XXIX SEPE
Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão
Teaching, Research and Extension Symposium
Presente e futuro:
uso consciente da Inteligência Artificial
Today and tomorrow:
the conscious use of Artificial Intelligence
E-book
ISBN 978-65-5852-415-1
20 A 22 DE OUTUBRO DE 2025
OCTOBER 20th to 22nd, 2025
UFN Universidade Franciscana Franciscan University
DOI: https://doi.org/10.48195/sepe2025.29553

AVANÇO DA NANOTECNOLOGIA APLICADA A FUNGOS MEDICINAIS: UMA BREVE REVISÃO

Thuany Lura Teixeira Bandeira[1], Maria Luísa Damiani[2]; Ruth Barin[3]; Júlia Nunes[4]; Aline Ferreira Ourique[5]

RESUMO

Os fungos acompanham a humanidade há séculos, sendo usados tanto na alimentação quanto em práticas tradicionais de saúde. Hoje se sabe que eles possuem grande diversidade de substâncias capazes de fortalecer o organismo, combater inflamações e até auxiliar no tratamento de diferentes doenças. Tanto os fungos microscópicos quanto os cogumelos apresentam compostos valiosos, que despertam cada vez mais o interesse da ciência. Nos últimos anos, a nanotecnologia tem ampliado essas possibilidades. Ao trabalhar os materiais em dimensões extremamente pequenas, essa área permite a criação de nanopartículas com propriedades únicas. Quando associada aos fungos medicinais, abre espaço para soluções inovadoras, mais seguras e sustentáveis, com aplicações que vão da agricultura à saúde humana. O objetivo deste trabalho foi revisar a literatura recente sobre a relação entre fungos medicinais e nanotecnologia, destacando avanços, benefícios e limitações. Para isso, foram consultados artigos publicados nos últimos cinco anos em bases científicas internacionais, selecionando estudos que tratassem diretamente do tema. Os resultados mostraram que fungos já vêm sendo utilizados para produzir nanopartículas com ação antimicrobiana, antiviral, cicatrizante e até contra células tumorais. Isso reforça seu potencial no enfrentamento de doenças resistentes a medicamentos e na criação de novas alternativas terapêuticas. Ao mesmo tempo, desafios importantes ainda precisam ser superados, como a padronização dos métodos, os altos custos de produção e a falta de estudos aprofundados sobre segurança e impactos ambientais. Conclui-se que a integração entre fungos medicinais e nanotecnologia representa uma estratégia promissora para gerar soluções inovadoras e sustentáveis. Essa união amplia o papel dos fungos como aliados na saúde, na biotecnologia e na preservação do meio ambiente, reforçando sua relevância científica e social.

Palavras-chave: microfungos, macrofungos, cogumelo, miconanotecnolgia, biotecnologia.

[1] Biomédica, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Nanociências – Universidade Franciscana (UFN) – Santa Maria/RS – Brasil – E-mail: thuany.bandeira@ufn.edu.br, ORCID: https://orcid.org/0009-0008-2585-6805
[2] Acadêmica de Biomedicina – Universidade Franciscana (UFN) – Santa Maria/RS – Brasil – E-mail: maria.damiani@ufn.edu.br, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-9312-5761
[3] Fisioterapeuta, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Nanociências – Universidade Franciscana (UFN) – Santa Maria/RS, Brasil – E-mail: ruth.barin@ufn.edu.br, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7185-7907
[4] Biomédica pela Universidade Franciscana (UFN) – Santa Maria/RS – Brasil, E-mail: julia.knunes@ufn.edu.br , ORCID: https://orcid.org/0009-0009-2963-3200
[5] Professora do Programa de Pós-graduação da Universidade Franciscana (UFN) – Santa Maria/RS – Brasil, E-mail: aline.ourique@ufn.edu.br, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0828-774X

1. INTRODUÇÃO

Os fungos, pertencentes ao reino Fungi, são organismos eucarióticos e heterotróficos cuja diversidade vai de formas microscópicas, os microfungos, a macroscópicas, os macrofungos. Obtêm nutrientes por absorção e incluem representantes unicelulares, amplamente distribuídos na natureza. São reconhecidos por seu papel na decomposição da matéria orgânica e no ciclo de nutrientes, sendo popularmente conhecidos como cogumelos, mofos e bolores (Silva *et al.,* 2020; Kumar *et al.,* 2021).

