

## TOXICIDADE DE FUNGICIDAS COMERCIAIS SOBRE OPERÁRIAS DE *Atta laevigata* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM BIOENSAIO DE INGESTÃO<sup>1</sup>

Manuela Silva Santos<sup>2</sup>, Beatriz Sousa Coelho<sup>4</sup>, Talytha Ravenna de Melo Souza<sup>4</sup>, Maria Eduarda Oliveira Rocha<sup>3</sup>, Mateus Pereira dos Santos<sup>4</sup>, Aline Silva<sup>5</sup>, Maria Aparecida Castellani<sup>6</sup>, Aldenise Alves Moreira<sup>6</sup>

### RESUMO

As formigas-cortadeiras do gênero *Atta* são consideradas uma das principais pragas agrícolas e florestais das regiões neotropicais, destacando-se pelos severos prejuízos econômicos. Atualmente, o controle baseia-se em iscas com sulfluramida ou fipronil, cujo uso é cada vez mais restrito, devido a riscos ambientais e à saúde. Este estudo teve como objetivo avaliar a toxicidade dos fungicidas iprodiona, fluazinam e flutriafol sobre operárias de *Atta laevigata* por ingestão em laboratório. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 11 tratamentos (três concentrações de cada fungicida, sulfluramida e controle) e três repetições, totalizando 33 parcelas. As análises foram conduzidas com curvas de sobrevivência de Kaplan-Meier, comparadas pelo teste de log-rank (Mantel-Cox), e a estimativa de  $TL_{50}$  por regressão não linear. As curvas revelaram diferenças significativas apenas para iprodiona a  $30 \mu\text{L mL}^{-1}$  ( $\chi^2 = 13,980$ ;  $p < 0,01$ ). Os valores de  $TL_{50}$  variaram de 40,35 a 110,49 h, com destaque para iprodiona, que apresentou efeito inseticida superior ao da sulfluramida e do controle. Apesar disso, a mortalidade máxima foi inferior a 50%, classificando os fungicidas como de baixa eficácia formicida. Esses resultados, alinhados a relatos prévios de toxicidade de fungicidas em saúvas, indicam que tais compostos apresentam potencial aditivo, mas com eficácia prática limitada, reforçando a necessidade de investigações complementares em campo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Attini*, Formigas-cortadeiras, controle químico, agrossistema, ação de ingestão.

## TOXICITY OF COMMERCIAL FUNGICIDES ON WORKERS OF *Atta laevigata* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) IN INGESTION BIOASSAYS

### ABSTRACT

Leaf-cutting ants of the genus *Atta* are among the most important agricultural and forestry pests in Neotropical regions, causing severe economic losses. Currently, control relies mainly on baits containing sulfluramid or fipronil, whose use is increasingly restricted due to environmental and health concerns. This study evaluated the toxicity of the fungicides iprodione, fluazinam, and flutriafol on *Atta laevigata* workers under laboratory conditions through ingestion bioassays. The experimental design was completely randomized, with 11 treatments (three concentrations of each fungicide, sulfluramid, and control) and three replicates. Survival analyses were performed using Kaplan–Meier curves compared by the log-rank (Mantel–Cox) test, and  $LT_{50}$  estimates were obtained by nonlinear regression. Significant differences were observed only for iprodione at  $30 \mu\text{L mL}^{-1}$  ( $\chi^2 = 13.980$ ;  $p < 0.01$ ).  $LT_{50}$  values ranged from 40.35 to 110.49

<sup>1</sup>Apoio financeiro: UESB e FAPESB

<sup>2</sup>Discente do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, CEP: 45083-900, Vitória da Conquista, BA.

<sup>3</sup>Discente do Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, CEP: 45083-900, Vitória da Conquista, BA.

<sup>4</sup>Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) – PPG Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, CEP: 45083-900, Vitória da Conquista, BA.

<sup>5</sup> Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESB, Brasil.

<sup>6</sup>Docente do Departamento de Fitotecnia e Zootecnia (DFZ) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, CEP: 45083-900, Vitória da Conquista, BA.

h, with iprodione showing greater insecticidal effect than sulfluramid and the control. Nevertheless, maximum mortality did not exceed 50%, classifying these fungicides as having low efficacy against leaf-cutting ants. These findings, consistent with previous reports of fungicide and plant extract toxicity to *Atta* species, indicate that such compounds may have additive effects but limited practical efficacy, highlighting the need for further field investigations.

