

FITOPATÓGENOS EM PIMENTA-DO-REINO (*Piper nigrum L.*) INDUSTRIALIZADA: IDENTIFICAÇÃO, RISCOS E MÉTODOS DE DESINFESTAÇÃO

PHYTOPATHOGENS IN INDUSTRIALIZED BLACK PEPPER (*Piper nigrum L.*): IDENTIFICATION, RISKS AND DISINFESTATION METHODS

David Figueiredo Ribeiro¹
Edinelma Gonçalves dos Reis²
Emily Kauane Silva e Silva³
Nalanda dos Santos Rodrigues⁴
Kézia Ferreira Alves⁵

Área Temática 5 Meio ambiente, mudanças climáticas e sustentabilidade
Modalidade: Artigo Científico

Resumo

Os condimentos são amplamente utilizados na culinária, sendo a pimenta-do-reino um dos mais consumidos. No entanto, esses produtos podem estar sujeitos à contaminação por fungos, os quais representam riscos à saúde humana devido à produção de micotoxinas. O presente estudo teve como objetivo do presente trabalho foi identificar e caracterizar presença de patógenos pós-colheita em condimentos industrializados como a pimenta-do-reino em Castanhal-PA. A metodologia consistiu na coleta de amostras de diferentes marcas comerciais como a Tapajós alimentos ® e a Mariza Foods ®, que foram submetidas ao isolamento fúngico em meio de cultura BDA, seguido de microcultivo para identificação taxonômica, além dos métodos de desinfestação e calor nas amostras analisadas para promover o controle de fungos fitopatogênicos nos condimentos. Os resultados indicaram que amostras apresentaram o crescimento de fungos do gênero *Aspergillus sp.* e *Rhizopus stolonifer*. O primeiro é conhecido pela produção de aflatoxinas carcinogênicas, enquanto o segundo está associado à deterioração pós-colheita e perdas econômicas. O estudo demonstrou que a aplicação de tratamentos térmicos e desinfestação química foram eficazes na inibição do crescimento fúngico, evidenciando a importância dessas práticas para garantir a qualidade e segurança dos condimentos ao consumidor final.

Palavras-Chave: Contaminação fúngica, *Aspergillus sp.*, *Rhizopus stolonifer*, segurança alimentar.

Abstract

Condiments are widely used in cooking, with black pepper being one of the most consumed. However, these products may be subject to contamination by fungi, such as *Aspergillus sp.* and *Rhizopus stolonifer*, which pose risks to human health due to the production of mycotoxins. The present study aimed to identify and characterize the presence of postharvest pathogens in industrialized condiments such as black pepper in Castanhal-PA. The methodology consisted of collecting samples from different commercial brands such as Tapajós Alimentos and Mariza Foods, which were subjected to fungal isolation in PDA culture medium, followed by microcultivation for taxonomic identification, in addition

¹ Instituto Federal do Pará-Campus Castanhal; davidfigueiredo1@hotmail.com

² Instituto Federal do Pará-Campus Castanhal; edinelmareis17@gmail.com

³ Instituto Federal do Pará-Campus Castanhal; emilykauanesilva9@gmail.com

⁴ Instituto Federal do Pará-Campus Castanhal; nalandasrodrigues16@gmail.com

⁵ Instituto Federal do Pará-Campus Castanhal; Kezia.alves@ifpa.edu.br

to disinfection and heat methods in the analyzed samples to promote the control of phytopathogenic fungi in the condiments. The results indicated that samples presented the growth of fungi of the genus *Aspergillus* sp. and *Rhizopus stolonifer*. The former is known for producing carcinogenic aflatoxins, while the latter is associated with post-harvest spoilage and economic losses. The study also demonstrated that the application of heat treatments and chemical disinfection were effective in inhibiting fungal growth, highlighting the importance of these practices to ensure the quality and safety of condiments. It is concluded that the adoption of good storage and processing practices is essential to minimize contamination risks and ensure food safety.

