

EFEITO DA FORMULAÇÃO DE *BEAVERIA BASSIANA* NA COMPATIBILIDADE COM PRODUTOS QUÍMICOS

Luigi Wallace Correa da Rosa ¹

Susi Meire Maximino Leite ²

RESUMO

Este trabalho avalia a compatibilidade em placa de Petri entre o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* e diferentes produtos sintéticos que podem compor a calda de pulverização visando subsidiar estratégias de Manejo Integrado de Pragas (MIP). O experimento ocorreu no Laboratório de Química e Fitossanidade da FATEC Pompeia e no Laboratório de Microbiologia do Centro de Inovação Tecnológica da Alta Paulista (CITAP). A metodologia consistiu na incorporação individual do fertilizante Amino Plus, do fungicida Bendazol, do herbicida Cartago e do inseticida Saddler 350 SC ao meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA), onde o microrganismo foi inoculado. Com o objetivo de avaliar o efeito da formulação na viabilidade de agente de controle biológico, os testes se deram com propágulos de *Beauveria bassiana* e com a mesma cepa do fungo entomopatogênico formulado em Pó Molhável (WP). Observou-se que o uso de propágulos resultou em alta sensibilidade aos compostos químicos, expressando interações antagônicas severas com o fungicida e herbicida. Em contrapartida, a utilização da formulação em WP provavelmente atuou como um protetor físico-químico para o microrganismo em uma ocasião, convertendo um cenário de antagonismo no fertilizante em efeito sinérgico. Conclui-se que a tecnologia de formulação comercial é um fator determinante para a sobrevivência do agente biológico em calda de pulverização, tornando-se uma ferramenta indispensável para viabilizar de forma segura e eficiente a mistura de tanque no campo.

Palavras-chave: *Beauveria bassiana*, Mistura de tanque, Manejo Integrado de Pragas.

1 INTRODUÇÃO

A modernização da agricultura, aliada à crescente demanda por sistemas de produção sustentáveis, tem impulsionado a adoção do Manejo Integrado de Pragas (MIP), no qual o controle biológico ocupa posição central (CHANDLER et al., 2011; RAI et al., 2014). Entre os agentes biológicos empregados, destacam-se os fungos entomopatogênicos, especialmente *Beauveria bassiana*, amplamente utilizados devido à sua capacidade de infectar uma ampla gama de hospedeiros e à sua

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia, Pompeia-SP,

² Docente do curso Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Pompeia, Pompeia-SP.

versatilidade ecológica. Além disso, esses microrganismos podem atuar como endófitos em diferentes tecidos vegetais, ampliando seu potencial de aplicação (ALVES, 1998; BEHIE et al., 2015; GREENFIELD et al., 2016).

Entretanto, a pressão contínua exercida pelas pragas, somada ao surgimento de populações resistentes aos princípios ativos convencionais, torna o uso exclusivo de inseticidas químicos um desafio cada vez maior (LIU, 2015). Nesse contexto, a associação de agentes microbianos com defensivos químicos, por meio da chamada “mistura de tanque”, desponta como uma estratégia promissora. Tal prática permite otimizar as operações no campo, reduzir custos e, potencialmente, gerar efeitos sinérgicos no controle dos organismos-alvo (PELIZZA; SCORSETTI, 2015; SOUSA et al., 2024).

Apesar das vantagens operacionais, a viabilidade dessa prática depende estritamente da compatibilidade físico-química e biológica entre os produtos. Substâncias presentes em inseticidas e fungicidas, além de adjuvantes utilizados para melhorar a adesão e germinação dos propágulos fúngicos, podem exercer efeitos fungitóxicos, inibindo o crescimento vegetativo, a produção de propágulos e a viabilidade dos agentes de controle (NEVES et al., 2001; ARNOSTI et al., 2019). Estudos indicam que a resposta dos fungos entomopatogênicos varia significativamente de acordo com o grupo químico do defensivo e a linhagem do microrganismo testado (AKBAR et al., 2012; FARAJ et al., 2016).