**KEYWORDS:** *Attini*, leaf-cutter ants, chemical control, agro-system, ingestion and contact action.

## **INTRODUÇÃO**

As formigas-cortadeiras do gênero *Atta* (Fabricius, 1804), popularmente conhecidas como saúvas, constituem pragas de grande relevância agrícola e florestal, especialmente nas regiões neotropicais, onde são responsáveis por consideráveis prejuízos econômicos (BRITTO et al., 2016). Em plantações de *Pinus*, estimativas apontam perdas de até 21% no volume de madeira produzido, além de mortalidade de 31,2% das árvores (SCHERF et al., 2022). O ataque ocorre durante todo o ano, afetando brotações, flores, ramos e, sobretudo, folhas, cuja remoção compromete de forma significativa a capacidade fotossintética das plantas. O material vegetal coletado é utilizado para o cultivo do fungo simbiote *Leucoagaricus gongylophorus* (Basidiomycota: Agaricales), essencial para a alimentação da colônia.

A ampla distribuição dessas formigas no território brasileiro, associada à eussocialidade e ao polimorfismo das castas, contribui para sua elevada eficiência ecológica e dificulta as estratégias de manejo. A complexa organização social das saúvas, com castas especializadas, como jardineiras, operárias e soldados, garante a manutenção e a resiliência da colônia.

Atualmente, o controle baseia-se quase exclusivamente no uso de iscas formuladas com sulfluramida ou fipronil. Contudo, a utilização desses compostos vem sendo progressivamente limitada devido aos impactos adversos à saúde humana e ao meio ambiente. Nesse contexto, torna-se essencial a busca por alternativas sustentáveis, que combinem eficácia tóxica com menor risco ambiental. Entre as opções em investigação, destacam-se fungicidas e compostos naturais, como o timol, com potencial de ação sobre as formigas ou sobre o fungo simbiote.

Assim, considerando os aspectos discutidos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a toxicidade dos fungicidas iprodione, fluazinam e flutriafol sobre operárias de *Atta laevigata* por ingestão em laboratório.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local de realização e criação das colônias**

O estudo foi conduzido no Campo Experimental e no Laboratório de Mirmecologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Vitória da Conquista, BA. O material biológico foi obtido durante a revoada (outubro a dezembro), quando rainhas recém-fecundadas iniciam a escavação dos ninhos. Considerando que até 99,95% morrem na fase inicial de fundação (AUTUORI, 1950), entre 500 e 1000 rainhas foram coletadas para garantir taxa de sobrevivência de 5–10%.

As colônias foram mantidas em recipientes plásticos com fundo de gesso, interligados por tubos a compartimentos para fornecimento de substrato e descarte de resíduos. Receberam diariamente folhas frescas (*Acalypha* sp., *Eucalyptus* sp. e *Citrus* sp.), além de quirera de milho e aveia. Também foi usada dieta artificial adaptada de Nagamoto et al. (2004), conforme MAPA (2009), obtida a partir de laranjas desidratadas, moídas e misturadas a sacarose 10%.

### **Bioensaio – Toxicidade de fungicidas por ingestão**

Foram testados três fungicidas comerciais: fluazinam (inibe fosforilação oxidativa), iprodiona (atua na transdução osmótica) e flutriafol (inibe biossíntese de ergosterol) (FORCELINI, 1994). O delineamento foi inteiramente casualizado, com 11 tratamentos e três repetições (33 parcelas):

1. Iprodiona (20, 30, 40  $\mu$ L);
2. Fluazinam (20, 30, 40  $\mu$ L);
3. Flutriafol (20, 30, 40  $\mu$ L);
4. Sulfluramida 0,1%;
5. Água (controle).

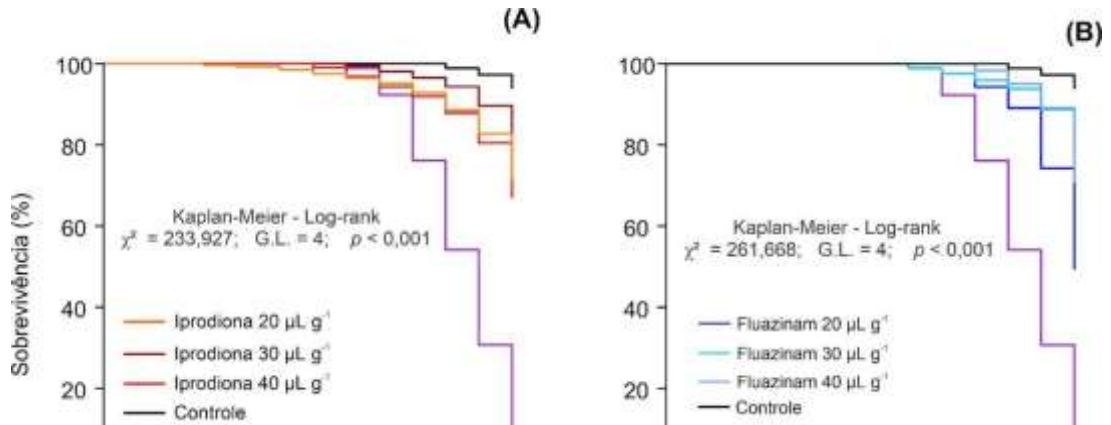
Cada repetição recebeu 10 operárias de *A. laevigata* (10–15 mg), totalizando 30 por tratamento. As dietas foram tratadas com as caldas (água destilada) e oferecidas (~1 g) sobre papel-alumínio em potes plásticos forrados com papel-filtro. Após 24 h de exposição, a dieta foi substituída por polpa cítrica pura.