Key words: Black pepper, fungal contamination, *Aspergillus* sp., *Rhizopus stolonifer*, food safety.

1. Introdução

Os condimentos constituem ingredientes de origem natural, os quais são formados por uma ou mais substâncias, podendo ou não conter valor nutricional. Eles são incorporados na preparação dos alimentos, tanto para reforçar o sabor, como também para alterá-lo. Nos tempos antigos, os condimentos têm sido utilizados, por diferentes culturas, nos processos culinários, sendo valorizados por acentuar as características sensoriais do próprio prato, (Germano, 2011). Por outro lado, as especiarias estão também sujeitas a contaminações por fungos, que são os microrganismos mais prevalentes nesses produtos. Grande parte desses microrganismos encontravam-se residindo em uma planta, sobrevivendo ao processo de desidratação e armazenamento. Entretanto, alguns deles são responsáveis pela degradação dos alimentos e pela formação de micotoxinas carcinogênicas, que dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* podem proliferar nesses produtos e, portanto, representar um risco à saúde do consumidor (Souza et al., 2020; Pitt & Miller, 2017).

A ciência que investiga as doenças das plantas e os seus agentes causadores, chama-se fitopatologia e vem exercendo papel importante na verificação da infecção fúngica em condimentos como a pimenta do reino moída, notadamente no estado do Pará, onde o clima quente e úmido é propício à sobrevivência de fungos e tal ciência é importante para a identificação precoce de patógenos fúngicos tanto em campo como em armazenagem dos produtos (Machado et al., 2021).

A fitopatologia no controle da contaminação fúngica, pode se estender a técnicas de manejo integrado, como a rotação de culturas, uso de cultivares resistentes e controle biológico de microrganismos antagonistas que podem reduzir a incidência de fungos fitopatogênicos e, conseqüentemente, produção de micotoxinas, além de boas práticas agrícolas que compreendem a adequada hidratação das pimentas e o controle de umidade e temperatura em armazenamento e transporte (Fernandes et al., 2020).

Dessa forma, a fitopatologia mostra uma ciência necessária para garantir a segurança alimentar e a qualidade dos condimentos consumidos pela população, desse modo o objetivo do presente trabalho foi identificar e caracterizar presença de patógenos pós-colheita em pimenta-do-reino industrializada e comercializadas na cidade de Castanhal/PA.

2. Metodologia

Local do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia pertencente ao Grupo de Estudo em Fitopatologia do IFPA (GEFIFPA), no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Castanhal, no período de 7 de novembro de 2024 a 12 de fevereiro de 2025.

Isolamento indireto

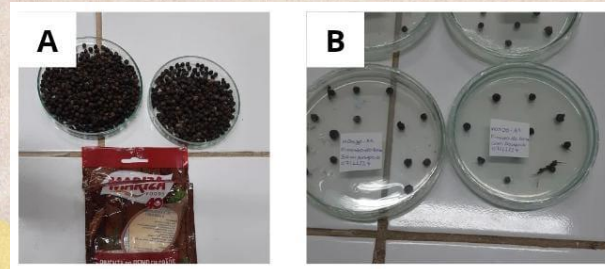
Para a realização do estudo, utilizaram-se grãos de pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), divididos conforme marcas comerciais, sendo a primeira correspondente à Mariza Foods e a segunda à Tapajós Alimentos (Figura 1). O primeiro procedimento consistiu na separação dessas amostras em dois grupos distintos, sendo o primeiro submetido ao processo de assepsia com imersão das sementes em hipoclorito de sódio por um intervalo de 2 minutos, seguido de lavagem em água destilada esterilizada para retirada do excesso de hipoclorito e secagem em papel toalha. O segundo grupo não recebeu nenhum tratamento de desinfestação superficial (Figura 3). Posteriormente, as amostras com e sem assepsia foram cultivadas em placas de Petri contendo meio nutritivo BDA (Batata-Dextrose-Agar) e acondicionadas em câmara incubadora BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) a 25°C, sendo monitoradas por 10 dias para formação e crescimento das colônias fúngicas analisadas.