Estima-se que existam há mais de 1 bilhão de anos, com cerca de 1,5 milhão de espécies distribuídas em diferentes habitats, embora apenas uma fração descrita. Estudos recentes sugerem que essa diversidade pode alcançar milhões de espécies (Loron *et al.,* 2019; Elijah *et al.,* 2021). Essa variedade morfológica, ecológica e metabólica sustenta seu potencial biotecnológico, associado a cerca de 130 atividades biológicas já descritas, incluindo efeitos antitumorais, imunomoduladores e antivirais (Chugh *et al.,* 2022).

Na biotecnologia, microfungos e macrofungos apresentam papéis complementares. Os microfungos, como leveduras e filamentosos (*Aspergillus, Penicillium, Fusarium*), destacam-se pelo cultivo simples, manipulação genética e aplicação industrial em enzimas, antibióticos e bioetanol. Já os macrofungos produzem corpos frutíferos, pertencem em sua maioria ao filo Basidiomycota e incluem cerca de 140.000 espécies estimadas, das quais apenas 14.000 a 22.000 descritas, ainda pouco exploradas quanto ao potencial terapêutico (Kumar et al., 2021; Roth *et al.,* 2023).

Os macrofungos têm recebido atenção também como recurso terapêutico, devido à diversidade de metabólitos bioativos com propriedades nutracêuticas e farmacêuticas (Lu *et al.,* 2020). Além de valor nutricional — cerca de 90% de água e 10% de proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais (Wasser, 2011; Cheung, 2010) — os cogumelos são ricos em moléculas bioativas como terpenoides, fenóis e polissacarídeos (β-glucanas, quitinas), responsáveis por efeitos antitumorais, imunomoduladores, antivirais e antidiabéticos (Guillamón *et al.,* 2010; Callaghan *et al.,* 2014; Patel *et al.,* 2012). Espécies como *Ganoderma lucidum, Lentinus edodes* e *Agaricus blazei* destacam-se pelo potencial medicinal, com β-glucanas estudadas como novos "produtos farmacêuticos de cogumelos" (Lysakowska *et al.,* 2023; Chang & Wasser, 2018).

Assim, enquanto os microfungos são amplamente empregados como modelos experimentais, os macrofungos consolidam-se como fontes promissoras de compostos bioativos, reforçando a importância de integrar ambos os grupos na exploração de aplicações

emergentes, como a nanotecnologia. Nos últimos anos, a interface entre micologia e nanotecnologia consolidou-se no campo da miconanotecnologia. Por meio de metabólitos como proteínas e polissacarídeos, fungos podem reduzir e estabilizar metais, formando nanopartículas com propriedades diversas (Sousa *et al.,* 2020). Esse campo apresenta grande potencial graças à diversidade fúngica (Khande & Shasi, 2018).

A nanobiotecnologia fúngica já encontra aplicações em diferentes setores. Na agricultura, contribui para o manejo de doenças e produção de biofungicidas sustentáveis. Na medicina, nanopartículas produzidas por fungos têm sido aplicadas no diagnóstico e tratamento de doenças, especialmente infecciosas, por meio de sistemas de liberação de fármacos mais eficientes (Raliya *et al.,* 2013; Tarafdar *et al.,* 2012). Dessa forma, a associação entre diversidade fúngica e nanotecnologia revela novas oportunidades para a saúde, agricultura e biotecnologia. Com isso, o objetivo do trabalho foi revisar sobre a relação entre fungos medicinais e a nanotecnologia.

