

# FUNGICIDAS TRIAZÓLICOS AGRÍCOLAS E SEUS EFEITOS TÓXICOS EM HUMANOS: UMA REVISÃO

Ana Laura Lourenço Vieira Manzan<sup>1</sup>  
Júlia Wenzel Braga<sup>2</sup>  
Antônio Sérgio Nakao de Aguiar<sup>3</sup>

## RESUMO

Os fungicidas triazólicos, amplamente empregados na agricultura para o controle de fitopatógenos, apresentam riscos potenciais à saúde humana devido à sua capacidade de interferir em vias metabólicas conservadas entre fungos e mamíferos. Este estudo tem como objetivo revisar os efeitos tóxicos associados à exposição humana a triazóis agrícolas, destacando os órgãos-alvo mais frequentemente afetados. A metodologia consistiu em uma revisão narrativa a partir de artigos científicos indexados nas bases PubMed, SciELO e Google Scholar, incluindo estudos de toxicologia experimental, epidemiologia e análises de resistência fúngica. Os resultados evidenciaram que além de impactos ambientais e na microbiota do solo, os triazóis podem induzir resistência cruzada em *Aspergillus fumigatus*, comprometendo a eficácia de antifúngicos clínicos, além de provocar efeitos endócrinos, hepatotoxicidade e alterações neurológicas em humanos. Conclui-se que a intensificação do uso agrícola de triazóis constitui uma preocupação emergente para a saúde pública, exigindo monitoramento regulatório mais rigoroso, estratégias de mitigação de risco e incentivo a alternativas sustentáveis.

**Palavras-chave:** Fungicidas Triazólicos; Toxicidade Humana; Resistência Fúngica.

## INTRODUÇÃO

O uso de fungicidas desempenha papel essencial na manutenção da produtividade agrícola em escala mundial. Entre eles, os triazóis destacam-se como uma das classes mais aplicadas, representando aproximadamente 25% do mercado global. Seu mecanismo de ação está associado à inibição da enzima lanosterol 14 $\alpha$ -desmetilase, o que compromete a síntese de ergosterol, componente fundamental para a integridade da membrana fúngica.

Entretanto, essa via metabólica apresenta homologia com enzimas do citocromo P450 humano, favorecendo potenciais efeitos tóxicos, como hepatotoxicidade, alterações endócrinas e impactos sobre o sistema nervoso. Além disso, o uso intensivo de triazóis na agricultura tem sido relacionado ao surgimento de cepas resistentes de *Aspergillus fumigatus*, representando uma ameaça à eficácia de antifúngicos clínicos empregados no tratamento da aspergilose.

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Medicina, Universidade Evangélica de Goiás, analauralvm@gmail.com

<sup>2</sup> Graduanda do curso de Medicina, Universidade Evangélica de Goiás, juliiawenzell@gmail.com

<sup>3</sup> Doutor, Universidade Evangélica de Goiás, 0000-0001-9410-91, antonio.aguiar@docente.unievangelica.edu.br

Nesse contexto, compreender os riscos à saúde humana decorrentes da exposição a esses compostos torna-se fundamental, seja por contato ocupacional direto, ingestão de resíduos alimentares ou contaminação ambiental.

## **METODOLOGIA**

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão de literatura fundamentada em artigos científicos publicados entre 2010 e 2021, com enfoque em toxicologia humana, saúde pública e impactos ambientais relacionados ao uso de fungicidas triazólicos. As bases de dados consultadas foram PubMed, Google Acadêmico e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), priorizando publicações que abordassem tanto os efeitos tóxicos diretos em humanos quanto as repercussões ambientais com impacto indireto na saúde coletiva.

A análise concentrou-se na identificação dos principais compostos utilizados na agricultura, suas vias de toxicidade, os órgãos-alvo mais afetados e os riscos associados à resistência cruzada em patógenos humanos. Além disso, foram integrados dados provenientes de revisões sistemáticas, estudos experimentais e relatórios de vigilância sanitária, compondo uma visão abrangente e atualizada sobre o tema.