Figura 1. Condimentos utilizados. Marca Tapajós alimentos (A e B); Mariza Foods (C e D).



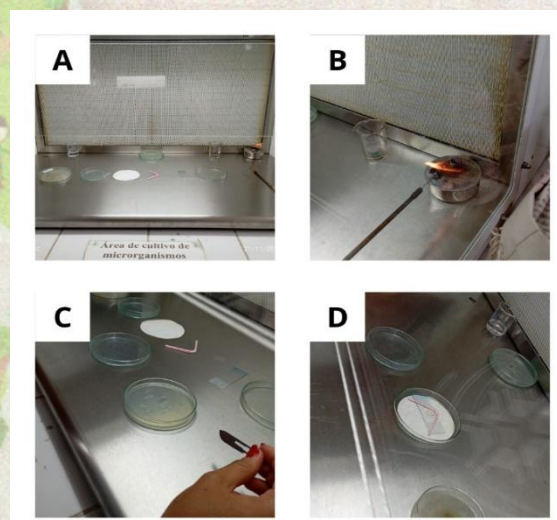
Fonte: Autores, 2025

Figura 2. Isolamento indireto. Figura (A) Processo de separação; figura (B)-Grãos da pimenta na placa de petri.



Fonte: Autores, 2025

Figura 3. A-Processo de seleção das amostras; B-Grãos da pimenta do reino plaqueados em meio de cultura BDA com e sem assepsia. A-Processo de separação dos materiais; B-Esterilização das lâminas e lamínulas; C-Processo de Isolamento; D-Finalização do processo de construção das lâminas.



Fonte: Autores, 2025

Microcultivo

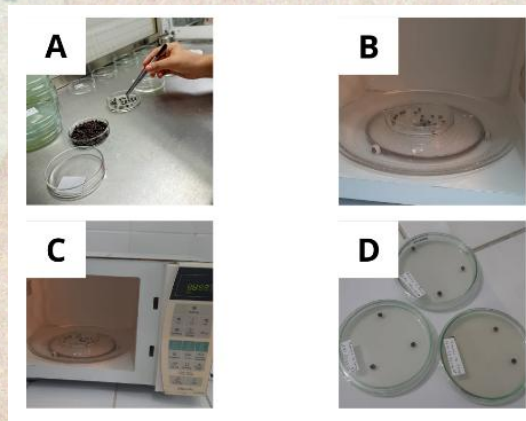
A preparação de microcultura foi realizada para os isolados de interesse, correspondendo às amostras com e sem assepsia (Figura 3). O procedimento foi efetuado em placas de Petri estéreis umedecidas com água destilada sobre papel filtro e lâminas de vidro, onde se utilizou uma porção de meio de cultivo Ágar-água disposto sobre a lâmina. Após a inoculação nas laterais do meio, foi sobreposta uma lamínula estéril. As placas foram incubadas na BOD a 25°C. Posteriormente, realizaram-se as lâminas de microscopia utilizando água destilada e azul de metileno para melhor identificação das estruturas fúngicas visualizadas em

microscópio óptico. Foram analisadas as características morfoculturais para a classificação taxonômica, utilizando a chave taxonômica da autora (Amorim et al; 2018).

Procedimento com desinfestação e calor

Foram aplicados métodos de desinfestação nas amostras para promover o controle de fungos fitopatogênicos nos condimentos de pimenta-do-reino analisados, no qual foi submetida inicialmente a tratamento com álcool 70% por 1 minuto para quebra da tensão superficial, seguido de imersão em hipoclorito de sódio por 2 minutos para desinfestação das amostras, sendo posteriormente lavadas em água destilada para remoção do excesso de hipoclorito. A partir desse procedimento, as sementes foram divididas em duas amostras: a primeira foi submetida à esterilização por micro-ondas (EM), sendo exposta ao forno de micro-ondas por 40 segundos. A segunda amostra não foi submetida à esterilização por micro-ondas (AEM). Ambas as amostras foram cultivadas em BDA e incubadas na BOD a temperatura constante, sendo monitoradas por 12 dias. Posteriormente, foram feitas identificações dos isolados analisando as estruturas fúngicas. Foram preparadas 3 placas para cada amostra (AEM e EM), totalizando 6 placas, com 3 sementes em cada (Figura 4).