Diante da relevância econômica e da ampla adoção de *Beauveria bassiana* no controle de pragas, a investigação laboratorial da compatibilidade dessas espécies com diferentes classes de defensivos torna-se um passo decisivo (TIAGO et al., 2014; YADAV et al., 2019). Avaliações em placa de Petri que mensuram a sobrevivência e a germinação desses fungos em contato com inseticidas e fungicidas são fundamentais para identificar combinações seguras que não comprometam o potencial infectivo do biológico (KHORASIYA et al., 2018; HALDER et al., 2021). Assim, o estudo detalhado dessas interações químicas é essencial para validar estratégias de manejo biointensivo e garantir a eficiência operacional no campo (SOUSA et al., 2024; MIDTHASSEL et al., 2016).

Diante da relevância do tema, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da forma de apresentação do agente biológico de controle *Beauveria bassiana*

(formulação pó molhável – WP ou propágulos) sobre a compatibilidade em placa de Petri entre o microrganismo e diferentes produtos que podem compor a calda de pulverização.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram executados em duas etapas distintas. A fase inicial foi conduzida nos Laboratórios de Química e de Fitossanidade da Fatec Pompeia. Subsequentemente, com a operacionalização de novas infraestruturas, as atividades remanescentes foram transferidas para o Laboratório de Microbiologia da Fatec Pompeia, alocado no Centro de Inovação Tecnológica da Alta Paulista (CITAP), em Pompeia-SP. Os ensaios de compatibilidade foram estruturados para avaliar o desenvolvimento dos microrganismos em meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA), contendo individualmente cada produto testado (Tabela 1). Os resultados obtidos foram comparados a um controle negativo, constituído exclusivamente pelo meio BDA sem adição de outros produtos.

Tabela 1 - Lista de produtos utilizados em teste de compatibilidade com o fungo *Beauveria bassiana* em meio de cultura.

Produto Comercial	Classe do produto	Ingrediente Ativo (i.a.)	Dose de p.c. (L/ha)	Dose em 250 mL (ml)
Amino Plus	Fertilizante Organomineral	-	2,00	3,33
Bendazol	Fungicida	Carbendazim	0,05 a 0,50	0,83
Cartago	Herbicida	Cletodim	0,40 a 0,80	1,33
Saddler 350 SC	Inseticida	Tiodicarbe + C.I. Solvent Red 49	2,50	4,20

Fonte: Autoria Própria

A aplicação dos produtos seguiu a dosagem recomendada em bula para cana de açúcar, baseada na taxa de aplicação de referência de 150 L ha⁻¹. A incorporação do produto ao meio de cultura foi realizada após o processo de esterilização do meio em autoclave, utilizando-se seringa graduada como dosadora, quando o meio atingiu temperatura próxima de 55°C. Para determinar a dose de produto ao meio de cultura, foi feita uma regra de três, utilizando a taxa de aplicação referência, a dose do produto comercial dada na bula e o frasco de Erlenmeyer de 250 mL de meio de cultura BDA.

Para os ensaios com propágulos, amostras do material biológico foram obtidas com o Instituto Biológico de São Paulo. A inoculação do fungo entomopatogênico

Beauveria bassiana foi realizada via técnica de discos. Utilizaram-se dois discos de meio de cultura (0,5 cm de diâmetro) contendo propágulo fúngico previamente desenvolvido, como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia utilizada para fazer avaliação de propágulos em placa de Petri, da ação de fertilizantes e defensivos químicos sobre *Beauveria Bassiana*



