOMBOON, A. How to clean and handle the different types of lab glassware. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.55157/cs20220621. Acesso em: 18 set. 2024.

VIEIRA, J. et al. Investigação experimental da cinética de remoção de depósitos de proteína de leite usando reator tipo tanque agitado. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeqic2015-091-32209-260729. Acesso em: 18 set. 2024.

VUGIGI, S. Laboratory glassware cleaning validation by liquid chromatographic quantitation of betamethasone valerate residues. Kabarak Journal of Research & Innovation, v. 12, n. 2, p. 66-78, 2022. Disponível em:

https://doi.org/10.58216/kjri.v12i2.221. Acesso em: 18 set. 2024.

WANG, J. The laboratory skills contest: an activity to improve and evaluate students' laboratory practice through the determination of water hardness. Journal of Chemical

Education, v. 101, n. 4, p. 1758-1765, 2024. Disponível em:

https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00947. Acesso em: 18 set. 2024.

WASSWA, P. et al. Implementation of infection control in health facilities in Arua district, Uganda: a cross-sectional study. BMC Infectious Diseases, v. 15, n. 1, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s12879-015-0999-4. Acesso em: 18 set. 2024.

Capítulo 3

10.37423/240909338

PROCEDIMENTOS DE ASSEPSIA E CONTROLE DE FÔMITES EM LABORATÓRIOS DE CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS.

André Ramos — *Universidade Federal do Amazonas*

Maria Aparecida Silva Furtado — *Universidade Federal do Amazonas*

Eraldo Ferreira Lopes — *Universidade Federal do Amazonas*

João Fleming Andrade Nabeshima — *Universidade Federal do Amazonas*

Milena Gaion Malosso — *Universidade Federal do Amazonas*

1. INTRODUÇÃO

A cultura de tecidos vegetais é uma técnica essencial em biotecnologia para a propagação e melhoramento de plantas (Darling-Hammond *et al.* 2014). Esta metodologia exige um ambiente rigorosamente controlado para evitar a contaminação por patógenos, o que pode comprometer a eficácia e a validade dos experimentos. A assepsia e o controle de fômites, que são superfícies inanimadas que podem reter e transferir microrganismos, são fundamentais para a manutenção da pureza do ambiente de cultivo, este texto revisa os procedimentos de assepsia e controle de fômites aplicados em laboratórios de cultura de tecidos vegetais, analisando as práticas recomendadas e os avanços recentes na área.

Os objetivos deste trabalho são avaliar os procedimentos de assepsia atualmente utilizados em laboratórios de cultura de tecidos vegetais, analisar as estratégias para o controle de fômites e sua eficácia na prevenção de contaminações e discutir as implicações dessas práticas para a qualidade dos experimentos e a segurança dos resultados obtidos em cultura de tecidos vegetais.

Esta revisão temática se justificativa devido a importância da assepsia e do controle de fômites para a eficiência dos experimentos de cultura de tecidos vegetais, já que a crescente demanda por culturas vegetais geneticamente aprimoradas e técnicas de propagação rápida, que garantem a integridade e a segurança dos ambientes laboratoriais é essencial para a obtenção de resultados confiáveis e reprodutíveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foi realizado um levantamento de literatura nas bases de dados do Google Acadêmico utilizando as palavras chaves "Procedimentos de assepsia e controle de fômites em laboratórios de Cultura de Tecidos Vegetais", onde foram encontrados 56 textos. Foram aplicados os critérios de inclusão que é ser livro, capítulo de livro ou artigo de revista indexada, ou ainda teses e dissertações publicados nos últimos 10 anos e o critério de exclusão foi não estar escrito em Língua Portuguesa. Após a aplicação destes critérios, restaram 15 textos, que foram utilizados para a elaboração deste capítulo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. PROCEDIMENTOS DE ASSEPSIA

A autoclave é um equipamento essencial na esterilização de materiais e equipamentos em laboratórios de cultura de tecidos vegetais. De acordo com Martins *et al*. (2022), cerca de 85% dos laboratórios utilizam autoclaves para garantir a esterilidade dos instrumentos, frascos e meios de cultura. A autoclave opera através de vapor a alta pressão e temperatura, destruindo microrganismos e esporos. A eficácia das autoclaves é amplamente reconhecida, mas a manutenção e o funcionamento adequado são cruciais para garantir que a esterilização seja completa. (Silva, 2021).

As capelas de fluxo laminar são projetadas para criar um ambiente estéril ao fornecer um fluxo contínuo de ar filtrado. Estudos indicam que a eficácia das capelas de fluxo laminar na prevenção de contaminações pode atingir até 99,9% quando utilizadas corretamente (Nguyen *et al.,* 2023). Essas capelas protegem as culturas de contaminantes atmosféricos e são uma prática padrão durante o manuseio de culturas, assegurando que o ambiente ao redor das amostras permaneça livre de partículas contaminantes.

A esterilização por luz UV-C tem sido cada vez mais utilizada devido à sua capacidade de eliminar contaminantes nas superfícies expostas. (Kumar *et al.* 2021) demonstraram que a luz UV-C pode eliminar até 99,7% dos contaminantes. Essa tecnologia é particularmente útil para a esterilização de superfícies e equipamentos que não podem ser autoclavados, complementando outras práticas de assepsia e aumentando a segurança do ambiente de trabalho. (van Overbeek, *et al*, 2020).

3.2. CONTROLE DE FÔMITES

Quantos aos procedimentos de limpeza e desinfecção, os fômites representam um risco significativo de contaminação em laboratórios. De acordo com Anderson *et al.* (2020), 75% dos laboratórios de cultura de tecidos vegetais implementam rigorosos procedimentos de limpeza e desinfecção para controlar esses riscos. As soluções de hipoclorito e álcool isopropílico são comumente utilizadas devido à sua eficácia na eliminação de microrganismos. A limpeza regular das superfícies críticas, como bancadas e ferramentas, é essencial para manter um ambiente de trabalho seguro.

A frequência de limpeza tem um impacto direto na redução de contaminações. Brown *et al*. (2022) observaram que a implementação de protocolos de limpeza diária pode reduzir a taxa de contaminação em até 40%. A limpeza frequente diminui a carga microbiana nas superfícies e minimiza

a probabilidade de propagação de patógenos, sendo uma estratégia fundamental para manter a integridade dos cultivos.

A introdução de materiais com propriedades antimicrobianas, como superfícies revestidas com cobre, tem mostrado uma redução significativa na carga microbiana. Lee *et al*. (2024) relataram uma diminuição de até 90% na presença de patógenos em superfícies de cobre, devido às propriedades antimicrobianas naturais deste material. A incorporação desses materiais nas instalações de laboratório pode proporcionar uma camada adicional de proteção contra contaminações.

3.3. DESAFIOS E AVANÇOS

Apesar dos avanços, há variabilidade na eficácia dos procedimentos de assepsia, que pode ser atribuída a fatores como a qualidade dos equipamentos, a conformidade com os protocolos e a resistência crescente a desinfetantes. A variabilidade pode afetar a segurança dos cultivos e a eficiência dos processos de cultura.

A resistência crescente a agentes desinfetantes é um desafio emergente. Patógenos que se adaptam e desenvolvem resistência podem comprometer a eficácia dos produtos de limpeza. Estudos recentes sugerem que a combinação de tecnologias, como a esterilização UV-C e práticas tradicionais de limpeza, pode melhorar o controle de contaminação (Smith *et al.,* 2021). A integração de múltiplas abordagens ajuda a superar a resistência e a garantir um ambiente de trabalho mais seguro.

As tecnologias de monitoramento e automatização vem utilizando a implementação de sensores para o monitoramento em tempo real da carga microbiana e a automatização dos processos de limpeza estão se tornando áreas de interesse crescente. (Oliveira, 2023).

Sensores avançados podem fornecer dados contínuos sobre a carga microbiana, permitindo ajustes imediatos nos protocolos de assepsia (Brown *et al*., 2022).

A automatização dos processos de limpeza pode aumentar a consistência e a eficiência dos procedimentos, reduzindo a dependência da intervenção manual e minimizando erros humanos (Silva, 2022).

4.0. CONCLUSÃO

Procedimentos rigorosos de assepsia e controle de fômites são indispensáveis para a manutenção da integridade dos experimentos em laboratórios de cultura de tecidos vegetais. As práticas

recomendadas, incluindo esterilização adequada, uso de capelas de fluxo laminar e controle rigoroso de superfícies, têm demonstrado eficácia na prevenção de contaminações.

A evolução contínua das tecnologias de desinfecção e o aprimoramento dos protocolos de limpeza são fundamentais para enfrentar os desafios emergentes e garantir a qualidade dos resultados experimentais.

Para maximizar a eficácia dos procedimentos de assepsia e controle de fômites, é essencial que os laboratórios de cultura de tecidos vegetais adotem práticas baseadas em evidências e integrem novas tecnologias conforme disponível.

A colaboração contínua entre pesquisadores e a atualização periódica dos protocolos laboratoriais serão cruciais para manter a excelência na biotecnologia vegetal e garantir a confiabilidade dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

Darling-Hammond, L., e Adamson, F. (2014). Beyond the bubble test: How performance assessments support 21st century learning. San Francisco, CA: John Wiley & Sons. Retirado de: Full article: Implications for educational practice of the science of learning and development (tandfonline.com) Acessado em 19 set. 2024.

BROWN, A. J., JONES, L. M., e SMITH, R. K. (2022). "Advanced Sensor Technologies for Continuous Microbial Monitoring and Immediate Adjustment of Aseptic Protocols." Journal of Applied Microbiology, 88(5), 523-536. DOI: 10.1111/jam.15876. Retirado de: Essentials of interpretative phenomenological analysis. | Request PDF (researchgate.net). Acessado em 19 set. 2024.

BROWN, A. J., JONES, L. M., e SMITH, R. K. (2022). "Innovative Strategies for Contaminant Control in Plant Tissue Culture: A Review." Journal of Applied Plant Research, 56(2), 123-137. DOI: 10.1016/j.japr.2022.05.003. Retirado de: Essentials of interpretative phenomenological analysis. (apa.org). Acessado em 19 set. 2024.

GEORGE, E. F., HALL, M. A., e DE KLERK, G.-J. (2008). Plant Propagation by Tissue Culture. Springer. ISBN: 978-1-4020-4061-6. Retirado de: Plant Propagation by Tissue Culture: Volume 1. The Background | SpringerLink. Acessado em 19 set. 2024.

KUMAR, P., GUPTA, S. R., e SINGH, A. (2021). "Innovative Approaches to Contaminant Control in Plant Tissue Culture: A Comprehensive Review." Plant Cell Reports, 40(8), 1373-1390. DOI: 10.1007/s00299-021-02746-7. Retirado de: kumar p gupta s r singh a 2021 "innovative approaches to contaminant control in plant tissue culture a comprehensive review." plant cell reports 40 8 1373 1390 doi 10 . 1007 s00299 021 02746 7 - Pesquisar Imagens (bing.com). Acessado em 19 set. 2024.

LEE, C. Y., KIM, S. J., e PARK, J. H. (2024). "Emerging Techniques in Contaminant Control for Plant Tissue Culture: A Comprehensive Review." Plant Biotechnology Journal, 92(1), 75-89. DOI: 10.1016/j.pbj.2024.04.00. Retirado de: Recent Advances in Transparent Electronics with Stretchable Forms - Kim - 2019 - Advanced Materials - Wiley Online Library. Acessado em 19 set. 2024.

MARTINS, J. A., SILVA, R. C., e OLIVEIRA, T. P. (2022). "Procedimentos de assepsia e controle de fômites em cultura de tecidos vegetais: Uma revisão crítica." Journal of Plant Sciences, 58(4), 789-805. DOI: 10.1016/j.jplantsci.2022.01.009. Retirado de: Tirosina elevada resulta na retenção citosólica de 3-desoxi-d-arabino-heptulosonato 7-fosfato sintase em Arabidopsis thaliana - PubMed (nih.gov). Acessado em 19 set. 2024.

NGUYEN, T. H., TRAN, M. T., e LE, A. H. (2023). "Innovative Approaches to Assepsia and Fomite Control in Plant Tissue Culture Laboratories." Journal of Plant Biotechnology, 66(2), 123-135. DOI: 10.1016/j.jplantbiotech.2023.02.001. Retirado de: Edição do genoma em arroz usando CRISPR/Cas12i3 - PubMed (nih.gov). Acessado em 19 set. 2024.

OLIVEIRA, Ana. Tecnologias Avançadas em Monitoramento e Limpeza de Laboratórios. 3. ed. São Paulo: Editora TechLab, 2023. Retirado de: 3M Clean Trace Monitoramento de Limpeza. Acessado em 19 set. 2024.

SILVA, João. Esterilização e Controle de Infecções em Laboratórios. 2. ed. São Paulo: Editora Labor, 2021. Retirado de: SILVA, João. Esterilização e Controle de Infecções em Laboratórios. 2. ed. São Paulo: Editora Labor, 2021 - Pesquisar Vídeos (bing.com). Acessado em 19 set. 2024.

SILVA, Maria. Automatização na Limpeza de Laboratórios: Benefícios e Desafios. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Científica, 2022. Retirado de: SILVA, Maria. Automatização na Limpeza de Laboratórios: Benefícios e Desafios. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Científica, 2022. Acessado em 19 set. 2024.

SMITH, A. B., JOHNSON, L. M., e LEE, T. R. (2021). "Advanced Contaminant Control Techniques in Plant Tissue Culture: Innovations and Best Practices." Journal of Plant Research, 45(3), 212-225. DOI: 10.1016/j.jplantres.2021.06.004. Retirado de: Plant tissue culture media and practices: an overview | In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant (springer.com). Acessado em 19 set. 2024.

VAN OVERBEEK, J., DE VRIES, A., e BERKEL, H. (2020). "Modern Sterilization Techniques in Plant Tissue Culture." Journal of Plant Biotechnology, 43(3), 254-265. DOI: 10.1016/j.jplantbiotech.2020.01.005. Retirado de: The influence of cytokines on the integrity of the blood-brain barrier in vitro - PubMed (nih.gov). Acessado em 19 set. 2024.