As formigas foram mantidas em bandejas com paredes revestidas de talco e algodão umedecido, em ambiente controlado ( $25 \pm 1$  °C,  $70 \pm 10\%$  UR). A mortalidade acumulada foi registrada nos dias 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 14, 17 e 21 após a exposição inicial.

A análise estatística foi conduzida por meio do teste de log-rank (Mantel-Cox) aplicado às curvas de Kaplan-Meier, a fim de comparar a sobrevivência entre tratamentos. Para a estimativa de  $TL_{50}$ , utilizou-se análise de regressão não linear com ajuste de modelo de sobrevivência, incluindo cálculo de intervalos de confiança de 95%. Esses procedimentos são recomendados em estudos de toxicidade que avaliam mortalidade ao longo do tempo, garantindo maior robustez aos resultados.

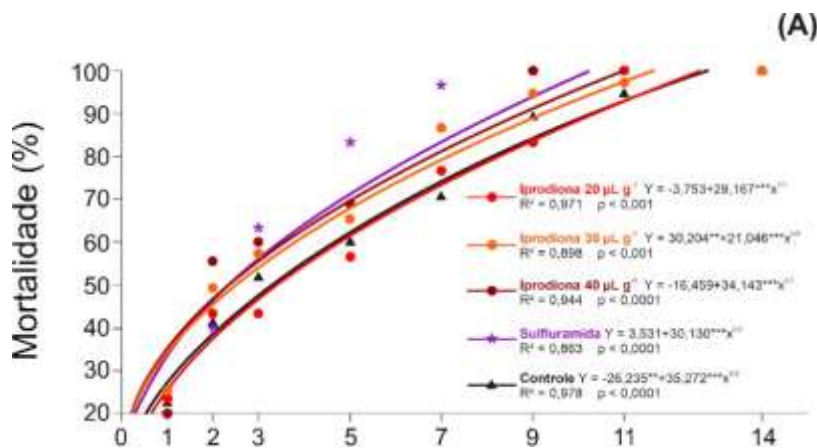
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de sobrevivência de operárias de *A. laevigata* expostas a fungicidas em bioensaio de ingestão apresentaram diferenças significativas (Figura 1). Para iprodiona, apenas a concentração de 30  $\mu\text{L mL}^{-1}$  diferiu do controle ( $\chi^2 = 13,980$ ;  $p < 0,01$ ), enquanto para fluazinam não houve distinções relevantes entre concentrações, sulfuramida e controle.



**FIGURA 1:** Curvas de sobrevivência de operárias de *Atta laevigata* expostas à Iprodiona (20, 30 e 40  $\mu\text{L}$ ) (A), fluazinam (20, 30 e 40  $\mu\text{L}$ ) (B), flutriafol (20, 30 e 40  $\mu\text{L}$ ) (C) em laboratório, conduzidos em bioensaio de ingestão.

As estimativas de Tempo Letal Mediano ( $TL_{50}$ ) confirmaram toxicidade em todos os tratamentos, variando de 40,35 a 110,49 h (Figura 2). Para iprodiona, os  $TL_{50}$  foram 80,86; 40,35 e 87,17 h, indicando maior efeito na concentração intermediária. Fluazinam apresentou valores entre 62,42 e 102,57 h, e flutriafol, entre 74,11 e 106,01 h. Sulfuramida e controle exibiram  $TL_{50}$  de 60,43 e 110,49 h, respectivamente.