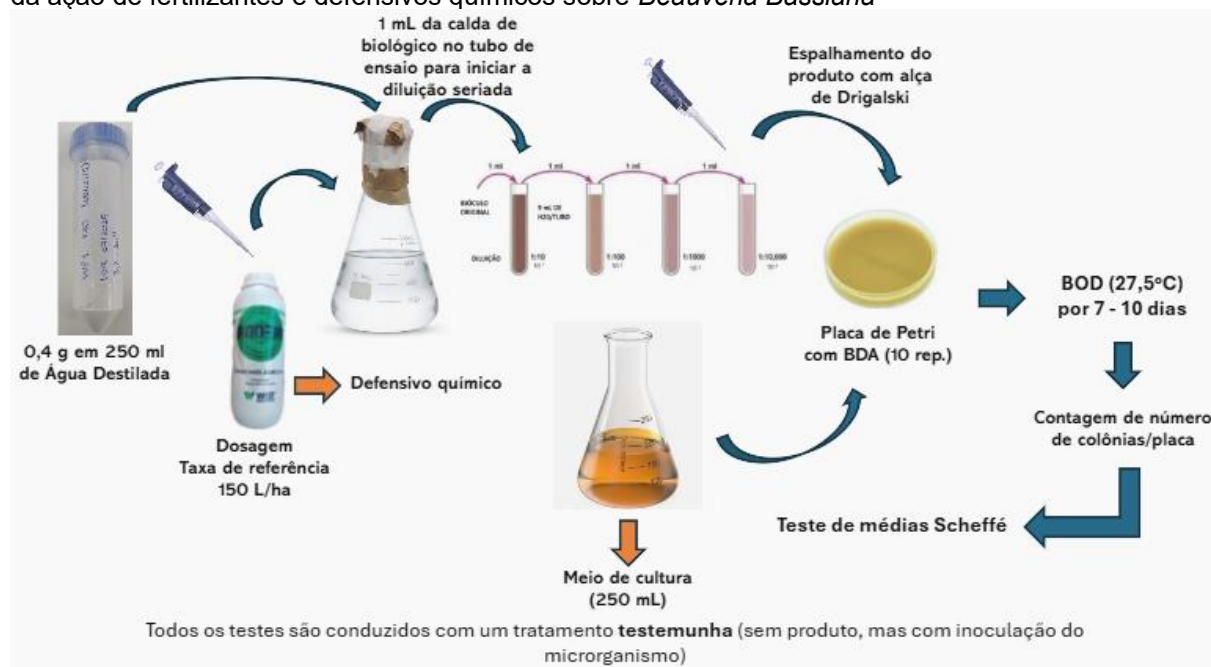
Fonte: Autoria Própria

A mesma cepa de propágulos utilizada no experimento anterior foi empregada para o preparo da formulação pela Universidade de Araraquara (UNIARA) na preparação da formulação do tipo WP (pó molhável) que posteriormente foi enviada para realização dos testes. Com a formulação em mãos, preparou-se uma suspensão em 250 mL utilizando água destilada esterilizada como veículo. Em seguida, procedeu-se à diluição seriada até 10^{-4} , realizada em recipientes com capacidade para 20 mL. Da diluição final, foram inoculados 0,5 mL em cada placa de Petri, utilizando-se seringa esterilizada de 1 mL. A suspensão foi distribuída uniformemente sobre o meio de cultura com auxílio de alça de Drigalski, conforme ilustrado na Figura 2.

Todos os procedimentos de manipulação microbiológica foram realizados em câmara de fluxo laminar previamente higienizada com etanol 70% e submetida à radiação ultravioleta (UV) por, no mínimo, 20 minutos. Após a inoculação, as placas de Petri foram incubadas em ambiente escuro, sob temperatura controlada de até 30

°C, por períodos de 5 a 7 dias para os propágulos e de até 10 dias para a formulação WP. Foram utilizadas 10 placas de Petri por tratamento como repetição.

Figura 2 - Fluxograma da metodologia utilizada para fazer avaliação em placa de Petri em formulação da ação de fertilizantes e defensivos químicos sobre *Beauveria Bassiana*



Fonte: Autoria Própria

A avaliação do desenvolvimento dos agentes de controle foi realizada por meio da contagem das unidades de crescimento de fungos formadas em cada placa de Petri, comparando-se os resultados com o grupo controle conforme a metodologia descrita por Alves et al. (1998).

As variações observadas foram estatisticamente validadas ($p < 0,05$) por meio da análise de variância (ANOVA), complementada pelo teste de comparações múltiplas de Scheffé e precedida pela verificação da normalidade dos dados com o teste de Shapiro-Wilk, utilizando-se o software Jamovi na versão 2.6.44. A interação entre os microrganismos e os produtos foram consideradas aditivas quando a análise estatística não revelou diferenças significativas em relação ao controle. O efeito foi classificado como antagonico quando a adição do defensivo químico resultou em redução significativa na unidade de crescimento de fungos, enquanto um aumento significativo deste parâmetro nas placas com o produto foi definido como efeito sinérgico. Posteriormente, diante dos valores das médias dadas pela a análise de

variância, foi realizada uma regra de três para obter a variação da unidade de crescimento de fungos no tratamento em relação a testemunha.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado um comportamento variável quanto as interações entre o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* e os produtos testados, variando significativamente entre efeitos aditivos, antagônicos e sinérgicos. Enquanto alguns ativos promoveram o crescimento vegetativo e a proliferação do fungo, outros demonstraram elevada toxicidade, evidenciando que a natureza química dos aditivos e emulsificantes presentes nas formulações é determinante para a viabilidade do biopesticida em misturas de tanque (PESSOA et al., 2020).