2. METODOLOGIA

A presente revisão caracteriza-se como narrativa, estruturada em etapas de análise que não seguem, necessariamente, um protocolo sistemático ou reprodutível em termos de dados e respostas específicas. Esse formato permite atualizar o conhecimento disponível sobre a temática, destacando abordagens, métodos e resultados que têm recebido maior atenção na literatura científica (Martins, 2018).

Neste estudo, realizou-se uma análise bibliográfica de artigos que abordam o uso de fungos medicinais associados à nanotecnologia em diferentes contextos de aplicação. As buscas foram conduzidas nas bases de dados *Web of Science* e *PubMed*, no mês de agosto de 2025, abrangendo publicações dos últimos cinco anos, sem restrição de idioma.

Os descritores utilizados foram os termos em inglês "*medicinal mushrooms*", "*mycosynthesis*" e "*medicinal fungi*", combinados com palavras-chave relacionadas à nanotecnologia, como "*nanotechnology*", "*nanoparticles*", "*nanocapsules"* e "*nanomedicine*". A combinação dos termos ocorreu por meio dos operadores booleanos AND e OR, aplicados de forma isolada ou combinada.

Foram incluídos artigos que apresentavam os descritores selecionados no título, resumo ou palavras-chave. Foram excluídos trabalhos duplicados, isto é, recuperados em mais de uma base de dados, bem como dissertações, teses e publicações que não apresentavam relação direta com os termos de busca definidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 FUNGOS MEDICINAIS: ASPECTOS GERAIS

As plantas medicinais são espécies, tanto cultivadas quanto silvestres, amplamente utilizadas pela população em preparações simples como chás, infusões ou remédios caseiros. Seu valor terapêutico está associado à presença de metabólitos secundários, como alcaloides, flavonoides e terpenos, que exercem efeitos benéficos sobre o organismo humano (Pedroso *et al.,* 2021; Lopes *et al.,* 2024).

De forma semelhante, os fungos medicinais também se destacam por produzirem compostos bioativos com propriedades farmacológicas distintas. Eles apresentam atividades anticancerígenas, antimicrobianas, anti-inflamatórias e imunomoduladoras, além de sintetizarem enzimas de interesse terapêutico, como a L-asparaginase, utilizada no tratamento da leucemia linfoblástica aguda (Prado *et al.,* 2024).

O uso de fungos, incluindo os cogumelos, remonta a milhares de anos, sobretudo na Ásia, em diferentes áreas: desde o controle biológico até a aplicação em alimentos, suplementos dietéticos, cosmecêuticos e medicamentos tradicionais. Essa ampla utilização está relacionada à presença de compostos naturais com atividades antibacterianas, antioxidantes, antitumorais, antivirais, imunomoduladoras e protetoras da pele (Chen, 2022).

Atualmente, estima-se que existam cerca de 700 espécies de fungos com propriedades medicinais reconhecidas. Eles concentram compostos bioativos como polissacarídeos, glicoproteínas, terpenoides, estatinas, antibióticos naturais e antioxidantes, que lhes conferem funções benéficas à saúde. Entre as espécies mais estudadas destacam-se *Ganoderma lucidum*, *Hericium erinaceus, Cordyceps sinensis, Trametes versicolor, Agaricus subrufescens*, *Auricularia delicata, Lentinula edodes (shiitake)* e *Pleurotus ostreatus,* reforçando sua relevância tanto para a medicina quanto para a alimentação funcional (Slusarczyk *et al.,* 2021; Santos, 2023; Carvalho *et al.,* 2022).

De modo geral, os fungos medicinais representam fontes naturais promissoras de compostos bioativos. Apesar de seu uso milenar, continuam despertando grande interesse científico, consolidando-se como recursos valiosos para a manutenção da saúde e o desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas.

3.2 POTENCIAL TERAPÊUTICO DE DIFERENTES FUNGOS

Produtos naturais são reconhecidos como fontes importantes de novos fármacos, e os fungos se destacam por sua ampla diversidade metabólica. Espécies como *Saccharomyces*, *Candida* e *Aspergillus* já são bem documentadas e utilizadas em diferentes aplicações biomédicas e biotecnológicas (Bhunjun *et al.,* 2024; Kitagaki, 2021).