Figura 4. Procedimento com desinfestação e calor. A-Processo de separação dos materiais no hipoclorito; B e C-Grãos submetidos ao processo de calor; D-Finalização do processo na placa de Petri.



Fonte: Autores, 2025

3. Resultados/Discussões

A pimenta-do-reino pode estar sujeita à contaminação por micotoxinas, principalmente aquelas produzidas pelos fungos do gênero *Aspergillus* e do gênero *Penicillium*, como a aflatoxina. Além disso, a presença de contaminantes físicos, tais como fragmentos de insetos,

e de contaminantes químicos, tais como resíduos de pesticidas, pode afetar a qualidade dessa especiaria. Para a mitigação do risco proveniente de contaminação, são necessárias boas práticas de manejo, armazenamento e fiscalização (Oliveira et al., 2021).

O primeiro procedimento da identificação do fungo ocorreu através do isolamento indireto e apresentou contaminação na primeira mostra realizada (Figura 5), desse modo foi necessário refazer o processo. Nas tentativas subsequentes, as amostras sem tratamento asséptico da marca tapajós (Figura 6) apresentaram a ocorrência dos fungos do gênero *Aspergillus* sp. e *Rhizopus stolonifer*, na marca Mariza Foods, ficou inviável realizar o micro cultivo, pois ocorreu novamente contaminação do primeiro processo.

Tabela 1. Características do Fungo *Aspergillus* sp.

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Classe	Eurotiomycetes
Ordem	Eurotiales
Família	Trichocomaceae
Características Morfoculturais	Possui condióforo; Fiálides; Conídios; Vesícula.
Reprodução	Assexuada
Tipos de esporos	Conídeos, Amesporos
Aparência das culturas fungicas	BDA; Contonoso; Hifas Claras; Hilanas.

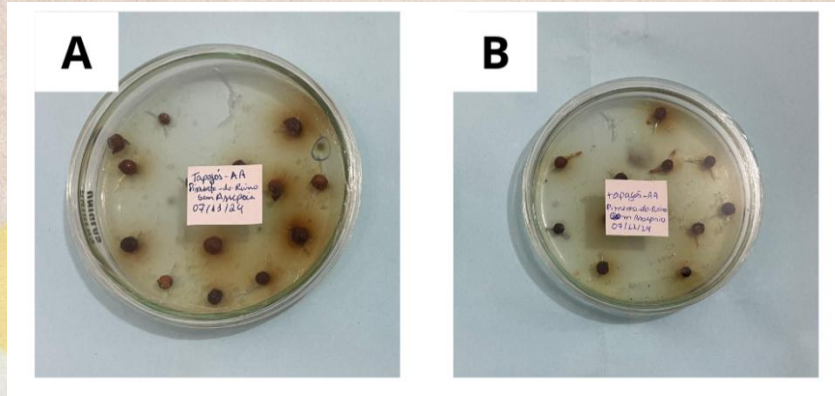
Fonte: Autores, 2025/ Dados: Amorim; Rezende; Bergamin Filho, 2019

Tabela 2. Características do Fungo *Rhizopus stolonifer*.

Fungo <i>Rhizopus stolonifer</i>	
Reino	Fungi
Filo	Zygomycota
Ordem	Mucorales
Família	Mucoracea
Características Morfoculturais	Hifas aéreas, estolão, rizóides, asseptados.
Reprodução	Assexuada, esporângio, aplanosporos.
Aparência das culturas fungicas	BDA; sem assepcia, cinza

