

Caracterização morfo-molecular e resistência ao formol de fungo isolado em laboratório de anatomia

Morpho-molecular characterization and formaldehyde resistance of a fungus isolated in an anatomy laboratory

Caracterización morfo-molecular y resistencia al formol de hongo aislado en laboratorio de anatomía

Recebido: 01/05/2025 | Revisado: 12/05/2025 | Aceitado: 13/05/2025 | Publicado: 16/05/2025

Giovanna Caetano Azevedo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2993-0992>

Universidade do Estado do Amazonas, Brasil

E-mail: giihcae@gmail.com

Lara Isabelli Oliveira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1563-8767>

Universidade do Estado do Amazonas, Brasil

E-mail: laraisabelli@gmail.com

Jorge Rubens Coelho de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6974-0902>

Universidade Federal do Acre, Brasil

E-mail: jrubenscoelhos@icloud.com

Aline Guimarães Grana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7710-2692>

Universidade do Estado do Amazonas, Brasil

E-mail: aline.grana@gmail.com

Reginaldo Gonçalves de Lima-Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8846-877X>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: reginaldo.limant@ufpe.br

Rudi Emerson de Lima Procópio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8538-4642>

Universidade do Estado do Amazonas, Brasil

E-mail: rprocopio@uea.edu.br

Suanni Lemos Andrade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6174-2698>

Universidade do Estado do Amazonas, Brasil

E-mail: slandrade@uea.edu.br

Resumo

Os fungos são seres eucariontes, com organização celular e DNA delimitado por um envoltório nuclear. Morfologicamente, apresentam-se como leveduras, filamentosos, chamados de bolores, sendo microscópicos ou macroscópicos. Condições climáticas como no Amazonas favorecem aos ambientes fechados com alta umidade, fatores que potencializam a fase de desenvolvimento desses microrganismos e aumentam a capacidade de propagação, os tornando contaminantes bastante adaptativos. Este estudo objetivou caracterizar morfo-molecularmente e avaliar a capacidade de resistência ao formol do fungo isolado em laboratório de anatomia. Foi obtido da suspensão líquida de formol dos tanques com peças anatômicas. Analisado morfolologicamente através da macro e microscópica, e submetido ao processo de extração de DNA para o sequenciamento e identificação. Também foram realizados testes de resistência em concentrações de formol e capacidade de crescimento em temperaturas 37°C, 45°C e 50°C, bem como, detecção na atividade enzimática de proteases. Como resultados, o isolado estudado obteve crescimento satisfatório em todas as temperaturas testadas, bem como em todas as concentrações de formalina, com a extração do DNA e sequenciamento o fungo indicou ser do gênero *Phanerochaete*. O isolado demonstrou resistência a todas as concentrações de formol testadas com destaque a concentração utilizada no laboratório. Cresceu bem nas altas temperaturas testadas, porém não apresentou halo na atividade de protease. Contudo, foi possível verificar um potencial biotecnológico, que necessita de estudos futuro mais detalhados que o indique como alternativa na biorremediação de sedimentos contaminados com formaldeído, e o conhecer melhor para possível controle de sua contaminação no acervo de peças anatômicas do laboratório de anatomia.

Palavras-chave: Fungos; Formaldeído; Basidiomycota.

Abstract

Fungi are eukaryotic beings, with cellular organization and DNA delimited by a nuclear envelope. Morphologically, they appear as yeasts, filamentous, called molds, being microscopic or macroscopic. Climatic conditions such as in the Amazon favor closed environments with high humidity, factors that enhance the development phase of these microorganisms and increase their ability to propagate, making them highly adaptive contaminants. This study aimed to morph-molecularly characterize and evaluate the formaldehyde resistance capacity of the fungus isolated in an anatomy laboratory. It was obtained from the liquid formaldehyde suspension of the tanks with anatomical parts. Morphologically analyzed through the macro and microscopic, and subjected to the process of DNA extraction for sequencing and identification. Resistance tests were also carried out in formalin concentrations and growth capacity at temperatures of 37°C, 45°C and 50°C, as well as detection of the enzymatic activity of proteases. As a result, the studied isolate obtained satisfactory growth at all temperatures tested, as well as at all formalin concentrations, with DNA extraction and sequencing the fungus indicated that it was of the *Phanerochaete* genus. The isolate showed resistance to all concentrations of formaldehyde tested, with emphasis on the concentration used in the laboratory. It grew well at the high temperatures tested, but showed no halo in protease activity. However, it was possible to verify a biotechnological potential, which needs more detailed future studies that indicate it as an alternative in the bioremediation of sediments contaminated with formaldehyde, and to know it better for possible control of its contamination in the collection of anatomical parts of the anatomy laboratory.

Keywords: Fungi; Formaldehyde; Basidiomycota.