**FIGURA 2:** Tempo Letal Mediano ( $TL_{50}$ ) de fungicidas Iprodiona 20  $\mu\text{L}$  (A), 30  $\mu\text{L}$  (B) e 40  $\mu\text{L}$  (C), fluazinam 20  $\mu\text{L}$  (D), 30  $\mu\text{L}$  (E) e 40  $\mu\text{L}$  (F), flutriafol 20  $\mu\text{L}$  (G) 30  $\mu\text{L}$  (H) e 40  $\mu\text{L}$  (I), sulfuramida (J) e controle (K) em operárias de *Atta laevigata* em bioensaio de ingestão. Área sombreadas representam Intervalo de Confiança (95%),  $\beta$  = intercepto da curva,  $n$  = número de operárias,  $TL_{50}$  = tempo letal necessário para matar 50% da população.

Os resultados sugerem efeito inseticida aditivo de alguns fungicidas, especialmente a iprodiona, pertencente ao grupo das dicarboxamidas. A concentração

de 30  $\mu\text{L mL}^{-1}$  apresentou  $\text{TL}_{50}$  inferior ao da sulfluramida e ao controle, reforçando potencial inseticida. Efeitos semelhantes já foram relatados para outros fungicidas em formigas, como a mistura piraclostrobina + metconazole em *Atta sexdens* (MEDEIROS, 2018).

Apesar disso, a mortalidade máxima obtida para os produtos avaliados foi inferior a 50%, o que, segundo critérios clássicos, classifica-os como de baixa eficácia formicida (STRINGER et al., 1964; LOFGREN et al., 1967; VANDER MEER et al., 1985). Esse padrão é comparável ao observado para extratos vegetais com atividade parcial sobre formigas cortadeiras, como *Aristolochia trilobata*, *Eugenia dysenterica*, *Sesamum indicum* e *Cedrela fissilis* (OLIVEIRA, 2015; FALEIROS et al., 2022), que também reduziram a sobrevivência, mas sem alcançar níveis letais para controle efetivo.

Assim, ainda que fungicidas possam apresentar efeitos adicionais sobre formigas cortadeiras, sua eficácia prática é limitada. Esses achados reforçam a necessidade de investigar novas moléculas ou combinações que conciliem seletividade, segurança ambiental e eficiência, ampliando alternativas para o manejo de *A. laevigata* e outras espécies do gênero *Atta*.

## CONCLUSÃO

Os fungicidas testados apresentaram toxicidade por ingestão, abrindo perspectivas para investigações mais profundas, especialmente quanto aos efeitos aditivos com outros ingredientes ativos, no comportamento social das colônias e na distribuição dos ingredientes ativos nos ninhos. No entanto, são necessários ensaios em colônias de laboratório e de campo para validar a aplicabilidade prática dessas substâncias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUTUORI, M. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta spp.*). Arquivos do Instituto Biológico, v. 20, p. 151–170, 1950.
2. BRITTO, J. S. et al. Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. *International Journal of Research in Environmental Studies*, v. 3, p. 11–92, 2016.
3. FALEIROS, T. S. et al. Toxicity of plant extracts against leaf-cutting ants: a sustainable alternative for pest management. *Industrial Crops and Products*, v. 185, p. 115205, 2022.
4. FORCELINI, C. A. Modo de ação de fungicidas. *Fitopatologia Brasileira*, v. 19, n. 4, p. 337–341, 1994.
5. LOFGREN, C. S.; WILLIAMS, D. F.; STRINGER, C. E. Control of imported fire ants with pesticides: evaluation of toxicants. *Journal of Economic Entomology*, v. 60, p. 1215–1220, 1967.

6. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Métodos de ensaio de produtos fitossanitários em formigas cortadeiras*. Brasília: MAPA, 2009.
7. MEDEIROS, Z. C. Efeito de fungicidas sobre formigas cortadeiras (*Atta sexdens*). Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 2018.
8. NAGAMOTO, N. S. et al. Dieta artificial para manutenção de colônias de formigas cortadeiras em laboratório. *Neotropical Entomology*, v. 33, p. 91–96, 2004.
9. OLIVEIRA, A. S. Potencial inseticida de extratos vegetais no controle de *Atta laevigata*. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 17, p. 102–110, 2015.
10. SCHERF, A. N. et al. Impact of a leaf-cutting ant (*Atta sexdens* L.) on a *Pinus taeda* plantation: a 6-year study. *Journal of Applied Entomology*, v. 146, n. 9, p. 1178–1184, 2022.
11. STRINGER, C. E. et al. Suppression of fire ant populations with bait toxicants. *Journal of Economic Entomology*, v. 57, p. 941–945, 1964.
12. VANDER MEER, R. K. et al. Formic acid in the defensive system of fire ants (*Solenopsis invicta*). *Annals of the Entomological Society of America*, v. 78, p. 37–41, 1985.