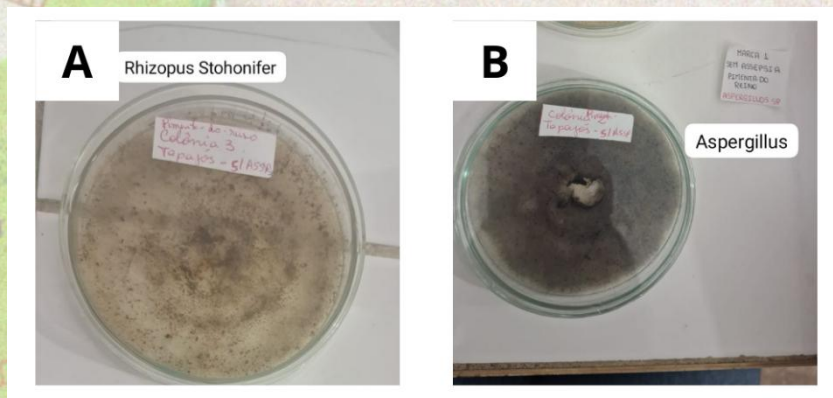
Fonte: Autores, 2025/ Dados: Amorim; Rezende; Bergamin Filho, 2019

Figura 5. Contaminação do primeiro isolamento indireto. A-Contaminação dos Grãos da Marca Mariza Foods; B- Contaminação dos Grãos da Marca Tapajós.



Fonte: Autores, 2025

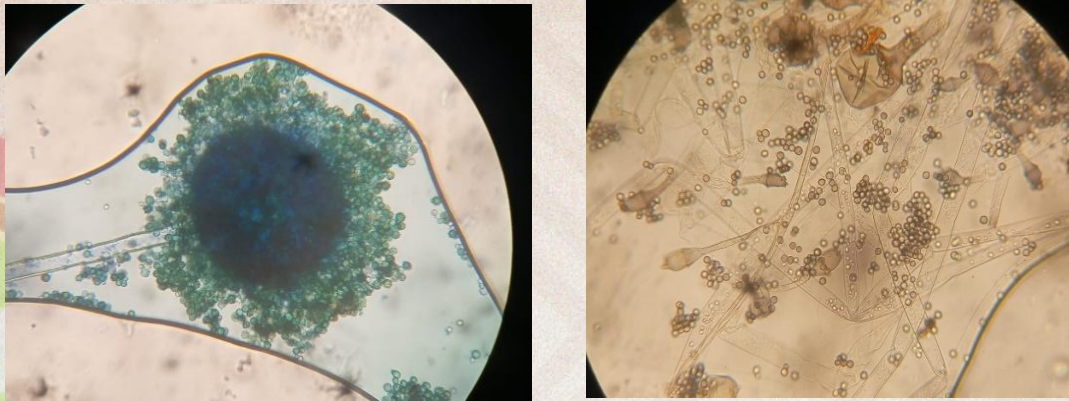
Figura 6. Colônia dos fungos. A- Fungo *Rhizopus stolonifer*; B- Fungo *Aspergillus* sp.



Fonte: Autores, 2025

A presença de *Aspergillus* sp. e *Rhizopus stolonifer* em amostras de pimenta-do-reino reforçam a contaminação fúngica nesses condimentos, principalmente na região de clima quente e úmido, no qual pode ocorrer por conta de práticas inadequadas de manejo (Souza et al., 2020; Machado et al., 2021; Oliveira et al., 2021). Bem como, a presença do primeiro é conhecida pela capacidade de produzir aflatoxinas, micotoxinas carcinogênicas que representam sérios riscos à saúde humana (Pitt & Miller, 2017). Já o segundo é comumente associado à deterioração pós-colheita e pode causar danos econômicos significativos ao reduzir a qualidade dos condimentos (Singh et al., 2020).

Figura 7. Observação microscópica dos fungos identificados. A- Fungo *Aspergillus* sp. com conidióforo e formação da vesícula do esporângio com conídios. B- *Rhizopus* stolonifer.