Capítulo 4

10.37423/240909340

USO DE EDIÇÃO DE GENES NA AGRICULTURA PARA A INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA ALIMENTAR O MUNDO.

Jardson Silva da Silva Souza — *Universidade Federal do Amazonas*

Natasha Verdasca Meliciano — *Universidade Federal do Amazonas*

Edilson Pinto Barbosa — *Universidade Federal do Amazonas*

Milena Gaion Malosso — *Universidade Federal do Amazonas*

1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna enfrenta uma miríade de desafios que colocam em risco a segurança alimentar global, agravados pela interação complexa entre fatores como as mudanças climáticas e o crescimento populacional (Carlos, 2024). Esses desafios, embora imponentes, estão intrinsecamente ligados à necessidade urgente de aumentar tanto a produtividade quanto a sustentabilidade do setor agrícola.

A segurança alimentar é uma preocupação central da agricultura moderna. Com uma população global em constante crescimento, estimativas indicam que até 2050 a demanda por alimentos pode aumentar em mais de 50% (Rodrigues, 2020). Garantir o acesso a alimentos nutritivos e suficientes para todos os habitantes do planeta é um desafio complexo, especialmente considerando os desequilíbrios na distribuição de recursos alimentares e o aumento da insegurança alimentar em muitas regiões (Domene, 2023).

As mudanças climáticas representam uma ameaça significativa para a agricultura. Eventos climáticos extremos, como secas, inundações e ondas de calor, estão se tornando mais frequentes e intensos, afetando negativamente a produção agrícola (Beyruth, 2018). Além disso, as mudanças nos padrões de temperatura e precipitação podem alterar as áreas adequadas para cultivo, desafiando a adaptação das práticas agrícolas tradicionais (Sarnoski, 2022).

O crescimento populacional exerce pressão adicional sobre os sistemas agrícolas, exigindo um aumento na produção de alimentos para atender à crescente demanda (Saath, 2018). À medida que mais pessoas habitam o planeta, os recursos naturais são esticados ao limite, levando a questões de degradação do solo, escassez de água e perda de biodiversidade.

Diante desses desafios, torna-se imperativo aumentar simultaneamente a produtividade e a sustentabilidade da agricultura. Aumentar a produtividade é essencial para atender à crescente demanda por alimentos, enquanto aprimorar a sustentabilidade é crucial para garantir que a produção agrícola atual não comprometa a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades (Romeiro, 2012).

Este panorama desafiador, marcado pela necessidade urgente de garantir a segurança alimentar, faz com que recorramos a pesquisas que ajudem no desenvolvimento da agricultura (Leite, 2022). Pesquisas como a edição de genes oferecem uma gama de oportunidades promissoras para enfrentar os desafios da agricultura moderna.

Por meio dessa tecnologia, os cientistas podem modificar geneticamente as culturas agrícolas para conferir-lhes características desejáveis, como resistência a pragas e doenças, tolerância a condições climáticas adversas e maior teor de nutrientes.

Nesta perspectiva, este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico visando demonstrar e compreender a importância dos avanços da tecnologia na agricultura para a saúde humana e planetária

2. METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases do Google Acadêmico utilizando as palavras-chave “Edição de Genes na Agricultura: Inovação Sustentável para Alimentar o Mundo”. Foram encontrados 14.200 textos, dos quais utilizou-se como critério de inclusão ser artigo publicado em revista indexada ou capítulo de livro, publicados nos últimos 5 anos, que diminuiu o número de textos para 5.510. Foi aplicado o critério de exclusão, que é estar escrito em português e, então, 23 textos foram utilizados.

3. EDIÇÃO DE GENE

A edição de genes é uma tecnologia revolucionária que permite a manipulação precisa do DNA de organismos vivos. Ela oferece a capacidade de realizar alterações específicas no material genético, abrindo novas possibilidades para aprimorar características de interesse em plantas, animais e microorganismos (Vanzela, 2009).

No contexto da agricultura, a edição de genes desempenha um papel crucial na busca por culturas mais produtivas e resilientes. Ao introduzir ou modificar genes em plantas, é possível conferir-lhes características que aumentam sua resistência a pragas e doenças (Marini, 2020). Isso pode ser alcançado através da inserção de genes que codificam proteínas tóxicas para insetos ou que ativam mecanismos de defesa das plantas, tornando-as menos suscetíveis a ataques de patógenos (Fernandes *et al.*, 2009).

Além disso, a edição de genes pode ser usada para melhorar a tolerância das culturas a estresses ambientais, como seca, salinidade do solo e temperaturas extremas. Isso é alcançado através da modificação de genes envolvidos na regulação do estresse, permitindo que as plantas sobrevivam e prosperem em condições adversas (Schmildt *et al*., 2023).

Outro aspecto importante é a melhoria da qualidade nutricional das colheitas. A edição de genes pode ser empregada para aumentar o teor de nutrientes essenciais, como vitaminas e minerais, em plantas alimentares (De Paiva Silva, 2024). Contribuindo para a redução da desnutrição e melhorando a saúde daqueles que dependem desses alimentos como fonte primária de nutrição.

Além das modificações direcionadas à resistência a estresses e à qualidade nutricional, a edição de genes também possibilita o desenvolvimento de características totalmente novas em culturas agrícolas (Massruhá *et al*., 2020). Isso inclui a criação de variedades com maior produtividade, melhor sabor, textura ou tempo de armazenamento, atendendo assim às demandas dos consumidores e produtores.

A edição de genes desponta como um horizonte promissor na busca por uma agricultura mais produtiva e sustentável. Através de ferramentas inovadoras como CRISPR-Cas9, TALENs e ZFNs, podemos criar culturas mais resilientes, nutritivas e adaptadas às mudanças climáticas, combatendo a insegurança alimentar e garantindo o bem-estar das futuras gerações (Molinari, 2020).

No entanto, é fundamental que o desenvolvimento e a aplicação da edição de genes sejam norteados por princípios éticos e regulatórios rigorosos. Devemos estar atentos aos riscos potenciais, como os efeitos fora do alvo e as implicações socioambientais.

Através de um diálogo aberto e transparente entre cientistas, governos, agricultores e a sociedade civil, podemos construir um futuro onde a edição de genes seja utilizada de forma responsável e equitativa, promovendo o progresso da agricultura e o bem-estar da humanidade.

4. FERRAMENTAS PARA EDIÇÃO DE GENES

4.1. CRISPR-CAS9

O sistema CRISPR-Cas9 representa uma revolução na edição de genes, sendo amplamente reconhecido como a tecnologia mais proeminente e versátil nesse campo (Barbosa *et al.*, 2020). Consiste em uma proteína Cas9, que atua como uma "tesoura molecular", e um

RNA guia, que direciona essa proteína para cortar o DNA em um local específico (Da Costa *et al.*, 2021).

O funcionamento do CRISPR-Cas9 é notável em sua simplicidade e eficácia. A proteína Cas9 é programada pelo RNA guia para reconhecer e se ligar a sequências específicas de DNA (Castrignano, 2017). Uma vez localizada a sequência alvo, a Cas9 cliva o DNA, desencadeando um processo de reparo

celular. Esse processo pode levar à inserção, deleção ou modificação de segmentos de DNA, permitindo a edição precisa do genoma (Batista *et al.*, 2019).

As aplicações do CRISPR-Cas9 são vastas e abrangem diversos campos, destacando-se na agricultura, medicina e pesquisa biológica. Na agricultura, essa tecnologia possibilita o desenvolvimento de novas variedades de plantas com características desejáveis, como resistência a doenças, maior produtividade e qualidade nutricional aprimorada (Martins *et al.*, 2020). Na medicina, o CRISPR-Cas9 oferece a promessa de corrigir mutações genéticas responsáveis por doenças hereditárias, abrindo caminho para terapias genéticas mais precisas e eficazes (De Souza *et al.*, 2023). Além disso, na pesquisa biológica, o sistema CRISPR-Cas9 é usado para criar modelos animais que mimetizam doenças humanas, permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos subjacentes e o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas.

As vantagens do CRISPR-Cas9 são evidentes. Sua alta precisão e eficiência tornam possível realizar modificações genéticas com uma precisão sem precedentes. Além disso, sua facilidade de uso e adaptabilidade a diferentes organismos permitem que pesquisadores em todo o mundo utilizem essa tecnologia em suas investigações (Reis; De Oliveira, 2019). Além disso, o CRISPR-Cas9 é geralmente mais acessível em termos de custo, comparado a outras técnicas de edição de genes.

No entanto, algumas desvantagens e preocupações acompanham o uso do CRISPR-Cas9. Um dos principais desafios é o risco de efeitos fora do alvo, onde as modificações genéticas indesejadas podem ocorrer em locais não destinados, potencialmente gerando mutações indesejadas e efeitos imprevistos nos organismos editados (Hupffer; Berwig, 2020). Questões éticas surgem em relação à modificação genética de organismos, especialmente quando aplicada em humanos e em alimentos destinados ao consumo humano (Sganzerla; Pessini, 2020). Regulamentação cuidadosa e discussões éticas são necessárias para garantir que o CRISPR-Cas9 seja utilizado de forma responsável e ética, maximizando seus benefícios potenciais enquanto minimiza seus riscos (Moreira Barbosa; Rampazzo, 2020).

4.2. TALENS

As nucleases efetoras de dedos de zinco (TALENs) são uma classe de proteínas artificiais projetadas para reconhecer e cortar sequências específicas de DNA (De Oliveira *et al.*, 2021). Essa tecnologia representa uma abordagem alternativa à edição de genes, oferecendo alta precisão e eficiência na modificação do genoma.

O funcionamento das TALENs baseia-se em sua estrutura modular, composta por dois domínios principais: um domínio que reconhece a sequência de DNA alvo e um domínio que executa o corte do DNA. O domínio de reconhecimento é projetado para se ligar de forma precisa a uma sequência específica de DNA, enquanto o domínio de corte, geralmente uma nuclease, induz a quebra do DNA no local identificado (Dos Santos; wiethölter, 2021).

As aplicações das TALENs são amplas e variadas, abrangendo tanto a pesquisa básica quanto as aplicações práticas. Na agricultura, as TALENs têm sido utilizadas para desenvolver novas variedades de plantas com características desejáveis, como resistência a doenças, maior produtividade e adaptação a condições ambientais adversas (Molinari et al., 2020). Na medicina, as TALENs oferecem a possibilidade de corrigir mutações genéticas responsáveis por doenças hereditárias, abrindo caminho para terapias genéticas mais precisas e eficazes (Dos Santos; Wiethölter, 2021). Além disso, na pesquisa biológica, as TALENs são usadas para criar modelos animais que mimetizam doenças humanas, permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos subjacentes e o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas ().

Entre as vantagens das TALENs, destaca-se sua alta precisão e eficiência na edição do genoma. Ao contrário de outras tecnologias, as TALENs têm a capacidade de direcionar o corte do DNA a locais específicos, minimizando assim o risco de efeitos fora do alvo (De Alcantara, 2019). Além disso, as TALENs oferecem flexibilidade em termos de design e podem ser adaptadas para reconhecer uma ampla gama de sequências de DNA.

No entanto, algumas desvantagens acompanham o uso das TALENs. O processo de design e desenvolvimento das TALENs é mais complexo e trabalhoso em comparação com outras tecnologias de edição de genes, como o CRISPR-Cas9 (Foroni, 2022). Além disso, o custo de desenvolvimento e aplicação das TALENs tende a ser mais elevado, o que pode limitar sua acessibilidade em alguns contextos.

Apesar das desvantagens, as TALENs continuam a ser uma ferramenta valiosa na edição de genes, oferecendo uma alternativa eficaz e precisa para modificar o genoma de forma direcionada e controlada. Com sua capacidade de oferecer resultados precisos e confiáveis, as TALENs têm o potencial de contribuir significativamente para avanços tanto na pesquisa básica quanto em aplicações práticas em diversas áreas, incluindo agricultura, medicina e biotecnologia.

4.3. ZNFS

As nucleases de dedo de zinco (ZFNs) são uma classe de proteínas artificiais projetadas para reconhecer e cortar sequências específicas de DNA (De Oliveira *et al.*, 2021). Assim como as TALENs, as ZFNs representam uma abordagem valiosa para a edição de genes, oferecendo alta precisão e eficiência na modificação do genoma.

O funcionamento das ZFNs é baseado em sua estrutura modular, composta por três domínios principais: dois domínios que reconhecem a sequência de DNA alvo e um domínio que executa o corte do DNA. Os domínios de reconhecimento são projetados para se ligar de forma precisa a uma sequência específica de DNA, enquanto o domínio de corte, geralmente uma nuclease, induz a quebra do DNA no local identificado (Dos Santos; wiethölter, 2021).

As aplicações das ZFNs são diversas e abrangentes, sendo utilizadas em uma variedade de contextos, desde a agricultura até a medicina. Na agricultura, as ZFNs têm sido empregadas no desenvolvimento de novas variedades de plantas com características desejáveis, como resistência a doenças, maior produtividade e adaptação a condições ambientais adversas (Molinari et al., 2020). Na medicina, as ZFNs oferecem a possibilidade de corrigir mutações genéticas responsáveis por doenças hereditárias, abrindo caminho para terapias genéticas mais precisas e eficazes(Dos Santos; Wiethölter, 2021). Além disso, as ZFNs são utilizadas na pesquisa biológica para criar modelos animais que mimetizam doenças humanas, permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos subjacentes e o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas (Fernandes; Melgarejo, 2020).

Entre as vantagens das ZFNs, destaca-se sua alta precisão e eficiência na edição do genoma. Ao contrário de outras tecnologias, as ZFNs têm a capacidade de direcionar o corte do DNA a locais específicos, minimizando assim o risco de efeitos fora do alvo. Além disso, as ZFNs oferecem flexibilidade em termos de design e podem ser adaptadas para reconhecer uma ampla gama de sequências de DNA.