## **RESULTADOS**

A revisão identificou três eixos centrais de risco associados ao uso de fungicidas triazólicos. O primeiro refere-se à resistência cruzada em fungos patogênicos humanos, uma vez que compostos agrícolas como propiconazol, tebuconazol, difenoconazol e epoxiconazol apresentam alta similaridade estrutural com antifúngicos clínicos. Essa sobreposição favorece a resistência em *Aspergillus fumigatus*, microrganismo de relevância clínica cuja infecção está associada a elevadas taxas de mortalidade.

O segundo eixo envolve os efeitos tóxicos diretos em humanos. Estudos de toxicologia experimental demonstram que miclobutanil, propiconazol e triadimefon possuem potencial de disrupção endócrina, atuando sobre receptores estrogênicos,

androgênicos e tireoidianos. Além disso, foram relatados quadros de hepatotoxicidade e alterações neurológicas, como tremores e cefaleia, evidenciados tanto em modelos animais quanto em casos clínicos isolados.

Por fim, destaca-se o eixo relacionado aos impactos ambientais com repercussões sobre a saúde humana. Altas concentrações de triazóis no solo comprometem a microbiota e apresentam elevada persistência ambiental, o que amplia a possibilidade de exposição indireta por meio do consumo de alimentos e da contaminação da água.

**Tabela 1. Principais fungicidas triazólicos agrícolas e efeitos tóxicos em humanos**

Fungicida	Órgão-alvo principal	Efeitos tóxicos relatados	Evidência
Propiconazol	Fígado	Hepatotoxicidade, indução enzimática P450	Estudos in vivo
Tebuconazol	Endócrino / Reprodutivo	Alterações hormonais, redução da fertilidade	Estudos toxicológicos
Difenoconazol	Fígado e SNC	Hepatomegalia, neurotoxicidade leve	Modelos animais
Miclobutanil	Endócrino	Potencial disruptor endócrino (estrogênio/androgênio)	Ensaio HTS
Triadimefon	SNC / Endócrino	Alterações comportamentais, efeitos tireoidianos	Estudos de caso
Epoxiconazol	Fígado / Endócrino	Disfunção hepática, interação com CYP humano	Evidências in vitro

Fonte: O autor

## CONCLUSÃO

Os fungicidas triazólicos, embora indispensáveis à proteção agrícola, apresentam potenciais riscos significativos à saúde humana. A literatura evidencia que sua toxicidade está relacionada à capacidade de interagir com enzimas do citocromo P450 humano, provocando hepatotoxicidade e efeitos endócrinos, além de favorecer resistência cruzada em fungos patogênicos. Esses achados reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas ao uso racional de agrotóxicos, ao fortalecimento da

vigilância sanitária e ao estímulo ao desenvolvimento de alternativas menos nocivas. Estudos futuros devem aprofundar a avaliação de risco cumulativo, considerando não apenas a exposição ocupacional, mas também a ambiental e alimentar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SNELDERS, E.; et al. Fungicidas triazólicos podem induzir resistência cruzada a triazóis médicos em *Aspergillus fumigatus*. PLoS One, San Francisco, v. 7, n. 3, p. e31801, 2012.
2. BOWYER, P.; et al. Environmental fungicides and triazole resistance in *Aspergillus fumigatus*. Pest Management Science, Londres, v. 69, n. 2, p. 165-170, 2013.
3. TODA, M.; et al. Trends in agricultural triazole fungicide use in the United States, 1992–2016 and possible implications. Environmental Health Perspectives, Durham, v. 129, n. 5, p. 1-12, 2021.
4. FRIEDMAN, K. P.; et al. A predictive data-driven framework for endocrine prioritization: a triazole fungicide case study. Critical Reviews in Toxicology, Londres, v. 46, n. 9, p. 785-833, 2016.
5. ROMAN, D. L.; et al. Effects of triazole fungicides on soil microbiota and enzymatic activity: a review. Agriculture, Basel, v. 11, n. 893, p. 1-18, 2021.