Resumen

Los hongos son seres eucariotas, con organización celular y ADN delimitado por una envoltura nuclear. Morfológicamente se presentan como levaduras, filamentosas, llamadas mohos, siendo microscópicos o macroscópicos. Condiciones climáticas como las de la Amazonía favorecen ambientes cerrados y con alta humedad, factores que potencian la fase de desarrollo de estos microorganismos y aumentan su capacidad de propagación, convirtiéndolos en contaminantes altamente adaptables. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar morfomolecularmente y evaluar la capacidad de resistencia al formaldehído del hongo aislado en un laboratorio de anatomía. Se obtuvo a partir de la suspensión líquida de formaldehído de tanques que contenían partes anatómicas. Analizado morfológicamente mediante macro y microscopía, y sometido al proceso de extracción de ADN para secuenciación e identificación. También se realizaron pruebas de resistencia a concentraciones de formaldehído y capacidad de crecimiento a temperaturas de 37°C, 45°C y 50°C, así como detección de actividad enzimática de proteasas. Como resultado, el aislado estudiado obtuvo un crecimiento satisfactorio a todas las temperaturas probadas, así como a todas las concentraciones de formalina, y la extracción de ADN y secuenciación del hongo indicó que pertenece al género *Phanerochaete*. El aislado demostró resistencia a todas las concentraciones de formaldehído probadas, con énfasis en la concentración utilizada en el laboratorio. Creció bien a las altas temperaturas probadas, pero no mostró un halo en la actividad de la proteasa. Sin embargo, se pudo constatar un potencial biotecnológico, que requiere de estudios futuros más detallados que lo indiquen como una alternativa en la biorremediación de sedimentos contaminados con formaldehído, y comprenderlo mejor para un posible control de su contaminación en la colección de piezas anatómicas en el laboratorio de anatomía.

Palabras clave: Hongos; Formaldehído; Basidiomycota.

1. Introdução

Os fungos são cosmopolitas e encontrados nos mais diversos substratos. Possuem grande importância econômica por serem uma fonte de genes e vias metabólicas usadas na síntese de compostos, nas diversas aplicações da biotecnológicas, como também contaminantes aos mais diversos utensílios e patógenos, mas o seu papel principal é a degradação de matéria orgânica, realizando um importante papel ecológico (Abreu, 2015; Chambergo & Valencia 2016).

Essa capacidade de adaptação diferenciada dos fungos está diretamente relacionada com as características ambientais e físicas aos quais são expostos e as exigências nutricionais inerentes a cada espécie fúngica (Neta, 2014). Os microrganismos tolerantes a condições adversas mais comuns são fungos filamentosos e leveduras. Esses conseguem se acostumar e crescer sob uma gama de condições severas de pH, temperatura e disponibilidade de nutrientes, incluindo altas concentrações de substâncias nocivas (Talukdar *et al.*, 2020).

As peças anatômicas e cadáveres do laboratório são conservadas com formaldeído. A formalina diluída a 10% em água utilizada na fixação de tecidos para estudos histológicos, na conservação de materiais biológicos, e armazenamento das peças anatômicas, além de minimizar a deterioração por ação de microrganismos como fungos. (Przybysz & Scolin, 2009).

Mesmo o formol sendo uma substância altamente tóxica podendo ser caracterizado como um poluente orgânico que provoca ações de carcinogenicidade para os seres humanos e toxicidade para microrganismos aeróbios e anaeróbios (Vieira *et al.*, 2013), existem fungos resistentes às mais diversas concentrações de formol, e tal capacidade pode comprometer a preservação dos materiais anatômicos, além de favorecer a contaminação do ambiente e das pessoas que manipulam as peças em estudo (Medeiros, 2015).

A identificação de fungos isolados a partir de amostras retirados de tanques de armazenamento de cadáveres humanos, são uma oportunidade de detectar fungos, conhecê-los melhor e associar esses achados ao risco de contaminação do laboratório (Shii K *et al.*, 2006; Calamares Neto & Colombo, 2015). Este o estudo objetivou caracterizar morfo-molecularmente e avaliar a capacidade de resistência ao formol do fungo isolado em laboratório de anatomia. Além disso, há também a necessidade de mais estudos sobre a eficácia do formol utilizado como fungicida, a capacidade de virulências e a resistência nesse habitat que sinalizam um potencial Biorremediador, o que mostra a relevância deste estudo, levando em conta as poucas pesquisas científicas publicadas sobre tal contexto.

2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa laboratorial de natureza qualitativa e quantitativa (Gil, 2017; Pereira *et al.*, 2018). O estudo foi conduzido a partir da coleta de amostras provenientes da solução de formaldeído contida nos tanques de armazenamento de peças anatômicas do Laboratório de Anatomia Humana da Escola Superior de Ciências da Saúde, localizado na cidade de Manaus-AM.