Fonte: Autores, 2025

Já no procedimento com desinfestação e calor, os resultados foram eficazes na inibição do crescimento desses fungos contaminantes, evidenciando que o calor atua através da desnaturação de proteínas e destabilização das membranas celulares, o que leva à morte de diversos patógenos (Hodge & Marten, 2018), além exposição de sementes e substratos a temperaturas superiores a 60°C por um período de 5 a 10 minutos é eficaz para reduzir a carga de fungos como *Aspergillus* e *Rhizopus* sem causar danos significativos às propriedades dos materiais tratados conforme afirmam os estudos de Aghighi et al. (2014).

Em comparação com o estudo de Souza et al. (2015), que encontrou sucesso na utilização do calor a 70°C por 10 minutos para eliminar fungos como *Aspergillus* em amostras de solo, o presente estudo também confirma que o aquecimento contribui significativamente para a redução de contaminantes. No entanto, ao contrário do estudo de Silva et al. (2019), que relatou que o hipoclorito em concentrações mais altas (5%) pode prejudicar a germinação de sementes, o estudo atual mostrou que o hipoclorito de sódio em concentrações mais moderadas (1-2%) foi eficaz sem afetar negativamente o desenvolvimento das amostras.

Tais resultados, são de extrema importância para atenuar a contaminação desses fungos em organismos humanos, uma vez que, o gênero *Aspergillus* sp, são responsáveis pela produção de aflotoxinas, sendo um dos contaminantes alimentares mais tóxicos, no qual é metabolizados pelas enzimas do fígado, gerando epóxidos altamente reativos que podem se ligar covalentemente à guanina. Essa interação envolve a síntese de proteínas celulares e causa danos

a macromoléculas, incluindo lesões no gene supressor de tumor. Devido a esses efeitos, a aflatoxina B1 é comumente como carcinógeno do Grupo (Rufatto, 2014).

Além de sua reputação de ação carcinogênica em humanos, a aflatoxina está associada a diversas patologias, como necrose hepática, anorexia, apatia, mutagenicidade, teratogenicidade, cirrose hepática e imunossupressão (Bragotto, 2016).

Fungos do gênero *Rhizopus* são agentes causadores de zigomicose, uma infecção que pode apresentar caráter angioinvasivo, especialmente em indivíduos com diabetes mellitus descompensado e neutropenia. Além disso, esses fungos podem atingir o sistema nervoso central, o trato gastrointestinal e os pulmões (Ribes et al., 2000; Singh et al., 2021).

4. Considerações Finais ou Conclusão

O presente estudo evidenciou que condimentos como a pimenta-do-reino são propícios a contaminação de fungos, principalmente em condições inadequadas de armazenamento e manuseio. Ademais, os resultados demonstram que o tratamento térmico e a desinfestação demonstraram ser estratégias eficazes para inibir os fungos *Aspergillus* sp. e *Rhizopus stolonifer*, encontrados nas amostras. Desse modo, faz-se necessário a monitoramento e boas práticas de armazenamento dos condimentos para evitar contaminação.

5. Referências Bibliográficas

AMORIM, Lilian; REZENDE, Jorge Alberto Marques; BERGAMIN FILHO, Armando (eds.). Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos. 5º ed. Ouro Fino, MG: Agrônômica Ceres, 2019.

ATISTA, L. R.; CHALFOUN, S. M.; ALMEIDA, E. L. Detecção molecular de fungos micotoxigênicos em produtos alimentícios: avanços e desafios. *Food Science and Technology*, v. 39, n. 3, p. 521–530, 2019.

Bragotto, A.P.A. 2016. Compostos Tóxicos de Origem Natural: Fungos. Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP. Campinas – SP.

CHOWDHURY, M. M. H. et al. Contaminação fúngica e micotoxinas em alimentos: uma revisão. *Food Control*, v. 57, p. 318-326, 2015.

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; FILHO, A. B. Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos. 5. ed. Ouro Fino - M.G: Agronômica Ceres, 2018.

DA COSTA, C. L. et al. Contaminação fúngica na pimenta-do-reino: estratégias de controle e prevenção. *Journal of Food Science*, v. 84, n. 3, p. 623-634, 2019.