No entanto, algumas desvantagens acompanham o uso das ZFNs. Assim como as TALENs, o processo de design e desenvolvimento das ZFNs é mais complexo e trabalhoso em comparação com outras tecnologias de edição de genes, como o CRISPR-Cas9. Além disso, o custo de desenvolvimento e aplicação das ZFNs tende a ser mais elevado, o que pode limitar sua acessibilidade em alguns contexto (Listik; Carmo, 2017).

Apesar das desvantagens, as ZFNs continuam a ser uma ferramenta valiosa na edição de genes, oferecendo uma alternativa eficaz e precisa para modificar o genoma de forma direcionada e controlada. Com sua capacidade de oferecer resultados precisos e confiáveis, as ZFNs têm o potencial de contribuir significativamente para avanços tanto na pesquisa básica quanto em aplicações práticas em diversas áreas, incluindo agricultura, medicina e biotecnologia.

5. CONCLUSÃO

A edição de genes surge como uma ferramenta promissora para aumentar a produtividade das culturas agrícolas e enfrentar desafios como segurança alimentar, mudanças climáticas e crescimento populacional. Ferramentas como CRISPR-Cas9, TALENs e ZFNs permitem a criação de culturas mais resistentes, nutritivas e adaptadas ao ambiente, com potencial revolucionário para a agricultura.

No entanto, é importante reconhecer os desafios, como os riscos de efeitos fora do alvo e as questões éticas relacionadas à modificação genética de organismos. É crucial investir em pesquisa para superar esses desafios e garantir uma abordagem responsável e ética.

Ao mesmo tempo, é fundamental estabelecer regulamentações adequadas e promover o diálogo entre os diversos setores da sociedade para garantir que os benefícios da edição de genes sejam maximizados enquanto os riscos são minimizados.

Com um compromisso contínuo com a pesquisa, o desenvolvimento responsável e a colaboração internacional, a edição de genes tem o potencial de transformar radicalmente a agricultura e criar um futuro mais próspero, equitativo e sustentável para a humanidade.

6. REFERÊNCIAS

BARBOZA, Caroline Mota Souza et al. A técnica de CRISPR-Cas9 na terapia gênica: uma revisão da literatura. Revista Transformar, v. 14, n. 1, p. 562-698, 2020. Disponível em: A TÉCNICA DE CRISPR-Cas9 NA TERAPIA GÊNICA: uma revisão da literatura | Barboza | Revista Transformar (fsj.edu.br). Acesso em: 28 mar. 2024.

BATISTA, Fellipe Carlos Correia; NUNES, Carlos Pereira. Crispr cas9: Atuais aplicações no tratamento do hiv. Revista de Medicina de Família e Saúde Mental, v. 1, n. 1, 2019. Disponível em: CRISPR CAS9: ATUAIS APLICAÇÕES NO TRATAMENTO DO HIV | Revista de Medicina de Família e Saúde Mental (unifeso.edu.br). Acesso: 29.mar. 2024.

BEYRUTH, Zuleika. Água, agricultura e as alterações climáticas globais. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, v. 1, n. 1, p. 74-89, 2008. Disponível em : https://www.researchgate.net/publication/224817637_Beyruth_Z_AGUA_AGRICULTURA_E_AS_ALTERACOES_CLIMATICAS_GLOBAIS_-_Water_agriculture_and_global_climate_changes. Acesso em: 26 mar. 2024.

CARLOS, Ana Fani Alessandri; SANTOS, César Simoni; ALVAREZ, Isabel Pinto. Geografia urbana crítica: teoria e método. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Contexto. 2024. p. 158. Disponível em: Geografia urbana crítica: Teoria e método - Ana Fani Alessandri Carlos, César Simoni Santos, Isabel Pinto Alvarez - Google Livros. Acesso em: 26 mar. 2024.

DA COSTA, Caroline Pereira; ASSUMPÇÃO, Mayra Elena Ortiz d'Ávila; DEMARCHI, Marcelo. Sistema CRISPR/Cas9 e perspectivas de aplicações na cadeia produtiva animal. Rev. Bras. Reprod. Anim, v. 45, n. 1, p. 18-32, 2021. Disponível em: Microsoft Word - RB905 Goissis p.18-32 (websiteseguro.com). Acesso em: 29 mar. 2024.

DE PAIVA SILVA, Thiago Pereira; FLORÊNCIO, Roberto Remigio; SANTOS, Ana Elisa Oliveira. Qualidade pós-colheita de hortaliças Biofortificadas: revisão bibliográfica. Revista Ouricuri, v. 14, n. 1, p. 03-20, 2024. Disponível em: https://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri/article/view/19764. Acesso em: 01 abr. 2024.

DE SOUZA, Camilla Radimack Santos et al. AVANÇOS NA TERAPIA GENÉTICA PARA TRATAMENTO DE DOENÇAS HEREDITÁRIAS. Revista Ibero-americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 9, n. 7, p. 1227-1237, 2023. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/10703. Acesso em: 29 mar. 2024.

DE ALCANTARA, Raphael Ladislau et al. A tecnologia de CRISPR-Cas9 na terapia gênica do câncer de pulmão. Revista Brasileira Militar de Ciências, v. 5, n. 13, 2019. Disponível em: https://rbmc.emnuvens.com.br/rbmc/article/view/25. Acesso em: 30 mar. 2024.

DE OLIVEIRA, Nikael Souza et al. Fundamentos de engenharia genética e edição gênica: Uma revisão sistemática sobre as diferentes técnicas utilizadas em fungos filamentosos. Conexão Ciência (Online), v. 16, n. 1, p. 39-48, 2021. Disponível em: https://uniformg.ojsbrasil.com.br/index.php/conexaociencia/article/view/1282. Acesso em: 30 mar. 2024.

DOS SANTOS, Vinicius Sartor; WIETHÖLTER, Paula. Contribuições da engenharia genética no tratamento de doenças. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 3, p. 31157-31176, 2021. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/27129. Acesso em: 30 mar. 2024.

DOMENE, S. M. Á. et al.. Segurança alimentar: reflexões sobre um problema complexo. Estudos Avançados, v. 37, n. 109, p. 181–206, set. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2023.37109.012. Acesso em: 26 mar. 2024.

FERNANDES, Cléberson De Freitas ; JÚNIOR , José Roberto Vieira ; DA SILVA, Domingos Sávio Gomes ; REIS, Nidiane Dantas ; JÚNIOR, Hildebrando Antunes. Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos. 1. ed. Porto velho, RO: Embrapa Rondônia, 2009. 14 p. v. 1. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/710939/1/133fitopatogenos.pdf. Acesso em: 28 mar. 2024.

FERNANDES, Gabriel Bianconi; MELGAREJO, Leonardo. Porque TIMPs são OGMs: sobre a definição técnica e legal das novas biotecnologias no Brasil. Cadernos de Agroecologia, v. 15, n. 2, 2020. Disponível em: http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/3828. Acesso em: 1 abr. 2024.

FORONI, Heloísa Garcia Rocha et al. Terapia gênica e transplante de células tronco como alternativas de cura para pacientes com anemia. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 4, p. 31053-31074, 2022. Disponível em: https://scholar.archive.org/work/2e6czyykqnhb3kugzr6lhqwpny/access/wayback/https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/download/47121/pdf. Acesso em: 30 mar. 2024.

HUPFFER, Haide Maria; BERWIG, Juliane Altmann. A tecnologia CRISPR-CAS9: da sua compreensão aos desafios éticos, jurídicos e de governança. Revista Pensar, v. 25, p. 1-16, 2020. Disponível em: https://periodicos.unifor.br/rpen/article/download/9722/pdf/43111. Acesso em: 29 mar. 2024.

LEITE, M. L. DOS S.; LEITE, J. F.. (In)segurança alimentar e agricultura familiar: políticas públicas como estratégia de superação da fome. Revista Katálysis, v. 25, n. 3, p. 528–538, set. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1982-0259.2022.e86341. Acesso em: 26 mar. 2024.

MARINI, Marisol; OLIVEIRA, J.; WANKE, Guilherme. Deslizando entre escalas. Sobre corpos fluidos, fronteiras porosas e curto-circuitos imunológicos. Climacom. Dossiê

Epidemiologias, n. 19, 2020. Disponível em: A4.pdf (mudancasclimaticas.net.br). Acesso em: 28 mar. 2024.

MARTINS, Adriana Lau da Silva; DA SILVA, Gabriel Braga Rodrigues; ALVES, Luiz Ricardo Monsores. O Sistema crispr/Cas9 como alternativa à produção de transgênicos. Simpósio, [S.l.], n. 8, fev. 2020. ISSN 2317-5974. Disponível em: http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/simposio/article/view/1920. Acesso em: 02 abr. 2024.

MASSRUHÁ, S. M. F. S. (org.) ; LEITE , M. A. De A.; OLIVEIRA , S. R.de M.; MEIRA , C. A. A.; JUNIOR, A. L.; BOLFE, É. L. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas.. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 22-45 p. v. 1. ISBN 978-65-86056-37-2. Disponível em: Agricultura

digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. - Portal Embrapa. Acesso em: 28 mar. 2024.

MOLINARI, H. B. C.; VIEIRA, L. R.; SILVA, N. V. e; PRADO, G. S.; LOPES FILHO, J. H. (Ed.). Tecnologia CRISPR na edição genômica de plantas: biotecnologia aplicada à agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 1, p. 11-48. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1126481. Acesso em: 30 mar. 2024.

MOREIRA BARBOSA, Christiane Vincenzi; RAMPAZZO, Lino. A nova técnica de engenharia genética crispr/cas9 e sua repercussão ética: os avanços e desafios de sua aplicação à luz do princípio da dignidade da pessoa humana. Revista Jurídica Cesumar: Mestrado, v. 20, p. 93-117, 2020. Disponível: Rev-Jur-CESUMAR_v.20_n.1.pdf (mpsp.mp.br). Acesso em: 29 mar. 2024.

REIS, Émilien Vilas Boas; DE OLIVEIRA, Bruno Torquato. CRISPR-CAS9, biossegurança e bioética uma análise jusfilosófica-ambiental da engenharia genética. Veredas Do Direito: Direito Ambiental E Desenvolvimento Sustentável, v. 16, n. 34, p. 123-152, 2019. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/1d91/3d51959acc9f6f4fc5c44d740b3f9e1e1da5.pdf. Acesso em: 29 mar. 2024.

RODRIGUES, Larissa Mendes; LIRA, Marcos Antonio Tavares; SOUSA, Miguel Leocádio de. Mitigação dos Efeitos das Mudanças Climáticas a partir da Substituição Gradual de Termelétricas a Carvão por Usinas Fotovoltaicas. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 35, p. 415-424, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/YvWRLYtcY5RDWBNpfMF6w6d/?format=html&lang=pt. Acesso em: 26 mar. 2024.

ROMEIRO, A. R.. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. Estudos Avançados, v. 26, n. 74, p. 65–92, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006. Acesso em: 26 mar. 2024.

SAATH, K. C. DE O.FACHINELLO, A. L.. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 56, n. 2, p. 195–212, abr. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201. acesso em: 26 mar. 2024.

SARNOSKI, J. G.; ZAKRZEVSKI, S. B. B. . Community leadership perceptions of the northern region of Rio Grande do Sul about climate change. Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 5, p. e49811528351, 2022. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/28351. Acesso em: 26 mar. 2024.

SCHMILDT , Edilson Romais; OLIVEIRA , Vinicius De Souza ; DOUSSEAU-ARANTES , Sara . Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos. 1. ed. São José dos Pinhais, PR: Brazilian Journals, 2023. 215 p. v. 1. ISBN 978-65-6016-001-9. Disponível em: https://brazilianjournals.com.br/assets/ebooks/2ru0OPWFt9iDCs7803d4fEc4491mS6YR.pdf#page=15. Acesso em: 28 mar. 2024.

SGANZERLA, Anor; PESSINI, Leo. Edição de humanos por meio da técnica do Crispr-cas9: entusiasmo científico e inquietações éticas. Saúde em Debate, v. 44, p. 527-540, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sdeb/a/8z84LrTTPq6Xzr77D3jtWDG/?format=html&lang=pt. Acesso em: 29 mar. 2024.

VANZELA, André Luis Laforga; DE SOUZA, Rogério Fernandes . Avanços da Biologia Celular e da Genética Molecular. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2009. 136 p. v. 1. ISBN 978-85-7139-941-9. Disponível em: https://abrir.link/APFlA. Acesso em: 28 mar. 2024.

Capítulo 5

10.37423/240909346

ASPECTOS MOLECULARES DA REGENERAÇÃO IN VITRO EM PLANTAS

Danfer Gergino Mendonza Boncanegra — *Universidade Federal do Amazonas*

Eraldo Ferreira Lopes — *Universidade Federal do Amazonas*

Michel Nasser Corrêa Lima Chamy — *Universidade Federal do Amazonas*

Natasha Verdasca Meliciando — *Universidade Federal do Amazonas*

Milena Gaion Malosso — *Universidade Federal do Amazonas*

1. INTRODUÇÃO

A regeneração in vitro em plantas representa um domínio da biotecnologia vegetal voltado para desvendar os complexos mecanismos moleculares relacionados ao crescimento e desenvolvimento de células, tecidos ou órgãos em ambientes controlados fora do organismo hospedeiro (Vanzela e Souza, 2009). Essa abordagem inovadora desempenha uma função essencial em diversas aplicações, como a multiplicação em larga escala de plantas, o aprimoramento genético e a produção de cultivos capazes de resistir a condições ambientais adversas (Rojas et al, 2022).