As amostras coletadas foram semeadas em triplicatas em meio Agar Batata Dextrose (BDA) acrescido de 50 mg/L de cloranfenicol contidos em Placas de Petri incubados a 28°C. E após 7 meses foi realizado a repetição desta coleta e semeio (Calamares Neto & Colombo, 2015).

Identificação taxonômica dos isolados

Os isolados fúngicos foram purificados e analisados quanto a caracterização macroscopia das colônias e micromorfológica através da técnica de microcultivo para identificação de acordo com literaturas (Houbraken *et al.*, 2010).

Extração de DNA

O isolado predominante em todas as coletas foi inoculado em meio Ágar Batata Dextrose (BDA), incubados por 7 dias a 28°C. Após esse período, 0,2 mg de massa micelial foi colocada em tubos de 1,5 ml, macerado com 1:1 de óxido de sílica (SiO₂), adicionou-se 500 µl de solução CTAB, foi adicionado 4 µl de RNase (10 mg/mL) foi homogeneizado por 5 minutos e incubado a 37 °C por 30 minutos. Após a incubação foi adicionado 5 µl de Proteinase K (10mg/mL) e incubado a 55°C por 60 minutos e mantida sobre agitação constante para homogeneizar a solução. A esta suspensão foram adicionados 500 µl Clorofórmio- Álcool Isoamílico (CIA- 24: 1) e misturados por inversão durante 5 minutos, a solução homogeneizada por inversão e posteriormente centrifugada a 10000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi transferido para um novo tubo e adicionado 400 µl de isopropanol, misturados por inversão por 2 minutos. A solução foi incubada a -20°C (congelador) por 120 minutos e centrifugado por 15 min a 13000 rpm e o DNA ficará visível na forma de um pequeno pellet. O sobrenadante foi removido, e inverteu-se o tubo em papel absorvente. Foi adicionado 1 mL de etanol a 70% e invertido por 5 minutos para a lavagem do pellet; a amostra foi colocada em centrifuga a 13000 rpm por 15 minutos; descartou-se o sobrenadante e inverteu-se os tubos em papel absorvente para secar por 3 horas. Posteriormente o pellet foi diluído em água ultrapura e deixada em temperatura ambiente.

Testes de Virulência

Resistência a temperaturas

Para a realização do teste de crescimento em distintas temperaturas, o isolado fúngico foi repicado em triplicata para placas de petri com meio de cultura BDA, e incubados à 28°, 37°, 45° e 50° onde realizou-se a leitura do diâmetro (em centímetros) em 3, 7 e 12 dias de crescimento (Lobato, 2016).

Proteinase

Para o teste de virulência, foi realizado experimento de produção de enzima, onde o fungo testado foi previamente cultivado em meio BDA por 10 dias. Três discos de micélio da espécie foram inoculados em meio ágar-gelatina-leite em placas de petri, foram incubadas à temperatura de 28 °C por 7 dias. Após este período, foram observadas quanto à formação dos halos enzimáticos. Os halos foram medidos com paquímetro e expressos em milímetros (Dingle; Reid & Solomons, 1953).