EMBRAPA. *Produção de pimenta-do-reino*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 17 fev. 2025.

FERNANDES, F. R.; SOUZA, C. A.; CARDOSO, M. D. Manejo integrado de pragas na cultura da pimenta: uma revisão. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 33, n. 4, p. 77–95, 2020.

FREITAS, R. S.; SILVA, M. F.; ALMEIDA, C. A. Contaminação por micotoxinas em especiarias e ervas: uma perspectiva brasileira. *Food Control*, v. 104, p. 55–62, 2019.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. *Higiene e Vigilância Sanitária de Alimentos*. Barueri: Manole, 2011.

HODGE, D.; MARTEN, B. Tratamento térmico como ferramenta para descontaminação microbiana em ambientes agrícolas. *Microbial Control*, v. 17, n. 1, p. 123-130, 2018.

LEMO, O. F. de; POLTRONIERI, M. C. *Pimenta-do-reino: colheita e beneficiamento*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

MACHADO, J. P.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, H. C. O papel da fitopatologia na segurança alimentar: estratégias para controle de contaminação fúngica. *Journal of Plant Pathology*, v. 103, n. 2, p. 287–301, 2021.

MELO, R. C. et al. Controle de doenças na cultura da pimenta-do-reino. *Fitopatologia Brasileira*, v. 45, n. 1, p. 23-34, 2020.

NEOPROSPECTA. *Aspergillus: vilão ou mocinho para a saúde?* Blog Neoprospecta. Disponível em: <https://blog.neoprospecta.com/aspergillus-na-saude/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

OLIVEIRA, A. P. et al. Contaminação por micotoxinas em especiarias. *Química Nova*, v. 44, n. 5, p. 789-802, 2021.

PITT, J. I.; HOCKING, A. D. *Fungos e deterioração de alimentos*. Nova York: Springer Science & Business Media, 2009.

POLTRONIERI, M. C.; LEMOS, O. F. de. *Pimenta-do-reino: pós-colheita e armazenamento*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de>

publicacoes/-/publicacao/994811/pimenta-do-reino-pos-colheita-e-armazenamento. Acesso em: 17 fev. 2025.

REVISTA BRASILEIRA DE ANÁLISES CLÍNICAS. *Micotoxinas e seus efeitos à saúde humana: revisão de literatura*. Disponível em: <https://www.rbac.org.br/artigos/micotoxinas-e-seus-efeitos-saude-humana-revisao-de-literatura/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

RIBES, J. A. et al. Mucormicose. *Clinical Microbiology Reviews*, v. 13, n. 2, p. 236-301, 2000.

RUFATTO, M. 2014. Micotoxinas e acometimentos à saúde humana ênfase no potencial carcinogênico. *Revista Brasileira de Nutrição Clínica Funcional* ano 14, nº 60.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE SÃO PAULO. *Aflatoxinas e outras micotoxinas*. Centro de Vigilância Epidemiológica. Disponível em: <https://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-transmitidas-por-agua-e-alimentos/doc/toxinas/aflatoxinas.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2025.

SILVA, J. A.; SANTOS, L. S.; OLIVEIRA, M. C. Aspectos fitopatológicos da contaminação fúngica em culturas amazônicas: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Ciência dos Alimentos*, v. 25, n. 3, p. 145–160, 2022.

SILVA, M. A. et al. Exportação e mercado da pimenta-do-reino. *Análise Econômica*, v. 38, n. 2, p. 67-84, 2022.

SINGH, P., et al. (2021). Mucormycosis in COVID-19 patients: A review. *Mycoses*, 64(9), 1026–1037.

SOUZA, M. A.; SILVA, R. T.; FERREIRA, L. P. Contaminação fúngica em especiarias: riscos e medidas preventivas. *Revista Brasileira de Segurança Alimentar*, 2020.

TRIPATHI, P.; DUBEY, N. K. Exploração de produtos naturais de plantas como alternativas aos fungicidas. *Postharvest Biology and Technology*, v. 32, n. 3, p. 235-245, 2004.