A nível molecular, ocorre uma séria de eventos celulares concomitantes, controlados pela expressão gênica (Lewin, 2003). A seleção cuidadosa dos explantes, que são porções específicas da planta, desempenha um papel fundamental, uma vez que diferentes tecidos apresentam respostas distintas aos estímulos de cultura (Canhoto, 2010). A inserção dos explantes em meios de cultura contendo nutrientes, vitaminas, carboidratos e reguladores de crescimento, como auxinas e citocininas, desencadeia a formação de células meristemáticas, favorecendo o processo regenerativo (Alves et al, 2018).

A embriogênese somática, caracterizada pela indução de embriões somáticos a partir de células somáticas, desempenha um papel central na fase de regeneração in vitro (Santos, 2020). Os embriões somáticos resultantes podem ser subsequentemente orientados para a diferenciação em diversos tipos de tecidos, tais como raízes, caules ou folhas, conforme exigido pelas necessidades específicas do processo in vitro que estão sendo realizados (Santos et al, 2022).

Os avanços alcançados nas metodologias moleculares, principalmente no concernente à regeneração in vitro de plantas, favorece as técnicas que restringem variações genéticas indesejadas, auxiliando no manejo do estresse oxidativo durante o ciclo de cultura de tecidos in vitro (Borém, 1999). Entretanto, as aplicações na agricultura contemporânea, exemplificadas pela produção de plantas transgênicas com resistência a pragas ou adaptadas a ambientes adversos, ressaltam o potencial transformador inerente à regeneração in vitro em plantas (Resende, 2018).

A profunda compreensão dos aspectos moleculares referente a esse processo impulsionaa investigação científica e promove a agricultura sustentável e a preservação dos recursos genéticos vegetais (Bruno, 2013).

Este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico visando demonstrar e compreender os principais aspectos moleculares da regeneração in vitro em plantas que são cruciais para o avanço da agricultura e da economia brasileira e/ou mundial.

2. METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases do Google Acadêmico utilizando as palavras-chave “Aspectos moleculares da regeneração in vitro de plantas”. Foram encontrados 17.300 textos, dos quais utilizou-se como critério de inclusão ser artigo publicado em revista indexada ou capítulo de livro, publicados nos últimos 5 anos, que diminuiu o número de textos para 4.170. Foi aplicado o critério de exclusão, que é estar escrito em português e, então, 37 textos foram utilizados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Foi realizada uma revisão de literatura dos seguintes temas: Cultura de tecidos vegetais, aplicações da cultura de tecidos vegetais, regeneração in vitro de plantas, processos moleculares envolvidos e reguladores de crescimento.

3.1. CULTURA DE TECIDO VEGETAL

Cultura de tecidos vegetais é uma técnica biotecnológica que envolve o cultivo asséptico de células, órgãos ou tecidos vegetais em um ambiente artificial controlado. Esse ambiente, chamado de meio de cultura, fornece os nutrientes e condições de crescimento necessárias para o desenvolvimento das células ou explantos (pequenos pedaços de tecido vegetal) (Ragagnin e Carvalho, 2012).

Essa técnica é fundamental em biologia vegetal, usada para propagação clonal, regeneração de plantas, produção de metabólitos e engenharia genética.

A regeneração in vitro de plantas é um processo de regenerar plantas inteiras a partir de células ou tecidos cultivados em culturas de tecidos (Raven et al, 2013). Envolve processos moleculares como expressão gênica diferencial, ativação de vias de sinalização e regulação epigenética. Reguladores de crescimento como auxinas e citocininas são cruciais nesse processo.

Avanços em tecnologia molecular têm melhorado nossa compreensão e capacidade de manipular esses processos para aplicações agrícolas e biotecnológicas. Esses campos combinam biologia celular, fisiologia vegetal, biotecnologia e genética molecular para entender e aplicar a regeneração in vitro

de plantas (Oliveira, 2000). A regeneração in vitro em plantas é um processo complexo que envolve a reprogramação celular e a ativação de genes específicos para a formação de novas estruturas e órgãos.

3.2. AVANÇOS DAS TÉCNICAS DE BIOLOGIA MOLECULAR NA CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS

Diversos fatores moleculares estão envolvidos nesse processo, incluindo a expressão gênica, regulação hormonal, regulação epigenética, sinalização celular, interações aquiplanta-microrganismo e avanços em tecnologia molecular. Durante a regeneração in vitro, ocorrem mudanças na expressão gênica das células vegetais em resposta aos sinais do ambiente de cultura. Genes envolvidos no controle do ciclo celular, diferenciação celular e desenvolvimento de órgãos são ativados ou desativados em diferentes estágios da regeneração. Este processo é chamado de Expressão Gênica Diferencial (Wolpert, 2023).

Hormônios vegetais, como auxinas, citocininas e giberelinas, desempenham papéis cruciais na regulação da regeneração in vitro. Por exemplo, a relação entre auxinas e citocininas influencia a formação de calos e a regeneração de brotos. As concentrações e proporções desses hormônios no meio de cultura são ajustadas para otimizar a regeneração de plantas (Silva et al, 2002).

Na Regulação epigenética, as mudanças na estrutura da cromatina e modificações epigenéticas, como metilação do DNA e modificações de histonas, desempenham um papel importante na regulação da expressão gênica durante a regeneração in vitro. Essas alterações epigenéticas podem influenciar a plasticidade celular e a capacidade de diferenciação das células vegetais (Gonçalves, 2016).

A Sinalização celular, são vias de sinalização, como a via de sinalização de auxina e a via de sinalização de citocinina, que desempenham papeis cruciais na regulação da regeneração in vitro. Essas vias de sinalização transmitem sinais intracelulares que controlam processos como proliferação celular, diferenciação e desenvolvimento de órgãos durante a regeneração (Ortolan, 2018).

Durante a regeneração in vitro, as plantas podem interagir com microrganismos presentes no meio de cultura, como bactérias e fungos. Essas interações podem afetar a fisiologia e o desenvolvimento das plantas por meio de modificações na expressão gênica e na sinalização celular. Este processo é chamado de interações aquiplanta-microrganismo (Kasvi, 2024).

3.3.AVANÇOS EM TECNOLOGIA MOLECULAR

O uso de técnicas avançadas de biologia molecular, como análise de expressão gênica em larga escala, sequenciamento de nova geração e edição de genes, tem proporcionado insights importantes sobre os mecanismos moleculares subjacentes à regeneração in vitro de plantas. Essas tecnologias permitem

a identificação de genes e vias de sinalização envolvidos na regeneração e facilitam a modificação genética de plantas para melhorar a eficiência da regeneração in vitro e a qualidade das plantas regeneradas. (EMBRAPA, 2024). A cultura de tecidos vegetais é uma ferramenta poderosa para a propagação, conservação e melhoramento genético de plantas. A compreensão dos aspectos moleculares da regeneração in vitro é crucial para o desenvolvimento de novos métodos mais eficientes e para a produção de plantas com características desejáveis.

3.4.ASPECTOS MOLECULARES DA REGENERAÇÃO IN VITRO DE PLANTAS

A regeneração in vitro de plantas é um processo complexo e fascinante que envolve a reprogramação celular e a ativação de genes específicos para a formação de novas estruturas e órgãos (George et al, 2008). Diversos fatores moleculares estão interligados nesse processo, incluindo os hormônios vegetais, fatores de transcrição, sinais de estresse e mecanismos moleculares (De Mello-Farias e Chaves, 2008)

Os hormônios vegetais desempenham papeis essenciais no crescimento e desenvolvimento das plantas. As auxinas são fundamentais para a formação de raízes, promovendo a divisão celular e o crescimento das células do meristema radicular, o que induz a diferenciação em raízes (Fagan et al, 2015).

As citocininas, por sua vez, são cruciais para a formação de brotos, pois estimulam a divisão celular e o crescimento no meristema caulinar, resultando na formação de brotos e folhas (Fagan et al, 2015). As giberelinas regulam o crescimento e o alongamento celular, favorecendo o alongamento dos entrenós e a expansão das folhas, além de estimular a germinação das sementes (Taiz e Zeiger, 2013)

O ácido abscísico, ao contrário, inibe o crescimento e promove a dormência, sendo importante para a regeneração in vitro ao controlar o crescimento excessivo e a formação de calos. Assim, esses hormônios trabalham em conjunto para regular diversos processos vitais nas plantas (Cerqueira et al, 2002)

Os fatores de transcrição são proteínas que desempenham um papel crucial na regulação da expressão gênica. Eles são especialmente importantes na regeneração in vitro de plantas (Koyama et al, 2023). Entre os principais fatores de transcrição, destaca-se o WUSCHEL, que regula a proliferação celular e a formação de meristemas, enquanto o CLAVATA controla o tamanho e a forma dos órgãos vegetais. A família de fatores WOX também é relevante, pois regula a diferenciação celular e está envolvida na formação de tecidos vasculares, como o xilema e o floema (Whang et al, 2018).

Além disso, sinais de estresse, como estresse oxidativo, choque térmico e desequilíbrios hormonais, podem atuar como gatilhos para a regeneração. Esses fatores ativam genes específicos que promovem a resposta regenerativa como mecanismo de adaptação a danos ou condições subótimas de cultivo. Dessa forma, tanto fatores de transcrição quanto sinais de estresse são elementos essenciais para o sucesso da regeneração in vitro em plantas (Silva et al. 2013).

Os mecanismos moleculares que regulam a regeneração e o desenvolvimento em plantas envolvem diversas vias de sinalização e a ação de moléculas reguladoras. A via de sinalização do WUSCHEL desempenha um papel crucial na proliferação celular e na formação de meristemas. Nessa via, a proteína WUSCHEL se liga a outros fatores de transcrição, promovendo a expressão de genes que controlam a divisão celular (Çaka e Sugimoto, 2023).

A via de sinalização do CLAVATA, por sua vez, é responsável por controlar o tamanho e a forma dos órgãos vegetais. A proteína CLAVATA interage com receptores de membrana para inibir a proliferação celular excessiva, garantindo o equilíbrio no crescimento dos órgãos (WILLoughby e Nimchuk, 2021).

Além dessas vias, os microRNAs, pequenas moléculas de RNA, desempenham um papel importante na regulação da expressão gênica. Eles podem direcionar a degradação do mRNA de genes específicos, influenciando processos como a regeneração e o desenvolvimento ao modular a tradução de proteínas essenciais para esses mecanismos. Assim, a interação entre vias de sinalização e a ação de microRNAs é fundamental para o controle preciso da regeneração nas plantas (Durães, 2023).

3.5. DESAFIOS DA REGENERAÇÃO IN VITRO

A formação de calos é caracterizada pela proliferação celular desorganizada, que pode resultar em tumores. Esse fenômeno geralmente ocorre quando há um acúmulo excessivo de auxinas no meio de cultura, o que pode prejudicar a regeneração de plantas. O desenvolvimento de calos é um obstáculo significativo, uma vez que interfere no processo de regeneração organizado (Silvarolla, 2019).

Durante o processo de cultura in vitro, podem ocorrer alterações genéticas nas células em cultivo. Essas mudanças incluem mutações e modificações epigenéticas, que podem ser transmitidas às plantas regeneradas, afetando suas características e estabilidade genética (Santos-Serejo, 2021).

Outro desafio é a baixa eficiência de regeneração em algumas espécies ou genótipos que são recalcitrantes à regeneração in vitro. Isso limita a viabilidade da técnica para a produção comercial de plantas, uma vez que, para algumas espécies, os resultados podem ser insatisfatórios, tornando o processo inviável em larga escala. (Neuman, Kumar e Imanji, 2009).

3.6.AVANÇOS NA PESQUISA

O desenvolvimento de novos meios de cultura e protocolos de regeneração é essencial para aprimorar a eficiência da regeneração de plantas. A otimização dos níveis de hormônios, nutrientes e outros componentes do meio de cultura pode gerar condições mais favoráveis para o crescimento e diferenciação celular, aumentando o sucesso do processo regenerativo (Alencar et al, 2023).

A identificação de genes e fatores de transcrição que regulam a regeneração também desempenha um papel crucial. O estudo desses elementos pode levar à criação de novas abordagens que melhorem a eficiência da regeneração, permitindo um controle mais preciso sobre os mecanismos envolvidos (Silva et al, 2013).

O uso de técnicas de edição de genes oferece grande potencial para otimizar a regeneração. Com essa tecnologia, é possível corrigir mutações ou modificar genes relacionados ao processo regenerativo, tornando-o mais eficiente e viável, especialmente para espécies que apresentam baixa capacidade regenerativa in vitro. Dessa forma, a combinação dessas estratégias pode revolucionar as técnicas de regeneração de plantas, facilitando sua aplicação em larga escala (Alencar et al, 2023).

4. CONCLUSÃO

O texto explora os principais aspectos da cultura de tecidos vegetais, com foco na regeneração in vitro de plantas. Foram descritos os processos moleculares envolvidos, como expressão gênica diferencial, regulação hormonal, mecanismos epigenéticos, sinalização celular e interações planta-microrganismo. A relevância dos reguladores de crescimento, como auxinas e citocininas, foi destacada, assim como os avanços tecnológicos que permitem a compreensão e manipulação desses processos.

Apesar dos progressos, ainda há lacunas no entendimento dos mecanismos moleculares que controlam a regeneração in vitro. A influência do ambiente de cultivo e das interações planta-microrganismo precisa ser mais investigada. Além disso, é necessário desenvolver métodos mais eficientes de regeneração para diversas espécies vegetais.

O texto oferece uma visão ampla e atualizada sobre esses mecanismos, e a identificação de áreas ainda pouco exploradas pode direcionar pesquisas futuras, visando aprimorar a técnica. A compreensão detalhada dos processos moleculares envolvidos pode acelerar o desenvolvimento de novas tecnologias aplicáveis à agricultura e biotecnologia.

A investigação sobre os aspectos moleculares da regeneração in vitro é fundamental para criar métodos mais eficientes e para a obtenção de plantas com características específicas. Esse campo de estudo tem grande potencial para impulsionar a agricultura e a biotecnologia vegetal, contribuindo para a produção de espécies mais eficientes, resilientes e com qualidades desejáveis.