Teste de resistência ao formol

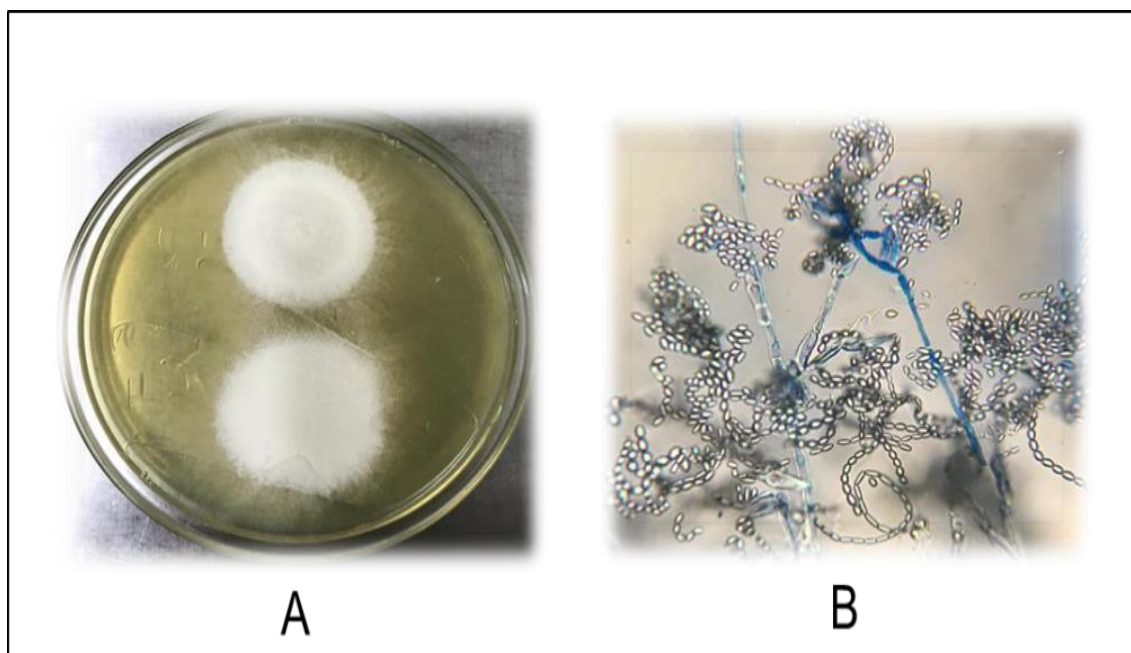
Os testes de resistência a variadas concentrações de formol foram realizados, em triplicatas de tubos de ensaio com meio líquido Batata Dextrose (BD) contendo formalina na concentração de 5%, 10%, 15% e 20% com o total de 5 mililitros de solução em cada tubo, onde posteriormente foram inoculados em cada tubo 1 mililitro de isolados fúngicos diluídos em água destilada com turvação compatível ao tubo 05 da escala de McFarland. Tal turbidez corresponde a aproximadamente 10⁸ de unidades formadoras de colônia (UFC) por mililitro e após 7 dias foi verificado o crescimento comparado com o grupo controle (Lobato, 2016).

3. Resultados e Discussão

Nesta pesquisa a solução de formalina diluída a 10% que armazena os cadáveres do Laboratório de Anatomia, foi o substrato de isolamento das colônias que apresentaram morfologias planas de textura aveludada, com coloração inicialmente branca, tornando-se amarelo-marrom na maturidade, e com reverso branco escuro, variando do amarelo ao marrom. Na micromorfologia, foram visualizadas hifas hialinas, septadas, conidióforos e conídios globosos unicelulares em cadeias longas (Houbraken et al., 2010).

Possivelmente as colônias indicam um único fungo Basidiomycota, e tais resultados foram constatados em repetição de duas coletas da amostra estudada (Figura 1). Sabe-se que o Filo Basidiomycota é considerado o mais evoluído do Reino e suas espécies são encontradas em todo o mundo no solo e na matéria em decomposição, sendo importantes na ciclagem de nutrientes na natureza, principalmente no ciclo do carbono. (Simões *et al.*, 2021).

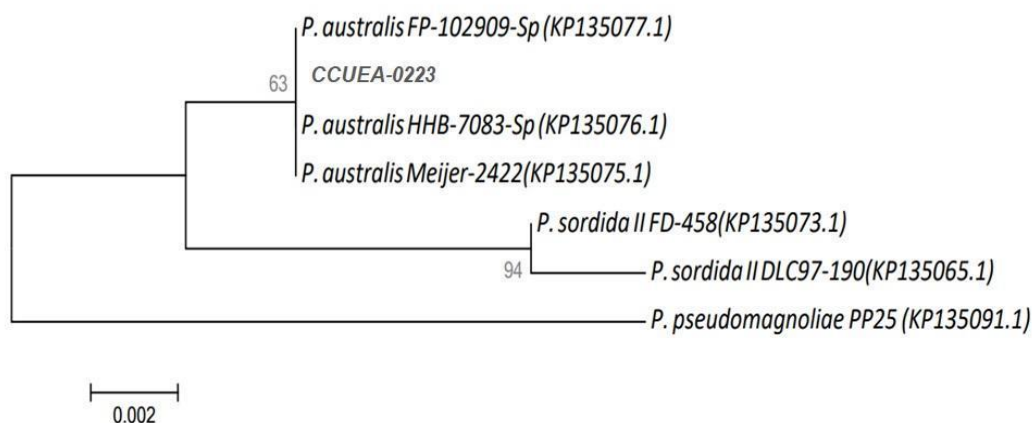
Figura 1 - Estruturas morfológicas: (A) Colônias do isolado fúngico inoculados em placa. (B) Aspectos microscópicos do isolado fúngico.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Foi utilizada a análise da sequência de DNA da região do espaçador transcrito interno (ITS). A identificação do isolado foi realizada por busca de homologia BLAST no GenBank. o isolado CCUEA-0223 indica pertencer ao gênero *Phanerochaete* apresentando maior similaridade com os fungos da espécie *P. australis*. (Figura 2).