Historicamente, fungos foram responsáveis pela descoberta de antibióticos como penicilina, cefalosporina e ácido fusídico, além de apresentarem propriedades antivirais, antioxidantes e antitumorais (Canto, 2023; Li *et al.,* 2024). Ensaios com Phellinus igniarius demonstraram atividade contra diferentes cepas de influenza, incluindo vírus resistentes a antivirais (Zhang *et al.,* 2022). Os macrofungos medicinais, amplamente consumidos na Ásia, possuem polissacarídeos e terpenoides associados à regulação de colesterol, pressão arterial e funções imunológicas. O extrato de *Agaricus blazei* mostrou efeito imunomodulador em pacientes oncológicos, enquanto *Ganoderma lucidum* e *Lentinula edodes* são usados em alimentos funcionais enriquecidos (Venturella *et al.,* 2021; Łysakowska; Sobota; Wirkijowska, 2023). No Brasil, espécies isoladas de ambientes aquáticos amazônicos também demonstraram significativa atividade antimicrobiana contra bactérias resistentes, reforçando o potencial de novas descobertas (Canto *et al.,* 2023).

Portanto, fungos micro e macro constituem uma fonte promissora de compostos bioativos, com aplicações terapêuticas que vão desde antimicrobianos até agentes imunomoduladores, sendo sua associação com nanotecnologia um caminho para ampliar ainda mais esse potencial.

3.3 DESAFIOS E LIMITAÇÕES DOS FUNGOS

Apesar da ampla diversidade biológica e reconhecido potencial terapêutico, os fungos medicinais apresentam limitações que dificultam sua exploração clínica e industrial. Muitos produzem quantidades reduzidas de metabólitos bioativos, como polissacarídeos e triterpenos, o que restringe sua disponibilidade para aplicações farmacêuticas (Arshadi *et al.,* 2023). Além disso, a complexidade da parede celular fúngica, rica em quitina, torna os processos de extração e purificação onerosos e pouco padronizados, comprometendo a preservação de compostos sensíveis (Chahal *et al.,* 2024). Soma-se a isso a dificuldade de cultivo de diversas espécies e

os custos elevados de produção em larga escala, além da escassez de ensaios clínicos robustos, que enfraquecem a consolidação das evidências científicas (He *et al*., 2023).

Nesse cenário, a nanotecnologia surge como uma estratégia promissora para potencializar o uso terapêutico dos fungos. Sistemas nanoestruturados favorecem o aumento da solubilidade, biodisponibilidade e estabilidade dos compostos bioativos, permitindo maior absorção e eficácia clínica. Extratos de macrofungos, por exemplo, podem atuar como agentes redutores e estabilizantes na síntese de nanopartículas, resultando em biocompatibilidade elevada, baixo custo e menor toxicidade (Panda *et al.,* 2024) Além disso, nanocarregadores possibilitam liberação controlada e sustentada, maior permeação tecidual e atravessam barreiras biológicas como a pele, a córnea e até a barreira hematoencefálica, ampliando significativamente o alcance terapêutico (Campos *et al.,* 2023). As propriedades intrínsecas das nanopartículas — elevada razão superfície-volume, multifuncionalidade e mecanismos antifúngicos múltiplos, como geração de espécies reativas de oxigênio e disrupção da parede celular — reforçam esse potencial (Arshadi *et al.,* 2023).