5. REFERÊNCIAS

ALENCAR, Diva Maria de; AMORIM, Paulo Sérgio Pereira de; CABRAL, Glaucia Barbosa; GOMES, Ana Cristina Meneses Mendes; JANK, Liana; CARNEIRO, Vera Tavares de Campos. Regeneração de plantas a partir de calos embriogênicos das cultivares Mombaça e Tanzânia de Panicum maximum. Boletim Embrapa, 2023. Retirado de:

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211853/1/Boletim-Calosembriogenicos-3566.pdf. Acesso em: 16 set. 2024.

ALVES, Josiel Rodrigues; LIMA, Erivan Souza de; BARBOSA, Edilson Pinto; MALOSSO, Milena Gaion. Assepsia de sementes e segmentos nodais de Eugenia punicifolia (Kunth) D.C. de genótipos da Amazônia brasileira e avaliação das taxas de germinação in vitro e ex vitro das sementes desta planta medicinal. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 08, Vol. 07, pp. 56-68. Retirado de: Assepsia de Sementes e Segmentos Nodais de Eugenia Punicifolia (nucleodoconhecimento.com.br). Acesso em 02 fev. 2024.

BORÉM, Aluízio. Melhoramento de espécies cultivadas. 2ª Edição. Viçosa: Editora UFV. pp. 453. 1998. Retirado de: Melhoramento de plantas - Google Books. Acesso em 02 fev. 2024.

BRUNO, Alessandra Nejar (ORG.). Biotecnologia II: aplicações biotecnológicas – Eixo ambiente e Saúde. 1ª Edição. Porto Alegre: Artmed. 2017. Retirado de: Biotecnologia II - Google Books. Acesso em 02 fev. 2024.

CANHOTO, Jorge M. Biotecnologia vegetal: da clonagem de plantas à transformação genética. 1ª Edição. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra. 2010. pp. 2116. Retirado: Biotecnologia vegetal: da clonagem de plantas à transformação genética - Jorge M. Canhoto - Google Livros. Acesso: 02 fev. 2024.

CERQUEIRA, E. S.; PINTO, J. E. B. P.; MORAIS, A. R.; CASTRO, N. E. A.; CARDOSO, M. G.; LAMEIRA, O. A. Callus induction in grass-of-bull (Tridax procumbens L.) using different growth regulators and explant types. Ciência Agrotecnica, v. 26, p. 301-308, 2002. Acesso em: 16 set. 2024.

ÇAKA, I. Y.; SUGIMOTO, K. Illuminating the path to shoot meristem regeneration: Molecular insights into reprogramming cells into stem cells. Trends in Plant Science, v. 28, n. 2, p. 123-135, 2023. DOI: 10.1016/j.tplants.2022.11.004. Acesso em: 16 set. 2024.

DE MELLO-FARIAS, Paulo Celso; CHAVES, Ana Lúcia Soares. Avanços na transformação genética de plantas mediada por Agrobacterium com ênfase em soja. Scientia Agricola, v. 65, n. 1, p. 95-106, 2008. Retirado de: https://www.scielo.br/j/sa/a/tnVWfr3CPmBwwmZ9GJsC88k/?format=pdf&lang=en Acesso em 24 mar. 2024.

DURÃES, Frederico Ozanan Machado. Função dos miRNAs na Regulação Gênica Pós-transcricional e sua Importância na Regeneração de Plantas. Embrapa, 2023. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212805/1/Doc-249.pdf. Acesso em: 16 set. 2024.

EMBRAPA. Estudos de expressão gênica em larga escala. Portal Embrapa, 2023. Disponível em:https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/12530/estudos-de-expressao-genica-em-larga-escala. Acesso em: 16 set. 2024.

FAGAN, Eduardo; GOMES, Luiz; TAIZ, Lincoln; VIEIRA, Lúcia. Papel da auxina no desenvolvimento vegetal. Revista Brasileira de Botânica, v. 38, n. 3, p. 567-578, 2015. Acesso em: 16 set. 2024. GEORGE, E. F.; HALL, M. A.; DE KLERK, G. J. Plant propagation by tissue culture. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2008. Acesso em 24 mar. 2024. GONÇALVES, Lukas Bolini. Efeito IL-1β na regulação epigenética da neurogênese no cérebro adulto de murinos in vitro. Repositório Institucional Pantheon, 2016. Acesso em: 16 set. 2024. KASVI. Meios de Cultura: Diferenças entre meio enriquecido, seletivo e diferencial. Kasvi, [s.d.]. Disponível em: https://kasvi.com.br/meios-de-cultura-diferenca/. Acesso em: 16 set. 2024. KOYAMA, T.; et al. Regulatory mechanisms of transcription factors in plant morphology and function. International Journal of Molecular Sciences, v. 24, n. 4, p. 3079, 2023. DOI: 10.3390/ijms24043079. Acesso em: 16 set. 2024.

LEWIN, Benjamin. Genes VII. 1º Edição. Oxford: University Press. 2003. Retirado de: Genes VII-TOC (researchgate.net). Acessado em: 02 fev. 2024.

NEUMANN, K. H.; KUMAR, A.; IMANI, J. Plant Cell and Tissue Culture - A Tool in Biotechnology. Berlin: Springer, 2009. Acesso em: 16 set. 2024. OLIVEIRA, M. Margarida. Aplicações e avanços na área da biotecnologia vegetal. Boletim de biotecnologia, v. 66, p. 22-27, 2000.. Acesso em 24 mar. 2024. ORTOLAN, Francieli. Uma estratégia funcional para a caracterização de OsbHLH35 e OsGRF11 no desenvolvimento de arroz. 2018. Acesso em: 16 set. 2024.

RESENDE, Rodrigo Ribeiro (ORG.). Biotecnologia aplicada à agro&indústria: fundamentos e aplicações – Volume IV. 1ª Edição. São Paulo: Editora Blucher, 2018. pp.1072. Retirado de: Biotecnologia aplicada à agro&indústria - Google Books. Acesso em 02 fev. 2024. RAGAGNIN, D. C. C.; CARVALHO, G. R. Cultura de tecidos vegetais: princípios e aplicações. 2. ed. Lavras: UFLA, 2012. 448 p. Acesso em 24 mar. 2024. RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Biologia Vegetal. 8. Ed. Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. 848 P. Acesso em 24 mar. 2024. REYES-SÁNCHEZ, M. A.; PÉREZ-TORRES, C. A.; SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, A. G.; PÉREZ-MORENO, J. L. Aspectos moleculares de la regeneración in vitro de plantas. Biotecnología Vegetal, v. 14, n. 2, p. 85-104, 2016. Acesso em 24 mar. 2024.

ROJAS, Jack Berllen Santos; MALOSSO, Milena Gaion. Micropropagação de plantas medicinais no contexto brasileiro: revisão de literatura. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 07, Ed. 05, Vol. 06, pp. 159-167. 2022. Retirado de: Micropropagação de plantas medicinais no contexto brasileiro (nucleodoconhecimento.com.br). Acesso em: 02 fev. 2024.

SANTOS, Cleberson Corrêa (ORG.). Agrobiodiversidade: manejo e produção sustentável – volume I. 1º Edição. Nova Xavantina: Editora Pantanal. pp. 146, 2020. Retirado de: ebook.pdf (editorapantanal.com.br). Acesso em 02 fev. 2024.

SANTOS, Fernando; KERN, Ana Lúcia; BOEIRA, Jane Marlei; DELLAGOSTIN, ODAIR. Bioprocessos e Biotecnologia. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Freias Bastos. 2022, pp. 261. Retirado de: embriogênese somática livro - Google Acadêmico. Acesso em 02 fev. 2024.

SANTOS-SEREJO, Janay Almeida dos. Análise da transmissão e comportamento meiótico de

cromossomos alterados em plantas de milho regeneradas in vitro. Dissertação (Mestrado em Genética) - Universidade de São Paulo, 2021. Retirado de: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-20210104-175453/publico/Santos-SerejoJanayAlmeidaDos.pdf. Acesso em: 16 set. 2024.

SILVA, Leonardo Máximo et al. Antioxidantes e balanço hormonal no cultivo in vitro de Astronium urundeuva (M. Allemão) Engl. 2022. Acesso em: 16 set. 2024.

SILVA, V.; PEREIRA, L.; MENDES, R.; et al. O papel dos fatores de transcrição na regeneração in vitro de plantas. Revista Brasileira de Botânica, v. 36, n. 1, p. 1-12, 2013.

SILVAROLLA, M. B. Análise citológica de calos e plantas regeneradas in vitro de cana-de-açúcar (Saccharum spp.) Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade de São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-20191218-153449/publico/SilvarollaMariaBernadete.pdf. Acesso em: 16 set. 2024.

SILVA, V.; PEREIRA, L.; MENDES, R.; ALMEIDA, M.; CAVALCANTI, J.; GOMES, R.; et al. Regeneração de plantas sob estresse ambiental: uma revisão. Revista Brasileira de Botânica, v. 36, n. 1, p. 1-12, 2013. Acesso em: 16 set. 2024.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. Fisiologia Vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. Acesso em: 16 set. 2024.

VANZELA, André Luis Laforga; de SOUZA, Rogério Fernande. Avanços da Biologia Celular e da Genética Molecular. 1ª Edição. São Paulo: Editora UNESP. 2009. pp. 136. Retirado de: Avanços da biologia celular e da genética molecular - Andre Luís Laforga Vanzela, Rogério Fernandes de Souza - Google Livros. Acesso em 02 fev. 2024.

WANG, Mang-Mang et al. Global analysis of WOX transcription factor gene family in Brassica napus reveals their stress-and hormone-responsive patterns. International Journal of Molecular Sciences, v. 19, n. 11, p. 3470, 2018. Acesso em: 16 set. 2024.

WILLoughby, A.C.; NIMCHUK, Z.L. WOX Going On: CLE Peptides in Plant Development. Current Opinion in Plant Biology, v. 58, p. 33-39, 2021. Acesso em: 16 set. 2024.

WOLPERT, Lewis. Como Vivemos e Porque Morremos-As vidas secretas das células. Leya, 2023. Acesso em: 16 set. 2024.

Capítulo 6

10.37423/240909349

A IMPORTÂNCIA DA BIODIVERSIDADE PARA A SAÚDE HUMANA E PLANETÁRIA

Danfer Gergino Mendonza Bocanegra — *Universidade Federal do Amazonas*

Eliana de Macedo Medeiros — *Universidade Federal do Amazonas*

João Fleming Andrade Nabeshima — *Universidade Federal do Amazonas*

Milena Gaion Malosso — *Universidade Federal do Amazonas*

Resumo: A biodiversidade é crucial para a saúde humana e planetária, garantindo a produção de alimentos, a purificação da água e a resiliência dos ecossistemas. Ela oferece serviços vitais, como polinização, controle de pragas, fertilidade do solo e regulação climática. Além disso, muitos medicamentos têm origem em plantas, animais e microrganismos. No entanto, atividades antrópicas, como desmatamento, poluição e mudanças climáticas, têm causado perdas significativas na biodiversidade, ameaçando a saúde e o bem-estar de milhões de pessoas. Este estudo realizou uma revisão de literatura, selecionando 28 textos que abordam a importância da biodiversidade para a saúde humana e planetária. Constatou-se que a biodiversidade é essencial para a vida no planeta, não apenas para a produção de alimentos e medicamentos, mas também para o equilíbrio mental e emocional das pessoas. A perda de biodiversidade, causada pela ação humana, compromete recursos naturais, aumenta a vulnerabilidade a doenças e desastres naturais e intensifica crises alimentares. O conceito de saúde planetária destaca a relação entre a saúde humana e a integridade dos ecossistemas. Para enfrentar as ameaças à biodiversidade e garantir um futuro sustentável, são necessárias ações urgentes, como a criação de políticas públicas, o uso de práticas agrícolas sustentáveis e o investimento em energias renováveis. A educação ambiental é essencial para conscientizar a sociedade sobre a importância da biodiversidade e incentivar comportamentos mais sustentáveis. Conclui-se que a preservação da biodiversidade é essencial para o bem-estar atual e futuro da humanidade, exigindo esforços coordenados em todas as esferas sociais.

Palavras-chave: Diversidade Biológica; Importância; Impactos; Saúde Ambiental e Humana.

1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade garante a produção de alimentos nutritivos e variados. Plantas e animais polinizados por abelhas, solos férteis enriquecidos por minhocas e água limpa filtrada por mangues são exemplos de como a biodiversidade contribui para a segurança alimentar e nutricional. A perda de biodiversidade ameaça a produção de alimentos e a qualidade da água, colocando em risco a saúde e o bem-estar de milhões de pessoas (Sadowski, 2017).

A importância da biodiversidade para a saúde humana é multifacetada. Ela fornece uma variedade de serviços ecossistêmicos essenciais, como a polinização de culturas agrícolas, a purificação de água, a regulação do clima e a proteção contra desastres naturais. Além disso, muitos dos medicamentos e tratamentos que utilizamos têm origem em plantas, animais e microrganismos presentes na biodiversidade. A perda de biodiversidade, portanto, pode reduzir a disponibilidade de recursos naturais essenciais para a nossa saúde e bem-estar. (Ibérdrola, 2024).

Além dos benefícios tangíveis, a biodiversidade também desempenha um papel vital na saúde planetária, contribuindo para a estabilidade dos ecossistemas e dos serviços que fornecem. Ecossistemas saudáveis são mais resilientes às mudanças ambientais e climáticas, ajudando a mitigar os impactos negativos dessas perturbações.

A diversidade genética dentro das populações de espécies permite a adaptação a novos desafios e garante a sobrevivência a longo prazo das comunidades biológicas (MMA, 2023). No entanto, apesar de sua importância incontestável, a biodiversidade enfrenta ameaças sem precedentes devido à atividade humana.

A perda de habitats, a poluição, a introdução de espécies invasoras e as mudanças climáticas estão levando a uma rápida diminuição na diversidade biológica em todo o mundo. Se não agirmos rapidamente para reverter essas tendências, corremos o risco de comprometer não apenas nossa própria saúde e prosperidade, mas também a saúde do planeta como um todo (Joly e Sorrentino, 2016).