Figura 2 - Relações filogenéticas dentro do gênero *Phanerochaete* usando sequências ITS. Árvores filogenéticas foram geradas usando Neighbor-joining. Valores de bootstrap ≥ 50 são mostrados.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Atualmente a família *Phanerochaetaceae* compreende de 28 gêneros conhecidos, sendo os três maiores gêneros desta família: *Phanerochaete*, *Sporotrichum* e *Phlebiopsis*. Nos últimos anos, espécies novas de *Phanerochaete* spp tem sido descritas com base em evidências morfológicas e análises filogenéticas mostraram o status taxonômico para os novos táxons dentro do gênero *Phanerochaete* (Boonmee *et al.*, 2021; Wang & Zhao, 2021).

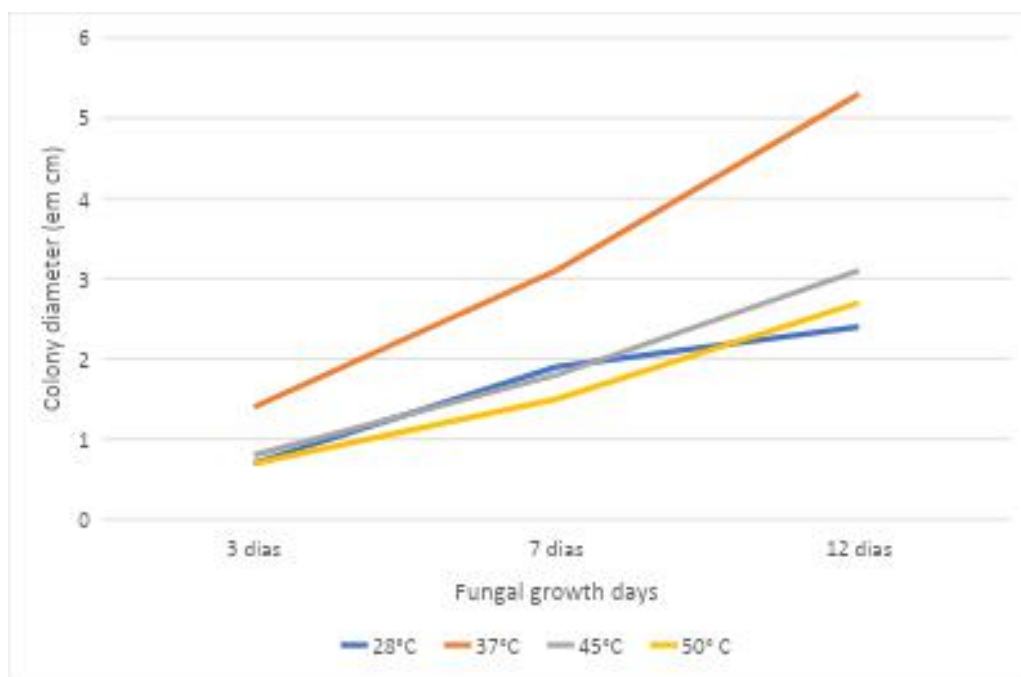
Foi encontrado a forma microscópica micelial em substratos líquido da solução de formalina dos tanques que armazenam os cadáveres, mas em macroscopia *Phanerochaetes* spp. são tipicamente reconhecidos por sua superfície

membranácea, efusa, lisa himenial, principalmente em sistema hifal monomítico, hifas geradoras de septos simples ou com grampo de conexões raras no subículo, clavato basidia e elipsóide para basidiósporos cilíndricos, de paredes finas e lisos, que são inamilóides e não dextrinóides (Wu, Chen & Wei, 2018).

Phanerochaete é um gênero difundido, causam podridão branca em vários tipos de substratos, tanto em madeiras macias quanto em duras e tem atraído a atenção de pesquisadores, pois, *Phanerochaete* não é apenas ecologicamente importante, mas também é biotecnologicamente significativo. A significância biotecnológica está na sua capacidade de degradar lignina e compostos aromáticos tóxicos, poucos organismos vivos são capazes desse feito. É considerado um potencial agente para a bioconversão de biomassa lignocelulósica e para a bioremediação de ambientes contaminados. (Floudas & Hibbett, 2015; Boonmee *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2023; Konan *et al.*, 2024).

Nos testes quanto a capacidade de crescimento em temperaturas de 28°, 37°e 45° e 50° em meio Ágar Batata Dextrose (BDA), obteve-se crescimento em todas as variações, por três, sete e 12 dias de incubação (gráfico 1). Tais evidências mostram que esses fungos filamentosos são capazes de crescer sob condições estressantes, resistes a ambientes com temperaturas elevadas, podendo contribuir para seu potencial patogênico, levando em conta a sua temperatura de crescimento ideal, que é aproximada a do corpo humano (Houbraken *et al.*, 2010). Em outro estudo, a espécie *P. chrysosporium* cresce rapidamente, e tem temperatura ótima de crescimento em torno de 40 °C, produzindo numerosos conídios. A temperatura é um fator determinante para a expressão das enzimas lignolíticas que este fungo secreta, as quais são cruciais para sua atividade biodegradadora. A atividade da enzima lignina peroxidase produzida por *P. chrysosporium* varia de acordo com a temperatura e o pH. Por exemplo, a atividade ótima dessa enzima ocorre entre 45°C e 60°C, dependendo do pH. (Floudas & Hibbett, 2015; Tuisel *et al.*, 1990, p. 160).