Os testes realizados com propágulos isolados revelaram uma suscetibilidade acentuada a determinados produtos, resultando em respostas antagônicas. O uso da formulação WP demonstrou um padrão de estabilidade superior, convertendo interações anteriormente nocivas ao agente de controle em efeito puramente sinérgico. Essa divergência inicial evidencia o papel determinante da tecnologia de formulação na proteção do microrganismo frente ao choque químico direto dos defensivos e fertilizantes testados (Tabela 2).

Tabela 2 - Variação da média da unidade crescimento de fungos obtidas entre tratamento e controle do efeito obtido para cada produto testado, tanto para propágulos quanto para a formulação da mesma cepa de *Beauveria bassiana* em Pó Molhável.

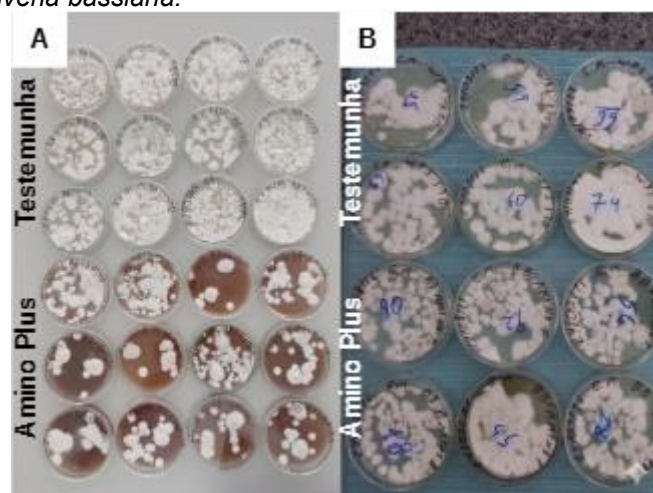
Produto Comercial	Classe do produto	Metodologia de Propágulos			Formulação WP		
		Média (%)*	Tipo de Efeito	p-Valor	Média (%)*	Tipo de Efeito	p-Valor
Amino Plus	Fertilizante	-75	Antagônico	0.007	25,96	Sinérgico	0.010
Bendazol	Fungicida	-57,92	Antagônico	0.001	-33,70	Antagônico	<0.001
Cartago	Herbicida	-12,51	Aditivo	0.430	-40,42	Antagônico	0.003
Saddler 350 SC	Herbicida	-83,69	Antagônico	0.002	-12,80	Antagônico	0.038

Nota: (*) Média relativa da unidade de crescimento de fungos em placas de Petri entre tratamento e testemunha, dado em percentual

Fonte: Autoria Própria.

A análise comparativa entre as formas de apresentação do agente biológico de controle revelou que a formulação WP conferiu notável proteção ao microrganismo em alguns casos (Figura 3). Enquanto a exposição direta dos propágulos resultou em antagonismo frente a parte dos tratamentos, a formulação WP apresentou um efeito sinérgico, enquanto os demais produtos apresentaram antagonismo. Esse comportamento sugere que os componentes inertes e protetores presentes na tecnologia de pó molhável atuam como um tampão físico-químico, mitigando o choque tóxico inicial dos defensivos. Tal resultado corrobora a viabilidade da mistura em tanque discutida por Pelizza & Scorsetti (2015) e Sousa et al. (2024), demonstrando que a integração operacional no campo depende diretamente da resiliência da formulação biológica.

Figura 3 - Análise comparativa entre as formas de apresentação do agente biológico de controle em propágulos e formulação WP do experimento feito com o fertilizante Amino Plus e o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*.



Fonte: Autoria Própria.

A análise específica das classes de defensivos demonstra que o fungicida Bendazol e o inseticida Saddler 350 SC exerceram efeitos antagônicos severos sobre o desenvolvimento de *B. bassiana*, independentemente da metodologia adotada (Figura 4). A forte inibição frente a essas moléculas alinha-se à literatura, uma vez que tais produtos químicos frequentemente interrompem rotas metabólicas vitais para a germinação e o crescimento vegetativo dos propágulos (NEVES et al., 2001; AKBAR et al., 2012). A ineficácia da formulação WP em proteger o microrganismo contra

esses produtos sugere que a toxicidade intrínseca dos ingredientes ativos ou até mesmo dos solventes presentes em suas composições supera o efeito tampão conferido pelos compostos inertes do pó molhável.

Figura 4 - Desenvolvimento da *Beauveria bassiana*, em propágulos, no meio BDA e na presença do inseticida Saddler 350 SC, mostrando semelhança de resposta entre os tratamentos (efeito antagônico).



Fonte: Autoria Própria.

Por outro lado, a interação com o fertilizante Amino Plus evidenciou o potencial biotecnológico da formulação comercial de forma positiva. Ao passo que o contato direto do fertilizante com os propágulos causou inibição (efeito antagônico), a associação com a formulação WP promoveu um expressivo efeito sinérgico. Essa conversão de resposta indica que a matriz protetora do pó molhável não apenas mitigou o choque químico inicial do fertilizante, mas possivelmente permitiu que o fungo metabolizasse os nutrientes do produto, estimulando seu desenvolvimento vigoroso. Interações sinérgicas dessa natureza são de extrema relevância agrônoma, pois potencializam a eficiência do controle biológico no campo e otimizam operações integradas (HALDER et al., 2021).

Em relação ao herbicida Cartago, observou-se uma divergência metodológica importante, enquanto a exposição direta dos propágulos resultou em compatibilidade (efeito aditivo), a utilização da formulação WP gerou uma resposta antagônica (Figura 5). Esse comportamento sugere uma tolerância intrínseca dos propágulos não formulados aos compostos do herbicida, fenômeno que corrobora a premissa de Faraji et al. (2016) sobre a variabilidade de adaptação das linhagens fúngicas a diferentes

grupos químicos. O antagonismo verificado exclusivamente na formulação comercial WP pode indicar uma incompatibilidade físico-química deletéria entre a formulação do biológico e os componentes do herbicida, reforçando que adjuvantes e inertes também podem desencadear efeitos fungitóxicos imprevisíveis na calda de aplicação (ARNOSTI et al., 2019).

Figura 5 - Desenvolvimento da *Beauveria bassiana*, em formulação de pó molhável, em meio BDA puro e na presença do herbicida Cartago demonstrando semelhança entre os tratamentos (efeito aditivo).



Fonte: Autoria Própria.

A expressiva variação de compatibilidade entre as duas formas de inoculação reafirma a necessidade incontestável dos ensaios laboratoriais in vitro como etapa de triagem e segurança (KHORASIYA et al., 2018; YADAV et al., 2019). Os dados provam estatisticamente que a viabilidade da mistura em tanque não pode ser generalizada. O sucesso prático exige avaliações específicas para cada combinação de agente biológico, tecnologia de formulação e agroquímico, garantindo que as estratégias do Manejo Integrado de Pragas (MIP) sejam executadas com máxima eficiência e sem comprometer a integridade dos microrganismos introduzidos no sistema (CHANDLER et al., 2011; MIDTHASSEL et al., 2016).

É importante lembrar que ensaios em placas de Petri não necessariamente representam os resultados obtidos em campo, uma vez que as variáveis não controladas se ampliam consideravelmente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste estudo evidenciam que a compatibilidade de *Beauveria bassiana* com insumos agrícolas depende da interação direta entre a natureza química do produto e a tecnologia de formulação do fungo. Defensivos altamente tóxicos, como o fungicida Bendazol e o inseticida Saddler 350 SC, inviabilizam o desenvolvimento do microrganismo independentemente do método de inoculação.

Em contrapartida, os componentes da formulação em pó molhável (WP) demonstraram efeitos contrastantes: converteram o antagonismo do fertilizante Amino Plus em um expressivo sinergismo, mas geraram incompatibilidade físico-química com o herbicida Cartago, que se mostrou compatível apenas na forma de propágulos isolados.

Conclui-se, portanto, que não existe uma regra universal para a mistura de tanque. A viabilidade operacional exige a realização de testes em placa de Petri prévios e específicos para cada combinação de cepa, formulação e ingrediente ativo, etapa imprescindível para garantir o sucesso e a segurança das estratégias de Manejo Integrado de Pragas (MIP) no campo.

REFERÊNCIAS

- AKBAR, S. et al. **Compatibility of *Metarhizium anisopliae* with different insecticides and fungicides.** African Journal of Microbiology Research, v. 6, p. 3956-3962, 2012.
- ALVES, S. B. (ed.). **Controle Microbiano de Insetos.** Piracicaba: FEALQ, 1998a. cap. 8, p. 217-238.
- ARNOSTI, A. et al. **Interactions of adjuvants on adhesion and germination of *Isaria fumosorosea* on adults of *Diaphorina citri*.** Scientia Agricola, Piracicaba, v. 76, n. 6, p. 487-493, Nov./Dec. 2019.
- BEHIE, S. W.; JONES, S. J.; BIDOCHKA, M. J. **Plant tissue localization of the endophytic insect pathogenic fungi *Beauveria* and *Metarhizium*.** Fungal Ecology, v. 13, p. 112-119, 2015.
- CHANDLER, D. et al. **The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management.** Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 366, p. 1987-1998, 2011.
- FARAJI, S.; SHADMEHRI, A. D.; MEHRVAR, A. **Compatibility of**

entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* with some pesticides. Journal of Entomological Society of Iran, v. 36, p. 137-146, 2016.

GREENFIELD, M. et al. *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* endophytically colonize cassava roots following soil drench inoculation. Biological Control, v. 95, p. 40-48, 2016.

HALDER, J.; MAJUMDER, S.; RAI, A. B. Compatibility and combined efficacy of entomopathogenic fungi and neonicotinoid insecticides against *Myzus persicae* (Sulzer): an ecofriendly approach. ENTOMOLOGIA HELLENICA, v. 30, p. 24-32, 2021.

KHORASIYA, S. G. et al. Compatibility of *Beauveria bassiana* with different insecticides. International Journal of Chemical Studies, v. 6, p. 556-558, 2018.

LIU, N. Insecticide resistance in mosquitoes: impact, mechanisms, and research directions. Annual Review of Entomology, v. 60, p. 537-559, 2015.

MIDTHASSEL, A.; LEATHER, S. R.; WRIGHT, D. J. Compatibility of *Amblyseius swirskii* with *Beauveria bassiana*: two potentially complimentary biocontrol agents. BioControl, v. 61, p. 437-444, 2016.

NEVES, P. M. O. J. et al. Compatibility of entomopathogenic fungi with neonicotinoid insecticides. Neotropical Entomology, v. 30, n. 2, p. 263-268, 2001.

PELIZZA, S. A.; SCORSETTI, A. C. Compatibility between entomopathogenic fungi and biorational insecticides in toxicity against *Ronderosia bergi* under laboratory conditions. BioControl, v. 60, p. 81-91, 2015.

PESSOA, L.G.A, Souza, T.M.N., Loureiro, E. de S. Compatibilidade de inseticidas utilizados no manejo de pragas em eucalipto com *Beauveria bassiana* (Cordycipitaceae). Research, Society and Development. 9. 10.33448/rsd-v9i8.5148. 2020.

RAI, A. B. et al. Eco-friendly Approaches for Sustainable Management of Vegetable Pests. Varanasi: IIVR, 2014a. 104 p. (IIVR Technical Bulletin, n. 53).

SOUSA, F. C. et al. Desenvolvimento in vitro de agentes de controle biológico em mistura com diferentes agroquímicos. Pompeia, SP: FATEC Pompeia, 2024. 12 p.

TIAGO, P. V.; OLIVEIRA, N. T.; LIMA, E. Á. L. A. Biological insect control using *Metarhizium anisopliae*: morphological, molecular, and ecological aspects. Ciência Rural, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 645-651, abr. 2014.

YADAV, D. S. et al. Compatibility of insecticides with *Metarhizium brunneum* (Petch) and *Beauveria bassiana* (Bals.) for bio-intensive management of pink mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) in grapes. Journal of Biological Control, v. 33, n. 3, p. 253-263, 2019.