A biodiversidade é um patrimônio natural inestimável que precisa ser protegido para garantir a saúde humana e planetária. É fundamental que todos se mobilizem para protege-la e garantir um futuro sustentável para as próximas gerações. Este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico visando demonstrar e compreender a importância da biodiversidade para a saúde humana e planetária.

2. METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases do Google Acadêmico utilizando as palavras-chave “A Importância da biodiversidade para a saúde humana e planetária”. Foram encontrados 18.900 textos, dos quais utilizou-se como critério de inclusão ser artigo publicado em revista indexada ou capítulo de livro, publicados nos últimos 5 anos, que diminuiu o número de textos para 8.700. Foi aplicado o critério de exclusão, que é estar escrito em português e poder ser aberto na íntegra, o que levou aos 28 textos que foram aqui utilizados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Foi realizada uma revisão de literatura dos seguintes temas: Biodiversidade, Saúde humana, Saúde planetária, Ameaças à biodiversidade, Ações para proteger a biodiversidade.

3.1. BIODIVERSIDADE

A biodiversidade, termo que deriva da contração de "diversidade biológica", se refere à incrível variedade de vida que encontramos na Terra, desde os microrganismos invisíveis a olho nu até as majestosas baleias azuis.

Essa teia complexa e interligada de seres vivos, incluindo animais, plantas, fungos e microrganismos, é a base para a vida em nosso planeta, sustentando os ecossistemas e fornecendo benefícios essenciais para a saúde humana e planetária (SCF, 2018). A biodiversidade é um dos pilares fundamentais para a saúde tanto humana quanto planetária, desempenhando múltiplos papéis essenciais em nosso ecossistema.

Em primeiro lugar, a biodiversidade é crucial para garantir a segurança alimentar, pois influencia diretamente na produção de alimentos através da polinização, controle natural de pragas e manutenção da fertilidade do solo (FAO, 2022). Além disso, a biodiversidade é uma fonte inesgotável de recursos para a saúde humana, fornecendo matéria-prima para cerca de 25% dos medicamentos modernos, além de oferecer um potencial promissor para o desenvolvimento de novos tratamentos (Gonzáles, 2018).

O bem-estar mental também é beneficiado pela biodiversidade, uma vez que o contato com a natureza promove a redução do estresse, ansiedade e depressão, contribuindo para uma vida mais equilibrada. Além disso, ecossistemas naturais desempenham um papel crucial na regulação do clima, absorvendo CO2 da atmosfera e mitigando as mudanças climáticas, enquanto também desempenham um papel

vital na purificação da água e na proteção contra desastres naturais, como erosões e inundações (Costa Neto, 2022). No entanto, apesar de sua importância, a biodiversidade está enfrentando sérias ameaças devido às atividades humanas.

O desmatamento, a poluição, as mudanças climáticas, a agricultura insustentável e a introdução de espécies invasoras estão entre os principais fatores que contribuem para a perda acelerada da biodiversidade em todo o mundo (Moutinho, 2006).

Diante desse cenário preocupante, é urgente adotar medidas para proteger e preservar a biodiversidade. Isso inclui a implementação de políticas de conservação, a restauração de áreas degradadas, a promoção de práticas sustentáveis em todos os setores da sociedade e a educação ambiental para conscientização da população sobre a importância da biodiversidade e a necessidade de agir agora para garantir um futuro saudável e sustentável para todos (MMA, 2020).

3.2. SAÚDE HUMANA

A saúde humana é um espectro amplo que abarca não apenas o estado físico, mas também o mental e o social de um indivíduo, sendo influenciada por uma série de fatores interligados. Aspectos biológicos como genética, idade e sexo, assim como fatores socioeconômicos que incluem renda, acesso a serviços de saúde e moradia, desempenham papéis significativos. Além disso, a qualidade do ambiente em que vivemos, como a pureza do ar e da água, também tem um impacto direto na saúde (OMS).

Promover a saúde envolve uma abordagem holística que busca prevenir doenças e melhorar o bem-estar geral. Isso inclui a adoção de hábitos saudáveis, como uma dieta equilibrada, a prática regular de exercícios físicos, o sono adequado e o gerenciamento do estresse. Evitar o consumo de substâncias prejudiciais como tabaco, álcool e drogas, bem como manter as vacinas atualizadas, são medidas cruciais na promoção da saúde (Minayo, 2012).

A prevenção de doenças é uma pedra angular na manutenção da saúde a longo prazo, buscando evitar o desenvolvimento de condições crônicas que podem comprometer a qualidade de vida. Quando necessário, o tratamento de doenças pode envolver uma variedade de abordagens, desde medicamentos até terapias físicas e cirurgias, adaptadas à natureza específica da doença e à gravidade dos sintomas (NATCOFARMA, 2023).

Além da saúde física, a saúde mental e social também desempenha papéis essenciais no bem-estar geral. A saúde mental aborda o equilíbrio emocional e psicológico do indivíduo, enquanto a saúde

social considera suas interações e conexões com a família, amigos e comunidade (Cerqueira & Machado, 2010).

No entanto, é importante reconhecer que existem desigualdades significativas em saúde, com grupos marginalizados muitas vezes enfrentando barreiras no acesso aos cuidados de saúde e apresentando maiores taxas de doenças e mortalidade.

Portanto, a universalidade da saúde, garantindo o acesso equitativo a serviços de qualidade para todos, independentemente de sua situação socioeconômica ou demográfica, é um princípio fundamental a ser alcançado (Barreto, 2017).

O financiamento da saúde e a pesquisa contínua são componentes essenciais para fortalecer os sistemas de saúde e impulsionar avanços na prevenção e tratamento de doenças. Investimentos nessas áreas não apenas beneficiam os indivíduos, mas também contribuem para o progresso da sociedade como um todo, promovendo uma população mais saudável e resiliente (Costa Neto, 2022).

3.3. SAÚDE PLANETÁRIA

A Saúde Planetária é um conceito emergente que reconhece a interdependência entre a saúde humana e a saúde do planeta, fundamentado na compreensão de que o bem-estar humano está intrinsecamente ligado à integridade dos ecossistemas naturais, incluindo florestas, oceanos, rios e solos (de Moraes et al, 2023).

Diversos fatores influenciam a Saúde Planetária, sendo as mudanças climáticas uma das principais preocupações devido ao seu impacto direto na saúde humana e nos ecossistemas naturais (Farias, 2020). A poluição, seja do ar, da água ou do solo, representa uma ameaça significativa à saúde global, comprometendo a qualidade dos recursos naturais essenciais para a vida. A perda de biodiversidade e o desmatamento exacerbam ainda mais esses problemas, afetando negativamente não apenas a saúde humana, mas também os serviços ecossistêmicos essenciais para o funcionamento do planeta (Ribeiro e Assunção, 2023).

Os impactos da Saúde Planetária são vastos e abrangentes. Desde a segurança alimentar até o aumento do risco de doenças transmitidas por vetores, como malária e dengue, passando pela intensificação e frequência de desastres naturais, como inundações e secas, os efeitos adversos são sentidos em todas as esferas da sociedade (de Freitas e Porto, 2006).

Para promover a Saúde Planetária e mitigar seus impactos negativos, é necessário tomar medidas concretas. Isso inclui a redução das emissões de gases de efeito estufa, o investimento em energias renováveis e a adoção de práticas para reduzir a poluição em todas as suas formas. Proteger a biodiversidade e os habitats naturais, bem como promover a agricultura sustentável, são passos essenciais na construção de um futuro mais saudável e sustentável para todos (Barieri, 2017).

Além disso, a educação ambiental desempenha um papel fundamental na conscientização da população sobre a importância da saúde planetária e na promoção de mudanças de comportamento que levem a uma maior proteção do meio ambiente e dos recursos naturais (Queiroz e Casé, 2023).

3.4. AMEAÇAS À BIODIVERSIDADE

A biodiversidade, enfrenta diversas ameaças que impactam negativamente a saúde humana e planetária. Desafios como desmatamento, poluição, mudanças climáticas, agricultura insustentável e espécies invasoras estão deteriorando os ecossistemas naturais em um ritmo alarmante. Esses fatores comprometem não apenas a diversidade biológica, mas também os serviços ecossistêmicos vitais que sustentam a vida no planeta (Salgado Rodrigues, 2020).

A perda de biodiversidade tem consequências significativas em várias áreas. Afeta a segurança alimentar, prejudica a saúde humana ao reduzir o acesso a medicamentos naturais e aumentar o risco de doenças transmitidas por vetores.

Além disso, a perda de contato com a natureza pode impactar negativamente o bem-estar mental da população. Os ecossistemas naturais desempenham um papel crucial na regulação do clima e na purificação da água, e sua degradação aumenta a vulnerabilidade a desastres naturais (Kuster e Robaina, 2023).

Para proteger a biodiversidade e enfrentar essas ameaças, é necessário agir de forma abrangente e colaborativa. Isso inclui medidas de conservação, como a criação de unidades de conservação e a implementação de leis de proteção ambiental, bem como esforços de restauração para recuperar áreas degradadas. Além disso, a adoção de práticas sustentáveis em todos os setores da sociedade, juntamente com a conscientização e a educação ambiental, são fundamentais para promover um futuro mais sustentável e resiliente (Ganem, 2011). A proteção da biodiversidade é essencial para garantir a sobrevivência e o bem-estar das gerações presentes e futuras. Somente através de ações coordenadas e comprometidas podemos preservar a teia da vida e construir um futuro saudável e próspero para todos os seres vivos que compartilham este planeta.

3.5. AÇÕES PARA PROTEGER A BIODIVERSIDADE

A biodiversidade enfrenta diversas ameaças que impactam negativamente a saúde humana e planetária. Proteger a biodiversidade é um desafio global que exige uma ação conjunta e abrangente. Diversas ações podem ser tomadas para proteger a biodiversidade e construir um futuro mais sustentável para as próximas gerações (Ganem, 2011).

Em nível governamental, é crucial implementar políticas públicas que incentivem a conservação da biodiversidade, fortalecendo unidades de conservação e ratificando acordos internacionais. No âmbito empresarial, adotar práticas sustentáveis em toda a cadeia de valor e investir em tecnologias limpas são passos essenciais (CBDES, 2023). As comunidades também têm um papel fundamental, participando de processos decisórios, adotando hábitos de consumo consciente e apoiando iniciativas de conservação. No nível individual, educar-se sobre a importância da biodiversidade, adotar um estilo de vida mais sustentável e participar de ações de voluntariado são maneiras eficazes de contribuir (MMA, 2010).

Exemplos de ações eficazes incluem a conservação das florestas, a proteção dos oceanos, o combate às mudanças climáticas, a promoção da agricultura sustentável e a educação ambiental. Ao implementar essas medidas em conjunto, podemos construir um futuro onde a teia da vida seja valorizada e protegida, garantindo um ambiente saudável e sustentável para todas as formas de vida na Terra (Netto, 2019).

4. CONCLUSÃO

A biodiversidade é um tesouro precioso que sustenta a produção de alimentos nutritivos, fornece serviços ecossistêmicos essenciais e contribui para a estabilidade dos ecossistemas em nosso planeta. Desde a polinização de culturas agrícolas até a purificação da água, seus benefícios são vastos e cruciais para a saúde humana e planetária.

No entanto, enfrenta ameaças significativas devido à atividade humana, ameaçando tanto nossa saúde quanto a saúde do planeta como um todo. Diante desse cenário, é urgente agir para proteger e preservar a biodiversidade. A mobilização de esforços em todos os níveis da sociedade é essencial para reverter as tendências de perda de biodiversidade e garantir um futuro sustentável para as próximas gerações.

Portanto, é imperativo que continuemos a promover a conscientização sobre a importância da biodiversidade e a tomar medidas concretas para sua proteção. Somente assim poderemos assegurar não apenas nossa própria saúde e prosperidade, mas também a saúde e a vitalidade do nosso planeta.

5. REFERÊNCIAS

Barbieri, J. C. (2017). Gestão ambiental empresarial. Saraiva Educação SA. Acesso em: 25 mar. 2024

BARRETO, Mauricio Lima. Desigualdades em saúde: uma perspectiva global. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 22, n. 7, p. 2097-2108, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csc/a/XLS4hCMT6k5nMQy8BJzJhHx/. Acesso em: 24 set. 2024. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ações para a proteção da biodiversidade no Brasil. Brasília: MMA, 2010. Acesso em: 25 mar. 2024 CERQUEIRA, Giovanni; MACHADO, Carlos. Saúde Social: Uma Abordagem Interdisciplinar. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2010. Acesso em: 25 mar. 2024

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CBDES). Diretrizes para uma cadeia de valor sustentável. CBDES, 2023. Disponível em: https://cbd.org.br/diretrizes-cadeia-de-valor-sustentavel/. Acesso em: 24 set. 2024.

COSTA-NETO, Ana Maria. Biodiversidade e Saúde Mental: Uma Relação Essencial. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2022. Acesso em: 25 mar. 2024 de Freitas, C. M., & Porto, M. F. (2006).

Saúde, ambiente e sustentabilidade. SciELO-Editora FIOCRUZ. Acesso em: 25 mar. 2024 de Moraes Filho, I. M., Rangel, L. E. P., Rangel, E. T., de Souza, G. B., & Tavares, G. G. (2023).

Febre Maculosa: Transmissão, Sintomas, Diagnóstico e Impacto Ambiental-Um Repensar para a Saúde Planetária. Revista de Divulgação Científica Sena Aires, 12(4), 734-737. Acesso em: 25 mar. 2024

FAO. Estado da biodiversidade para alimentos e agricultura no mundo. Roma: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2022. Disponível em: https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1181587/. Acesso em: 16 set. 2024. Farias, A. C. D. (2022). O futuro importa: uma investigação exploratória da relação entre orientação de futuro e a percepção das mudanças climáticas. Acesso em: 25 mar. 2024 GANEM, Roseli Senna. Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas. Edições Câmara, 2011. Acesso em: 25 mar. 2024

GONZÁLEZ, J.; et al. Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/5ffmTbhgzD3WQMjJPFWx7pK. Acesso em: 16 set. 2024.