Gráfico 1 - Crescimento do isolado fúngico em temperaturas distintas.

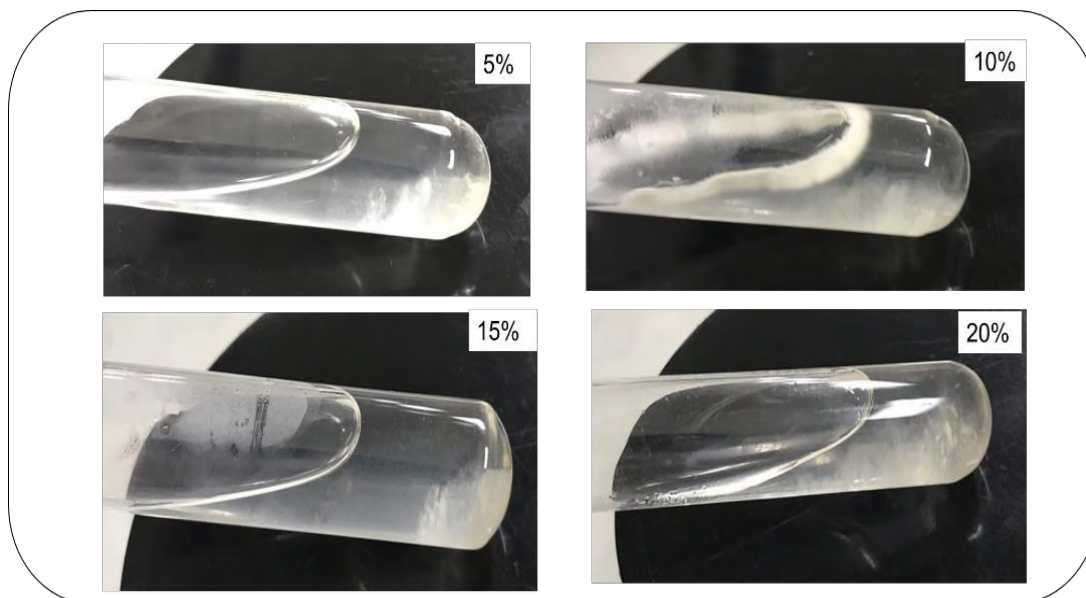


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Quanto à capacidade de crescer em variadas concentrações de formalina, surpreendentemente, o isolado desenvolveu em todas as testadas: 5%, 10%, 15% e 20%, com desenvolvimento otimizado na concentração de 10% de formol como demonstra na figura 3. Sendo 10% a concentração dosos utilizada nas soluções de armazenamento de cadáveres e peças

anatômicas do laboratório estudado. Em artigos semelhantes, nos quais foram encontrados outros gêneros de fungos, foi observado o crescimento de *Trichophyton* sp., *Aspergillus niger* e *Penicillium* sp. na presença de formol a 10%, enquanto *Penicillium* sp. e *Aspergillus niger* também cresceram em concentração de 12% (Medeiros & Sousa, 2019).

Figura 3 - Crescimento em concentrações variadas de formol.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Existem poucos relatos sobre o metabolismo de formaldeído em fungos, porém, alguns microrganismos são mencionados como tolerantes ao formaldeído, dentre eles: *Mycobacterium gastri*, *Pseudomonas* sp., *Acetobacter* sp., *Paecilomyces* sp. *Aspergillus* sp. e *Trichoderma* sp. Em capacidade de degradar o formaldeído, os fungos filamentosos têm maior adaptabilidade ambiental que as bactérias, suas apresentam área de superfície maior em contato e consequentemente, mais contato com o substrato do que bactérias (Yu *et al.*, 2014).

Na realização de teste para a detecção de atividade proteinases, o não aparecimento do halo enzimático no meio em triplicatas dos isolados, indica que o fungo em questão não é produtor de protease. Tais evidências sugerem que o isolado pode possuir um perfil patogênico de baixa virulência. No entanto, apesar de indicar um potencial biotecnológico, se faz necessário a realização de estudos mais detalhados para maiores evidências, sobre a capacidade biotecnológica e biorremediador, como também um possível potencial patogênico deste isolado.