Entretanto, a nanobiotecnologia fúngica também enfrenta obstáculos. Apenas uma fração das espécies tem sua capacidade de biossíntese de nanopartículas documentada, e os mecanismos envolvidos ainda não são totalmente compreendidos, dificultando o controle de parâmetros como tamanho e estabilidade (Kavitha *et al.,* 2018). Além disso, faltam dados consistentes sobre toxicidade, bioacumulação e impactos ambientais, e ainda não há regulamentações específicas que facilitem a translação desses avanços para a prática clínica (Deng *et al.,* 2018) Questões econômicas, como custos de produção e redução de investimentos em produtos naturais, também limitam o desenvolvimento (Hyde *et al.,* 2024). Assim, a associação entre fungos medicinais e nanotecnologia representa uma fronteira inovadora e estratégica. Ao mesmo tempo em que amplia a eficácia e aplicabilidade dos fungos, ainda exige avanços em padronização, segurança e regulamentação para que seu potencial seja consolidado em escala clínica e industrial.

3.4 INTEGRAÇÃO DOS FUNGOS MEDICINAIS NA NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia aplicada a fungos medicinais, conhecida como micossíntese, vem se destacando como uma rota verde e eficiente para a produção de nanopartículas (NPs). Essa estratégia aproveita a capacidade dos fungos de secretar metabólitos secundários e biomoléculas que atuam como agentes redutores e estabilizadores, permitindo a síntese de NPs

metálicas (Ag, Au, Cu, Zn) e de óxidos metálicos em condições brandas e sustentáveis (Adebayo *et al.,* 2021; Šebesta *et al.,* 2023).

Macrofungos como *Pleurotus, Ganoderma* e *Phellinus*, além de espécies de *Aspergillus* e *Fusarium*, já demonstraram capacidade de gerar NPs com propriedades antimicrobianas, cicatrizantes e até de liberação controlada de fármacos (Vijayakumar *et al.,* 2024; Rai *et al.,* 2025). Essas aplicações reforçam o potencial dos fungos medicinais como biofábricas para sistemas terapêuticos inovadores, inclusive contra infecções resistentes e doenças crônicas.

Em comparação a plantas e bactérias, os fungos oferecem vantagens como maior produção de biomassa, secreção abundante de proteínas extracelulares e status GRAS, o que favorece seu uso biomédico (Panda *et al.,* 2024). Entretanto, ainda existem desafios, como a falta de padronização dos protocolos, dificuldades no escalonamento industrial e lacunas no entendimento dos mecanismos moleculares envolvidos (Šebesta *et al.,* 2023). Assim, a integração dos fungos medicinais à nanotecnologia representa uma estratégia promissora para o desenvolvimento de nanomateriais multifuncionais, com aplicações na saúde, agricultura e meio ambiente.

3.5 APLICAÇÕES TERAPÊUTICAS RECENTES DOS FUNGOS MEDICINAIS COM NANOTECNOLOGIA

A micossíntese de nanopartículas (NPs) por fungos medicinais tem se consolidado como estratégia promissora na medicina e na agricultura. Essa abordagem verde alia sustentabilidade ambiental à geração de nanomateriais com propriedades antimicrobianas, antivirais, antifúngicas e anticancerígenas (Owaid; Ibraheem, 2017; Madakka; Jayaraju; Rajesh, 2018).

As nanopartículas de prata (AgNPs) são as mais investigadas, destacando-se pela ação contra bactérias multirresistentes, promoção da cicatrização e redução de inflamações (Feroze *et al.,* 2020; Dinesh *et al.,* 2022). Estudos recentes demonstraram atividade significativa contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae* e patógenos orais como *Porphyromonas gingivalis* (Jyoti *et al.,* 2021; Halkai *et al.,* 2017). Além disso, AgNPs mediados por fungos exibiram efeito antifúngico contra espécies de *Fusarium, Phoma* e *Trichoderma* (Gajbhiye *et al.,* 2009).

No campo antiviral, nanopartículas derivadas de *Aspergillus* e *Cladosporium* mostraram ação contra vírus como herpes simplex e parainfluenza, inibindo a interação viral com células hospedeiras (Gaikwad *et al.,* 2013). Paralelamente, diferentes espécies fúngicas vêm sendo

exploradas na síntese de NPs com efeitos citotóxicos em linhagens tumorais, incluindo câncer de mama (MCF-7) e pulmão (A549), sugerindo potencial aplicação na oncologia (Baker *et al.,* 2021; Taha *et al.,* 2019). Assim, a associação entre fungos medicinais e nanotecnologia amplia as perspectivas terapêuticas, fornecendo alternativas eficazes para controle de infecções resistentes, terapias antivirais e tratamentos contra o câncer.

3.6 PERSPECTIVAS FUTURAS E TENDÊNCIAS DE PESQUISA

A miconanotecnologia tem mostrado grande potencial, mas ainda está em fase inicial de desenvolvimento. O futuro da área depende da superação de desafios como a padronização dos métodos de síntese, a ampliação dos estudos de segurança e a viabilidade de produção em maior escala. Avanços nesse campo podem abrir caminho para novos medicamentos, materiais cicatrizantes, sistemas de liberação de fármacos mais eficientes e alternativas sustentáveis para a agricultura (Wu *et al.,* 2025).

Além disso, é necessário fortalecer a integração entre pesquisa básica e aplicada, aproximando universidades, indústrias e órgãos reguladores. Essa união é fundamental para transformar descobertas de laboratório em soluções práticas, seguras e acessíveis. Assim, os fungos medicinais associados à nanotecnologia tendem a ganhar espaço como ferramentas promissoras para a saúde humana, o meio ambiente e a produção de alimentos, alinhando-se aos princípios de inovação e sustentabilidade (Suresh *et al.,* 2024).

Mais pesquisas são necessárias para padronizar protocolos e explorar novas fontes biológicas para aproveitar totalmente o potencial dessa abordagem sustentável. Além disso, explorar a citotoxicidade e o impacto ambiental dessas nanopartículas é crucial para garantir sua aplicação segura em vários campos (El-Seed et al., 2024).

4. CONCLUSÃO

A revisão demonstra que a associação entre fungos medicinais e nanotecnologia mostra-se uma estratégia promissora para desenvolver soluções inovadoras e sustentáveis. Os estudos revisados destacam o potencial dos fungos na produção de nanopartículas com aplicações terapêuticas, agrícolas e ambientais. Apesar dos desafios quanto à padronização, custos e segurança, os avanços recentes apontam que essa integração pode ampliar o uso dos fungos como aliados na saúde e na biotecnologia, reforçando sua relevância científica e social**.**

REFERÊNCIAS

ADEBAYO, E. A. et al. Fungi as veritable tool in current advances in nanobiotechnology. Heliyon, v. 7, p. 1-13, 2021.

AL-JAMEEL, S. S., *et al.,* Atividades antimicrobianas e anticâncer de nanopartículas de Mn0,5Zn0,5DyxFe2-xO4 (x ≤ 0,1). Células artificiais Nanomed. Biotecnologia. 2021.

ARSHADI, N., et al., Increasing the production of the bioactive compounds in medicinal mushrooms: an omics perspective. **Microbial Cell Factories**. 2023

BAKER, A., *et al.,* Nanopartículas de prata mediadas por fungos potencialmente bioativas. **Nanomaterials**, 2021.

BHUNJUN, C.S. et al. What are the 100 most cited fungal genera? Studies in Mycology, v. 108, 2024.

CALLAGHAN, Y. C. O., et al. - Anti-Inflammatory Effects of Wild Irish Mushroom Extracts in RAW264.7 Mouse **Macrophage Cells**. 2014.

CAMPOS, L. A., et al., Nanotechnology-Based Approaches for Voriconazole Delivery Applied to Invasive Fungal Infections. **Pharmaceutics,** 2023.

CANTO, E. S. M. *et al.,* Tapping into Tapajos: antibacterial potential of fungal strains isolated from decaying wood in the Brazilian Amazon. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 2023.

CARVALHO, S. K. A. A. et al. Agaricales no Brasil: um panorama da produção científica, lacunas e tendências. **Research, Society and Development,** v. 11, n. 3, p. e28911326458-e28911326458, 2022.

CHANG, S. T., *et al.,* Current and Future Research Trends in Agricultural and Biomedical Applications of Medicinal Mushrooms and Mushroom Products (Review). **Int J Med Mushrooms**. 2018.

CHAHAL, S., et al., Exploring extraction techniques for medicinal mushroom bioactive compounds: A comprehensive review of advantages and limitations. **The Pharma Innovation Journal**, 2024.

CHEN, J. Molecular Aspects of Medicinal Fungi. Journal of Fungi, v. 8, n. 138, 2022.

CHEUNG, P. C. K. The nutritional and health benefits of mushrooms. **Nutr Bull**. 2010.

DINESH, B., *et al.,* Antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized using endophytic fungus—Penicillium cinnamopurpureum. **Spectroscopy Letters,** 55(1), 20–34, 2021.

DENG, H., *et al.,* Nanoparticles considered as mixtures for toxicological research. **Journal of Environmental Science and Health,** Part C, 2018.

EL-SEEDI, H. R. et al. Updated Review of Metal Nanoparticles Fabricated by Green Chemistry Using Natural Extracts: Biosynthesis, Mechanisms, and Applications. **Bioengineering,** v. 11, n. 11, p. 1095, 2024.

FEROZE, N., *et al.,* Síntese de nanopartículas de prata mediada por fungos e avaliação da atividade antibacteriana. **Microsc. Res. Tech**., 83, 72–80, 2020.

GAIKWAD, S., *et al.,* Atividade antiviral de nanopartículas de prata micossintetizadas contra o vírus herpes simplex e o vírus da parainfluenza humana tipo 3. **Int. J. Nanomed.** 2013.

GAJBHIYE, M., *et al.,* Síntese de nanopartículas de prata mediada por fungos e sua atividade contra fungos patogênicos em combinação com fluconazol. **Nanomed. Nanotecnologia. Biol. Med.** 2009

HALKAI, K. R. *et al.,* Avaliação da eficácia antibacteriana de nanopartículas de prata biossintetizadas derivadas de fungos contra patógenos endoperio Porphyromonas gingivalis, Bacillus pumilus e Enterococcus faecalis**. J. Conserv. Dent**. 2017.

HYDE, K. D., *et al.,* Current trends, limitations and future research in the fungi?.Fungal Diversity, 2024.

JYOTI, K. *et al.,* Antibacterial and anti-inflammatory activities of Cassia fistula fungal broth-capped silver nanoparticles. **Materials Technology**, 2020.

KAVITHA, P., *et al.,* Nanotechnology applications for environmental industry." Handbook of nanomaterials for industrial applications. **Elsevier**. 2018.

KITAGAKI, H. Medical Application of Substances Derived from Non-Pathogenic Fungi Aspergillus oryzae and A. luchuensis-Containing Koji. **Journal of Fungi (Basel**), v. 7, n. 4, 2021

LOPES, S. C et al. Interferências causadas pelo uso de plantas medicinais e/ou
LORON, C. C., *et al.,* Early fungi from the proterozoic era in Arctic Canada. **Nature**, 2019.

LI, W. et al. Current Advances in the Functional Genes of Edible and Medicinal Fungi: Research Techniques, Functional Analysis, and Prospects. **Journal of Fungi (Basel),** v. 10, n. 5, 2024.

LYSAKOWSKA, P., *et al.,* Medicinal Mushrooms: Their Bioactive Components, Nutritional Value and Application in Functional Food Production—A Review. **Molecules,** 2023.

MARTINS M. F. M. Estudos de Revisão de Literatura, 2018. 37 slides. Disponível em: www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/29213/Estudos_revisao.pdf;jsession.

OWAID, M. N. *et al.,* Micossintese de nanopartículas usando cogumelos comestíveis e medicinais. **Eur. J. Nanomed.** 2017.

PANDA J, *et al.,* Cogumelos silvestres comestíveis para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável: novas fontes para segurança alimentar, saúde e bem-estar. **Food Biosci.** 2024.

PATEL, S., *et al.,* - Recent developments in mushrooms as anti-cancer Therapeutics: a review. **3 Biotech.** 2012.

PEDROSO, R. S. et al. Plantas medicinais: uma abordagem sobre o uso seguro e racional. **Revista de Saúde Coletiva,** Rio de Janeiro, v. 31, n. 2, e310218, 2021. DOI: 10.1590/S0103-73312021310218.

PRADO, L. S. et al. Fungos endofíticos produtores de lasparaginase associados às plantas medicinais amazônicas Himatanthus sucuuba (Spruce ex Müll. Arg.) Woodson E Calycophyllum spruceanum (Benth.) K. Schum. **Revista Desafios,** v. 11, n. 5, 2024. DOI: 10.20873/2024_jul_16264.

RAI, M. et al. Harnessing pycnidia-forming fungi for eco-friendly nanoparticle production, applications, and limitations. **Frontiers in Microbiology,** v. 16, p. 1-13, 2025.

RALIYA, R. et al. Scope of nanoscience and nanotechnology in agriculture. **J. Appl. Biol.** Biotecnologia. 2013.

SANTOS, E. S. A importância do cogumelo Auricularia: uma revisão bibliográfica.Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, 2023

ŠEBESTA, M. et al. Mycosynthesis of Metal-Containing Nanoparticles—Fungal Metal Resistance and Mechanisms of Synthesis. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 14084, p. 1-29, 2022.

ŠEBESTA, M. et al. Mycosynthesis of Metal-Containing Nanoparticles—Synthesis by Ascomycetes and Basidiomycetes and Their Application. **International Journal of Molecular Sciences,** v. 24, n. 304, p. 1-26, 2023.

SILVA, E. G. Micologia no ensino médio: um guia pedagógico complementar à concepção dos professores. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) – Programa Nacional ProfBio, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SLUSARCZYK, J. *et al.,* Fungi and Algae as Sources of Medicinal and Other Biologically Active Compounds**: A Review. Nutrients**, v. 13, n. 9, 3178, 2021.

SOUSA F., *et al.,* Current Insights on Antifungal Therapy: Novel Nanotechnology Approaches for Drug Delivery Systems and New Drugs from Natural Sources. **Pharmaceuticals,** 2020.

SURESH, R. *et al.,* Mushroom-mediated biosynthesis of NPs: a green approach toward antimicrobial applications. **Journal of Food,** 2024.

TAHA, Z. K. *et al.,* Biossíntese extracelular de nanopartículas de prata de Penicillium italicum e suas atividades antioxidante, antimicrobiana e citotóxica. **Biotechnol. Lett.** 2019.

TARAFDAR, J. C., *et al.,* Microbial synthesis of phosphorous nanoparticle from tri-calcium phosphate using Aspergillus tubingensis TFR-5. **J Bionanosci,** v. 6, n. 2, p. 84-89, 2012.

VIJAYAKUMAR, P. S., *et al.,* Nanopartículas de prata biogênicas intracelulares para a geração de agentes antivirais e bactericidas sustentados com suporte de carbono. **Publications ACS**, 2009.

VIJAYAKUMAR, G. et al. Macrofungal Mediated Biosynthesis of Silver Nanoparticles and Evaluation of Its Antibacterial and Wound-Healing Efficacy. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 861, p. 1-19, 2024.

WASSER, S.P. Current Findings, Future Trends, and Unsolved Problems in Studies of Medicinal Mushrooms. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 2011.

WU, Q., *et al.,* Nanoparticle-based antifungal therapies innovations mechanisms and future prospects. **PeerJ.** 2025.

ZHANG, Y., *et al.,* Medicinal Fungi with Antiviral Effect. Molecules, v. 27, n. 14, 2022.
VENTURELLA, G et al. Medicinal Mushrooms: Bioactive Compounds, Use, and Clinical Trials. **International Journal of Molecular Sciences,** v. 22, n. 2, 2021.