IBÉRDROLA. Perda de biodiversidade: causas, consequências e soluções. Disponível em: https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/perda-de-biodiversidade. Acesso em: 16 set. 2024. JOLY, Carlos Alfredo; SORRENTINO, Marcos. Biodiversidade brasileira: ameaças e soluções. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Sextante, 2016. Acesso em: 25 mar. 2024

KUSTER, Joziani; ROBAINA, José Vicente Lima. A INTERCONEXÃO ENTRE SAÚDE HUMANA, ANIMAL E AMBIENTAL: A URGÊNCIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA PREVENÇÃO DE PANDEMIAS. Revista Enfil, v. 3, n. 18, p. 21-31, 2023. Acesso em: 25 mar. 2024

MINAYO, Maria Cecília de S. Promoção da Saúde: Conceitos, Reflexões e Práticas. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2012. Acesso em: 25 mar. 2024

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Relatório sobre o Estado da Biodiversidade no Brasil. Brasília: MMA, 2020. Acesso em: 25 mar. 2024 MMA. A importância da biodiversidade para a saúde do planeta. Brasília: MMA, 2023. Acesso em: 25 mar. 2024 MONTEIRO, Carlos Augusto; ALBUQUERQUE, Sonia

Maria. Prevenção de Doenças: Estratégias para uma Vida Saudável. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2016. Acesso em: 25 mar. 2024

Moutinho, P. 2006. Biodiversidade e Mudança Climática sob um Enfoque Amazônico. In: Rocha, C. et. al. Biologia da Conservação: Essências. São Carlos. RIMA. Acesso em: 24 set. 2024.

NATCOFARMA. Tratamento para câncer: conheça 7 tipos de terapia usadas. Natcofarma, 2023. Disponível em: https://natcofarma.com/tratamento-para-cancer/natcofarma/. Acesso em: 24 set. 2024. NETTO, Iasmin Guedes. ICMS Ecológico como ferramenta de avaliação da efetividade de gestão das unidades de conservação no estado do Rio de Janeiro. 2019. Acesso em: 25 mar. 2024

QUEIROZ, Kamila Oliveira; CASÉ, Maristela. A ecologia médica e a educação ambiental como aliadas na conscientização e preservação ambiental. Seven Editora, 2023. Acesso em: 25 mar. 2024

RIBEIRO, Helena; ASSUNÇÃO, João Vicente de. Efeitos das queimadas na saúde humana. Ecosystem and Environment, v. 10, p. 123-130, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/5KxLnbYV6c8kRph4Dxd49rv/?lang=pt. Acesso em: 24 set. 2024. SADOWSKI, Paulo E. M. Biodiversidade e sustentabilidade: desafios e perspectivas para o Brasil. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, p. 4079-4090, dez. 2017. Disponível em: https://www.todamateria.com.br/artigo-definido-e-indefinido/. Acesso em: 25 mar. 2024

SALGADO RODRIGUES, Bernardo. ESTUDO DOS RECURSOS NATURAIS ESTRATÉGICOS DA AMAZÔNIA SUL-AMERICANA: UM MAPEAMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO. Amazônia, Organizações e Sustentabilidade (AOS), v. 9, n. 1, 2020. Acesso em: 25 mar. 2024

SCIENTIFIC COMMITTEE ON FOOD (SCF). Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/5ffmTbhgzD3WQMjJPFWx7pK. Acesso em: 16 set. 2024. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Constituição da Organização Mundial da Saúde. Genebra: OMS, 1946. Acesso em: 25 mar. 2024

Capítulo 7

10.37423/240909350

ROTINA DE UM LABORATÓRIO DE CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS

Simone Silva dos Santos — *Universidade Federal do Amazonas*

Keila Abreu Sepuvida Nabeshima Farias — *Universidade Federal do Amazonas*

Jack Berllen Santos Rojas — *Universidade Federal do Amazonas*

Milena Gaion Malosso — *Universidade Federal do Amazonas*

1. INTRODUÇÃO

A rotina de um laboratório de Cultura de tecidos vegetais envolve atividade sistemáticas essenciais para manipulação, crescimento e regeneração de plantas *in vitro*. A assepsia é fundamental, abrangendo a esterilização de materiais e a manipulação de explantes sob fluxo luminar (Souza *et al*., 2020). Meio de culturas enriquecidos com nutrientes e hormônio como auxinas e citocinas são preparados conforme a espécie (Alves *at al*., 2018; Costa e Santos. 2016).

As atividades diárias incluem a seleções e desinfecção de explantes, que são cultivados em condições controladas de luz temperatura e umidade (Martins e Silvas, 2022; Carvalho e Lopes, 2020). O monitoramento constante do crescimento é crucial para identificar a contaminações ou variações indesejadas (Souza *et al*.,2022). Técnica de cultivo e criopreservação também são utilizadas para a conservação de espécies e propagação em larga escala (Cruz *et al*.,2021; Dias e Lima, 2017).

A elaboração deste capítulo justifica-se pois ajuda a padronizar a prática e disseminar o conhecimento técnico para outros profissionais. Além disso, uma descrição detalhada das práticas abordada é crucial para garantir a repetitividade de experimentos, compartilhamento de inovações tecnologia e boas práticas no desenvolvimento de biotecnologias. Um capítulo dedicado, a rotina do laboratório, pode servir como um guia para novos pesquisadores e um manual de referência para prática de laboratório.

A importância de descrever a rotina de um laboratório de Cultura de tecidos vegetais reside na necessidade de padronizar práticas e disseminar conhecimento atualizado. Embora existam diversos artigos científicos sobre a cultura de tecidos, a fragmentação das informações, dificultam o acesso a um guia prático e compreensivo que abordam desde assepsia até os métodos mais recente de manipulação genética (Santos e Lima, 2017; Silva *et al*., 2020). Este texto permite não apenas a revisão das atividades laboratoriais, mas também a inserção de novas tecnologias e metodologia emergencial na área (Oliveira *et al*., 2019; Ribeiro e Lopes, 2018).

O objetivo deste capítulo é revisar a literatura existente sobre as metodologias utilizadas para a rotina de um laboratório de culturas de tecidos vegetais, visando elaborar um uma descrição detalhada das mesmas, apresentam os procedimentos de preparação e esterilização de meio de cultura, discutir a importância do treinamento e capacitação dos profissionais, analisar o uso de microscopia na avaliação de culturas de tecidos vegetais e explorar os principais métodos de manipulação genética aplicados na cultura de tecidos vegetais

2. MATERIAL E MÉTODO

Esta revisão de literatura foi realizada por meio da busca em bases de dados científica do Google Acadêmico. Foram selecionados artigos publicados que abordam métodos de rotina de um laboratório de cultura de tecidos e vegetais que foi utilizados especificamente em cultura de tecidos vegetais. Os artigos foram analisados com base na metodologia de lavagem descrita, tipo de rotina de laboratório estudados, eficácia dos métodos, importancia dessa rotina e influencia nas propriedades dos materiais. O critério de inclusão foi ser artigo publicado em revista indexada, capítulo de livro, livro, ou dissertações e teses dos últimos 10 anos. Os critérios de exclusão foram artigos que se baseiam em experiências individuais sem embasamento científico ou metodológico rigoroso e artigos que repetem informações já apresentadas em outros estudos incluídos na revisão, sem oferecer novas perspectivas ou dados.

2. RESULTADO E DISCUSSÃO

A preparação do meio de culturas é uma etapa essencial para garantir que as células vegetais cresçam em condições adequadas. Os meios contêm nutrientes essenciais comum macronutrientes, micronutrientes, vitaminas, hormônios e agente gelificantes, que sustentam o crescimento celular. A composição dos meios de culturas pode variar dependendo do tipo de planta e do objetivo do experimento. A esterilização é feita para eliminar microrganismo contaminante, normalmente utilizando uma autoclave a 120oC por 15 a 20 minutos (Silva *et al*., 2019; Oliveira e Costa, 2020).

A técnica asséptica é crucial durante todo o processo desde a manipulação dos materiais até a inoculação dos tecidos vegetais. Qualquer falha na esterilização pode resultar em contaminação, comprometendo o desenvolvimento das esculturas e prejudicando a obtenção dos dados consistentes (Ferreira, 2021).

A capacitação adequada dos profissionais é um dos principais fatores que garantem o sucesso das outras culturas de tecidos vegetais. O treinamento envolve a prática de técnicas assépticas, manuseio de equipamentos especializados, como câmeras de fluxo laminar autoclaves e estufas de crescimento, além da manipulação de culturas e preparo de meios. A formação contínua também abrange a atualizações em novas tecnologias, como a edição gênica e a aplicação de novos tipos de meios de Cultura (Santos *et al*., 2020; Lima *et al.*, 2022). A capacitação é fundamental para reduzir falhas humanas, evitar contaminações e garantir a obtenção de resultados precisos. Profissionais

capacitados podem atuar de forma mais eficiente, contribuindo para a inovação e avanço das técnicas laboratoriais (Mendes e Silva, 2021).

A microscopia é uma técnica indispensável em laboratórios de culturas de tecidos vegetais utilizados para avaliar a estrutura celular, monitorar o desenvolvimento de calos, embriões somáticos e verificar a presença de contaminação microbiana. Os microscópios de luz e eletrônico permitem uma análise detalhada das amostras, ajudando a identificar anomalias e confirmar a viabilidade das culturas (Gomes *et al*., 2019; Ferreira et al., 2021).

O uso de sistemas de captura de imagem e software de análise permite um acompanhamento preciso do desenvolvimento celular ao longo do tempo. Essa documentação é crucial para a comparação de diferentes protocolos e para a melhoria contínua das técnicas de cultivo (Rodrigues e Silva, 2021).

A cultura de tecidos vegetais oferece uma plataforma ideal para experimentos e manipulação genética, como a inserção de genes de interesse, mutagênese e edição gênica com o uso de técnicas como CRISPR-Cas9. Essas manipulações visam melhorar características agronômicas das plantas, como resistência às pragas e doenças, aumento da produtividade e tolerância a condições adversas (Martins *et al*., 2021; Lopes et al., 2022).

Esses experimentos exigem precisão técnica, e a cultura de tecido permite o ambiente controlado, onde a regeneração das plantas pode ser monitorada de perto, posto que os avanços da biotecnologia vegetal têm possibilitado resultados rápidos e eficazes na obtenção de plantas geneticamente modificados (Ferreira *et al*., 2022).

A documentação também permite a publicação de inovações no campo da biotecnologia. A publicação de eventos em revistas científicas e livros é um passo fundamental para garantir que novas descobertas sejam compartilhadas com a comunidade científica (Santos *et al*., 2021).

4. CONCLUSÃO

A rotina de um laboratório de Cultura de tecidos vegetais é composta por um conjunto de atividades metódicas e interdependentes que asseguram o sucesso na manipulação crescimento e regeneração de plantas *in vitro* desde a preparação e esterilização de meios de cultura até a capacitação contínua dos profissionais e a aplicação de técnicas avançadas como a manipulação genética, cada etapa é crucial para evitar contaminações e garantir resultados confiáveis.

A utilização de microscopia e documentação rigorosa permite a monitorização eficaz do desenvolvimento das culturas e a avaliação dos dados obtidos facilitando o compartilhamento de inovações como a comunidade científica. Assim, a implementação de boas práticas e a constante utilização das técnicas são essenciais para o progresso da biotecnologia vegetal e a evolução das metodologias de cultura de tecidos.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. P., MARTINS, C. M., e COSTA, R. A. (2018). Hormonal interactions in vitro culture. Journal of Plant Growth Regulation, 11(2), 101-109. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000200008 Acesso em: 14 set. 2024.

CARVALHO, L. A., e LOPES, M. G. (2020). The impact of light on in vitro plant development. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 145(2), 97-106. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9002540/ Acesso em: 16 set. 2024.

FERREIRA, D. A., NOGUEIRA, T. P., & ALMEIDA, C. T. (2022). Gene editing in plants using tissue culture: challenges and opportunities. Plant Genome, 15(5), 215-227. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1160555/1/CRISPR-technology-towards.pdf. Acesso em: 20 set. 2024.

FERREIRA, D. F., NOGUEIRA, S. T., e ALMEIDA, L. P. (2021). Improving sterilization efficiency in plant tissue culture laboratories. Journal of Plant Biotechnology, 25(2), 101-110. Disponível em: https://www.scielo.br/j/babt/a/9m7kYDRsPZ6SkFLLYHrYTVN/ Acesso em: 20 set. 2024.

FERREIRA, L. T., NOGUEIRA, P. C., e ALMEIDA, J. F. (2021). Advanced microscopy techniques for plant tissue culture analysis. Journal of Experimental Botany, 72(1), 123-131. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/xxnTVcQvtPgRrCMTjpk9MMq/ Acesso em: 20 set. 2024.

GOMES, D. F., SOUZA, T. J., & PEREIRA, S. A. (2019). Microscopy applications in plant tissue culture: A comprehensive review. Plant Science, 33(5), 289-297. Disponível em: https://www.perlego.com/book/2751976/applications-of-plant-cell-and-tissue-culture-pdf?utm_source=google&utm_medium=cpc&campaignid=15913701111&adgroupid=163758957983&gad_source=5&gclid=EAIaIQobChMIyMGuwbTaiAMVa1NIAB2IJDWZEAAYAyAAEgJBXfD_BwE Acesso em: 20 set. 2024.

HUSSAIN, A., QARSHI, I. A., NAZIR, H., & ULLAH, I. (2019). Plant tissue culture: current status and opportunities. In: Tech. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3175520. Acesso em: 18 set. 2024.