4. Conclusão

O isolado se próxima da espécie *Phanerochaete australis* molecularmente, é termófilo com capacidade de crescimento em temperaturas elevadas, de 37°C, 45°C e 50°C, e são resistentes a exposição em variadas concentrações de formol, acima do padrão, possuindo uma alta adaptabilidade no ambiente em que se encontra, capaz de crescer em concentrações de formalina, que deveriam controlar sua proliferação. Contudo, se faz necessário estudos complementares, para a averiguação na produção de metabólitos secundários, e como uma alternativa na remediação de sedimentos contaminados com formaldeído. Outrossim, levando em conta a necessidade em erradicar contaminantes que deterioram o acervo da anatomia, podendo até manifestar-se como patógeno em potencial.

Agradecimentos

Expressamos sincera gratidão à Universidade do Estado do Amazonas (UEA), pelo suporte acadêmico e pela infraestrutura oferecida ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos, igualmente à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), cujo apoio financeiro foi fundamental para a execução do estudo. Reconhecemos, ainda, a valiosa contribuição do Laboratório de Anatomia Humana da UEA, que proporcionou os recursos técnicos e o ambiente necessário para a realização das atividades que subsidiaram esta pesquisa.

Referências

- Abreu, J. A. S., Rovida, A. F. S., & Pamphile, J. A. (2015). Fungos de interesse: Aplicações biotecnológicas. *Revista Uningá Review*, 21(1), 1. ISSN 2178-2571.
- André, G. A., & Weikert, R. C. O. (2000). Isolamento e identificação dos patógenos microbiológicos encontrados no laboratório de anatomia humana. *Brazilian Journal of Morphological Sciences*, 17, 63-64.
- Boonmee, S., et al. (2021). Fungal diversity notes 1387–1511: Taxonomic and phylogenetic contributions on genera and species of fungal taxa. *Fungal Diversity*, 111, 1–335.
- Calamares Neto, J., & Colombo, T. E. (2015). Isolamento e identificação de fungos filamentosos em peças anatômicas conservadas em formol. *Journal of Health Sciences Institute*, 33(3), 218-222.
- Carey, J., D'Amico, R., Sutton, D., & Rinaldi, M. G. (2003). Vaginite de *Paecilomyces lilacinus* em paciente imunocompetente. *Emerging Infectious Diseases*, 9, 1155-1158.
- Chambergro, F. S. C., & Valencia, E. Y. (2016). Fungal biodiversity to biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 2567-2577.
- Cordeiro, P. A. S., Siqueira, G. K. R., Silva, W. M. T., & Vieira, P. D. S. (2021). Fungos anemófilos associados ao ambiente das enfermarias em unidade hospitalar do Cabo de Santo Agostinho-PE, Brasil. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.54372/sb.2021.v16.2821>
- Corrêa, W. R. (2003). *Isolamento e identificação de fungos filamentosos encontrados em peças anatômicas em solução de formol a 10%* [Dissertação de mestrado, Universidade do Vale do Paraíba].
- Cuenca-Estrella, M. (2010). Antifúngicos en el tratamiento de las infecciones sistémicas: Importancia del mecanismo de acción, espectro de actividad y resistencias. *Revista Española de Quimioterapia*, 23, 169-176.
- Dingle, J., Reid, W. W., & Solomons, G. L. (1953). The enzymic degradation of pectin and other polysaccharides. II. Application of the "cup-plate" assay to the estimation of enzymes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 4, 149-155.
- Du, B., Xu, Y., Dong, H., Li, Y., & Wang, J. (2020). *Phanerochaete chrysosporium* strain B-22, a nematophagous fungus parasitizing *Meloidogyne incognita*. *PLoS ONE*, 15(1), e0216688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216688>
- Floudas, D., & Hibbett, D. S. (2015). Revisiting the taxonomy of *Phanerochaete* (Polyporales, Basidiomycota) using a four gene dataset and extensive ITS sampling. *Fungal Biology*, 119(8), 679-719. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2015.04.003>
- Gil, A. C. (2017). Como elaborar projetos de pesquisa. 6ed. Atlas.
- Houbraken, J., Verweij, P. E., Rijs, A., Borman, A. M., & Samson, R. A. (2010). Identificação de *Paecilomyces variotii* em amostras clínicas e configurações. *Journal of Clinical Microbiology*, 48, 2754-2761.
- Konan, D., Ndao, A., Koffi, E., Elkoun, S., Robert, M., Rodrigue, D., & Adjallé, K. (2024). Biodecomposition with *Phanerochaete chrysosporium*: A review. *AIMS Microbiology*, 10(4), 1068–1101. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2024046>
- Lacaz, C. S., et al. (2002). *Tratado de micologia médica* (9a ed.). Instituto de Medicina Tropical de São Paulo.
- Li, Y., Chen, C.-C., & He, S.-H. (2023). New corticoid taxa in Phanerochaetaceae (Polyporales, Basidiomycota) from East Asia. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1093096. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1093096>
- Lima, A. K. S., et al. (2017). Fungos isolados da água de consumo de uma comunidade ribeirinha do médio Rio Solimões, Amazonas-Brasil: Potencial patogênico. *Revista Ambiente & Água*, 12(6), 1017-1024. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2018>
- Liu, L., Li, H., Liu, Y., Li, Y., & Wang, H. (2020). Whole transcriptome analysis provides insights into the molecular mechanisms of chlamydospore-like cell formation in *Phanerochaete chrysosporium*. *Frontiers in Microbiology*, 11, 527389. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.527389>
- Lobato, C. R., Klafke, B. G., & Xavier, O. M. (2016). Reprodutibilidade de distintas técnicas associadas à filtração na padronização de inóculo de conídios de *Aspergillus fumigatus*. *Vitalle Revista de Ciências da Saúde*, 28, 84-89.
- Medeiros, H. G. A., & Sousa, A. C. B. (2019). Isolamento e identificação de fungos filamentosos alergênicos encontrados em peças anatômicas humanas conservadas em solução de formaldeído. In J. M. B. Oliveira Junior (Org.), *Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza 3* (pp. 38-49). Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.5901927054>

- Menezes, E. A., Barbosa, A. C., Cunha, M. C., Mendes, L. G., & Cunha, F. A. (2016). Suscetibilidade a antifúngicos e fatores de virulência de *Candida* spp. isoladas em Russas, Ceará. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, 48, 33-38.
- Neta, M. O. B. S. (2014). Controle de qualidade microbiológico-ambiental dos laboratórios de saúde da faculdade Montes Belos-Goiás. *Revista Faculdade Montes Belos*, 7(2).
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Ed.UAB/NTE/UFSM.
- Przybysz, C. H. (2009). Avaliação do formaldeído como fungicida no laboratório de anatomia humana. *Revista F@ciência*, 5(12), 121-133.
- Przybysz, C. H., Scolin, E., Forcato, A., Araújo, K., & Costa, L. (1998). Avaliação do possível crescimento e resistência de espécies fúngicas ao formol. *Revista Saúde e Pesquisa*, 3, 269.
- Shii, K., et al. (2006). Analysis of fungi detected in human cadavers. *Legal Medicine*, 8, 188-190.
- Souza, C. H., Oliveira, A. L., & Andrade, S. J. (2008). Seleção de basidiomycetes da Amazônia para produção de enzimas de interesse biotecnológico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 116-124.
- Torres, H. A., & Kontoyiannis, D. P. (2003). Hialo-hifomicoses (outras que não aspergilose e peniciliose). In W. Dismukes, P. G. Pappas, & J. D. Sobel (Eds.), *Micologia clínica* (pp. 252-270). Oxford University Press.
- Tuisel, H., Sinclair, R., Bumpus, J. A., Ashbaugh, W., Brock, B. J., & Aust, S. D. (1990). Lignin peroxidase H2 from *Phanerochaete chrysosporium*: Purification, characterization and stability to temperature and pH. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 279(1), 158-166. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(90\)90476-F](https://doi.org/10.1016/0003-9861(90)90476-F)
- Vieira, et al. (2013). Efeito da utilização do formol-deído na em laboratórios de anatomia. *Revista Ciência e Saúde Nova Esperança*, 11(1), 97-105. <http://revistanovaesperanca.com.br/index.php/revistane/article/view/424/319>
- Wang, Z., & Zhao, Y. (2021). Isolation and characterization of formaldehyde-degrading fungi and its formaldehyde metabolism. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(9), 6016-6024.
- Wu, S.-H., Chen, C.-C., & Wei, C.-L. (2018). Three new species of *Phanerochaete* (Polyporales, Basidiomycota). *MycKeys*, 41, 91-106. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.41.29070>
- Yadav, N., Yadav, A. N., Saxena, A. K., Tanvir, R., Kaur, D., Guleria, G., & Rana, K. L. (2020). Fungal secondary metabolites and their biotechnological applications for human health. In *Environmental Technology & Innovation* (Vol. 17, Cap. 9).
- Yu, D. S., Song, G., Song, L. L., Wang, W., & Guo, C. H. (2015). Formaldehyde degradation by a newly isolated fungus *Aspergillus* sp. HUA. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12, 247-254.
- Zhang, Q.-Y., Liu, Z.-B., Liu, H.-G., & Si, J. (2023). Two new corticoid species of Phanerochactaceae (Polyporales, Basidiomycota) from Southwest China. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13, 1105918. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1105918>