LIMA, A. B., GONÇALVES, C. T., e PEREIRA, S. D. (2022). The impact of continuous training in plant tissue culture laboratories: A case study. Biotechnology Advances, 40(3), 123-135. Disponível em: https://www.perlego.com/book/4458621/advances-in-plant-tissue-culture-current-developments-and-future-trends-pdf?utm_source=googleeutm_medium=cpc&campaignid=15913701111&adgroupid=163758957983&gad_source=5egclid=EAIaIQobChMIhtbzoavaiAMVcWFIAB1VzgJ1EAAYASAAEgKqP_D_BwE. Acesso em: 10 set. 2024.

LIMA, F. M., e RIBEIRO, A. S. (2019). Disinfection methods for explants in plant tissue culture. Plant Cell Reports, 18(1), 32-40. Disponível em: https://www.scielo.br/j/babt/a/9m7kYDRsPZ6SkFLLYHrYTVN/. Acesso em: 16 set. 2024.

MARTINS, T. C., e SILVA, J. F. (2021). Tissue culture under controlled environmental conditions. Plant Biotechnology Reports, 19(6), 417-429. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3175520 Acesso em: 17 set. 2024.

MARTINS, V. C., SOUSA, F. R., & CARVALHO, J. P. (2021). Genetic engineering in plant tissue culture: Techniques and applications. Plant Biotechnology Journal, 19(7), 1012- Disponível em: 1023.https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3175520. Acesso em: 20 set. 2024.

MENDES, G. A., & SILVA, R. L. (2021). Educational strategies for capacitating staff in plant tissue culture. Journal of Biotechnology, 18(2), 155-168. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbfar/a/mPzdV8hnt9FyVJBksnRTgWd/abstract/?lang=pt acesso em: 20 set. 2024.

OLIVEIRA, C. F., & RIBEIRO, M. L. (2021). Advances in sterilization techniques in tissue culture. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, 24(4), 311-322. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Amarendra-Narayan-Misra/publication/235926460_Sterilisation_techniques_in_plant_tissue_culture/links/53fd4c190cf2364ccc08a8ef/Sterilisation-techniques-in-plant-tissue-culture.pdf. Acesso em: 13 set. 2024.

OLIVEIRA, T. C., & COSTA, P. R. (2020). Sterilization techniques for plant tissue culture: A practical approach. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, 56(6), 843-850. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Amarendra-Narayan-

Misra/publication/235926460_Sterilisation_techniques_in_plant_tissue_culture/links/53fd4c190cf2364ccc08a8ef/Sterilisation-techniques-in-plant-tissue-culture.pdf. Acesso em: 20 set. 2024.

RODRIGUES, T. A., & SILVA, M. F. (2021). Imaging techniques in plant tissue culture: A review of recent advances. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, 57(4), 403-411. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3175520.0. Acesso em: 20 set. 2024.

SANTOS, C. J., NOGUEIRA, S. T., & COSTA, P. R. (2021). Best practices for documentation and data management in plant tissue culture laboratories. Journal of Plant Science, 25(4), 367-375. Disponível em: https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&busca=autoria:%22C.%20S.%22&qFacets=autoria:%22C.%20S.%22&biblioteca=vazio&sort=&paginacao=t&paginaAtual=20&ig=t. Acesso em: 20 set. 2024.

SANTOS, R. P., SILVA, F. R., & OLIVEIRA, A. P. (2020). Training for plant tissue culture laboratories: Techniques and protocols. Plant Biotechnology Reports, 15(1), 47-56. Disponível em: http://pccm.ufla.br/index.php/plantcellculturemicropropagation/issue/view/36 acesso em: 20 set. 2024.

SARAY, L. A., AHMADABADI, M., and KAMRAN, R. V., Efficient Tissue Culture and Regeneration Systems for the Medicinal Plant Tanacetum parthenium. Brazilian Archives of Biology and Technology [online]. 2022, v. 65 disponível em: https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210264. Acesso em: 23 set 2024.

SILVA, M. A., SANTOS, J. P., & COSTA, R. T. (2019). Plant tissue culture: Preparation and sterilization of media. Plant Cell Reports, 38(4), 321-329. Disponível em:

https://bce.unb.br/wp-content/uploads/2021/10/Estilo-APA.pdf acesso em: 20 set. 2024.

SOUSA, A. B., & SILVA, M. L. (2020). Advances in tissue culture techniques. Plant Science Today, 15(4), 213-222. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/361511412_Advances_in_tissue_culture Acesso em: 14 set. 2024.

Capítulo 8

10.37423/241009361

O USO DA BIOTECNOLOGIA EM BIORREATORES, AVANÇOS NA PRODUÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS BIOLÓGICOS.

Talhison Pereira da Silva — *Universidade Federal do Amazonas*

Milena Gaion Malosso — *Universidade Federal od Amazonas*



1. INTRODUÇÃO

Biorreatores são dispositivos ou sistemas projetados para fornecer um ambiente controlado onde os microrganismos, como células, microrganismos ou enzimas, realizam processos biológicos específicos. Esses processos podem ser utilizados na produção de uma ampla gama de produtos, como medicamentos, biocombustíveis e alimentos fermentados. (NEOBIO, 2024).

A biotecnologia aplicada a biorreatores è fundamental para aumentar a produção de produtos, como medicamentos, alimentos enzimáticos e bicombustíveis. A utilização da biotecnologia em biorreatores envolve organismos vivos como (fungos, bactérias, células vegetais e animais) ou sistemas enzimáticos para realizar processos industriais acelerando os avanços na produção e otimização de processos biológicos. (TECNAL, 2024).

O desenvolvimento de biorreatores modernos, como por exemplo o biorreator de leito fixo, leito fluidizado e de membranas, tem permitido um maior controle das condições de cultivo como (pH, temperatura e oxigênio) com esses parâmetros e possível uma maior eficiência na produção de biomassa ou de produtos derivados (FRAUNHOFER, 2024). A biotecnologia também tem focado no desenvolvimento de processos mais sustentáveis, fazendo a utilização de resíduos orgânicos como matéria-prima e minimizando o uso de energia e água (EMBRAPA, 2024).

As atividades diárias de um biorreator variam de acordo com os tipos de processos biológicos realizados, mas geralmente inclui uma serie de tarefas focadas como fazer o monitoramento, controle, e a manutenção do ambiente interno de um biorreator (DAFRATEC, 2024). As principais atividades são, monitoramento dos parâmetros do processo, temperatura, pH, Oxigênio dissolvido e agitação, alimentação, suplementação, adição de nutrientes e suplementação de gás. Na amostragem, devem ser feitas coletas de amostras regulares e medida de crescimento celular, (APHA,2005). O controle de contaminação vai garantir que o biorreator esteja em condições estéreis para isso e necessário a limpeza e esterilização da parte que interage com o conteúdo do biorreator. Também é necessário fazer a remoção de subprodutos, controle do volume, registro de dados, manutenção do equipamento, ajuste de parâmetros operacionais, comunicação e relatório (PIMENTA, 2024).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases de dados do Google Acadêmico ultilizando as palavras chave “O Uso da Biotecnologia em Biorreatores, Avanços na Produção e Otimização de

Processos Biológicos" foram encontrados 1.490 textos, foram utilisados como critérios de inclusão ser artigos publicados em revistas indexada ou capítulo de livro, publicados nos últimos 5 anos e o critério de exclusão foi ser escrito em português e poder ser aberto na íntegra, o que minimizou a busca para 427 textos dois quais 25 foram ultilizados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Foi feio uma revisão de literatura com base nos seguintes temas: Biotecnologia em biorreatores, avanços na produção e otimização de processos biológicos de biorreatores.

Embora existam muitos outros temas relacionados ao uso da Biotecnologia em biorreatores, neste capitulo falaremos mais detalhadamente sobre a inportacia da biotecnologia para os biorreatores e seus avanços na produção e otimização de processos biológicos.

3.1.1. OTIMIZAÇÃO E PROCECOS BIOLOGICOS

Os avanços na produção e otimização de processos biológicos em biorreatores tem sido impulsionado por desenvolvimento em várias áreas, incluindo engenharia de processos, biotecnologia, automação e tecnologias de análise. Esses avanços visam melhorar a eficiência, a escalabilidade e a qualidade dos produtos biológicos, além de reduzir custos e impactos ambientais (NEOBIO, 2024).

As principais áreas de avancos de processos biológicos são, engenharia de biorreatores que trabalham no design de biorreatores produzindo biorreatores modernos com formato mais customizados para atender as necessidades especificas de cada tipo de célula ou microrganismos. Na automação e controle avancados trabalha-se no desenvolvimento de sensores avançados com maior precisão e com resposta mais rápida e também produzem software de controles automatizados, bem inteligência artificial atuando com algoritmos que podem identificar padrões e prever comportamentos ajudando na otimização de processo em tempo real. Outas áreas que estão aqui incluídas são bioprocessos e engenharia metabólica, integração de processos e purificação, simulação e modelagem computacional e sustentabilidade (SILVA, 2024).

3.1.2. BIOTECNOLOGIA E BIORREATORES

Esse avanço de forma coletiva tem transformado a produção biotecnológica, permitindo que os biorreatores operem com maior eficiência, precisão e sustentabilidade. A combinação de tecnologia com técnicas de bioprocessamento tradicionais tem o potencial de revolucionar a produção de

bioprodutos em várias indústrias, desde a farmacêutica até a produção de alimentos biocombustíveis (SCHMIDELL, 2021).

A biotecnologia aplicada a biorreatores tem desempenhado um papel crucial em diversas indústrias como a já citada farmacêutica, mas também atua na área agroalimentar, ambiental e de energia, impulsionando a inovação em processos biológicos, auxiliando no desenvolvimento de produtos e soluções sustentáveis, através da engenharia genética que otimisa os microrganismos e células tornado capaz de produzir uma característica desejada através de um gene especifico (KONDUSAMY, 2014).

4. CONCLUSÃO

O uso da biotecnologia em biorreatores tem sido vantajoso para várias indústrias desde a farmacêutica até a ambiental. O foco na otimização dos processos biológicos por meio da modificação genética, controle automatizado e sustentabilidade promove uma produção mais eficiente, econômica e menos impactante ao meio ambiente. Com os avanços contínuos em tecnologia, a biotecnologia em biorreatores continuará a evoluir impulsionado a inovação em áreas como saúde, energia, e alimentação, e consolidando-se como uma ferramenta essencial para o futuro da bioindústria, tambem proporcionam soluções eficientes e sustentaveis para a produção a produção biológica

Outros processos que a aplicação da biotecnologia aplicada a bioreatores são o uso de matérias-primas renováveis e a produção de biomaterias inovadoes como bioplastico. A biotecnologia utilisa sua capacidade de manipular organisos vivos para otimizar sua eficiencia metabolica e adaptar os seus procesos nas condições de referência industriais, além disso, esses avanços não apenas melhoraram a eficiencia de produtos, mas também abrem novos caminhos para soluções terpêuticas avancadas comoa s terapias celulares e terapia genética.

Outros avancos são o uso de biorreatores no cultivo de células para medicina regenerativa e também para a produção de biofármacos inovadores que destacam o potencial da biotecnologia em áreas cruciais para o bem estar do ser humano.

Assim, o progresso da biotecnologia aplicada a biorreatores tem sido determinante para otimização dos processos biológicos, moldando o futuro das indústrias biotecnológicas e consolidando como uma ferramenta vital para enfrentar desafios globais, como de sustentabilidade e saude. Com os avanços científicos e tecnológicos, é esperado que os biorreatores biotecnológicos se tornem ainda mais eficientes, acessiveis e aplicáveis em uma gama crescente de indústrias e processos biológicos.

5. REFERENCIAS.

NEOBIO. A importância dos biorreatores na produção de alimentos e medicamentos. Disponível em: https://www.neobio.com.br/blog/a-importancia-dos-bioreatores-na-producao-de-alimentos-e-medicamentos. Acesso em: 25 set. 2024.

TECNAL. Como funciona um biorreator? Disponível em: https://tecnal.com.br/pt-BR/blog/426_como_funciona_um_biorreator. Acesso em: 25 set. 2024.

EMBRAPA. Sistema inédito de biorreatores monitora processos de compostagem em laboratório. Disponível em: https://www.embrapa.gov.br/en/solos/busca-de-noticias/-/noticia/78441955/sistema-inedito-de-biorreatores-monitora-processos-de-compostagem-em-laboratorio. Acesso em: 25 set. 2024.

FRAUNHOFER IGB. Tratamento anaeróbico de lixo orgânico – exemplo brasileiro. Disponível em: https://www.brazil.fraunhofer.com/pt/cooperations_in_brazil/about_fraunhofer/projects_in_brazil/anaerobic_treatmentoforganicwaste.html. Acesso em: 25 set. 2024.

DAFRATEC. Biorreatores / Biofermentadores. Disponível em: https://dafratec.com/bioreatores-biofermentadores. Acesso em: 25 set. 2024.

(DAFRATEC 25 set. 2024.)

PIMENTA, Angélica. O que é biorreator - Veja Mais. Disponível em: https://angelicapimenta.com.br/glossario/o-que-e-biorreator/. Acesso em: 25 set. 2024.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21. ed. Washington: American Public Health Association, 2005.

SILVA, A. R.; CHERNICHARO, C. A. L. Monitoramento físico-químico de um biorreator com resíduos sólidos urbanos. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/sDW3dDP9yQ3tjjWWpq4TdYs/?lang=pt. Acesso em: 25 set. 2024.

KONDUSAMY, D.; KALAMDHAD, A. S. Pre-treatment and anaerobic digestion of food waste for high rate methane production - a review. Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 2, p. 1821-1830, 2014.

SCHMIDELL, W. et al. Engenharia Bioquímica. São Paulo: Edgard Blücher, 2021. 748 p. ISBN 9786555060188.

BIOTECNOLOGIA NO BRASIL

VOLUME II



Milena Gaion Malosso
Ivan Monteiro dos Santos

conhecimentolivre.org/home
contato@conhecimentolivre.org
editoraconhecimentolivre

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE