

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

MARIA LUIZA FERREIRA CAETANO

EFICÁCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE *Anthonomus grandis* BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Uberlândia

2024

MARIA LUIZA FERREIRA CAETANO

EFICÁCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE *Anthonomus grandis* BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Entomologia

Orientador: Marcus Vinicius Sampaio

Uberlândia

2024

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C128 2024	Caetano, Maria Luiza Ferreira, 2000- EFICÁCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGENICOS NO CONTROLE DE <i>Anthonomus grandis</i> BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) [recurso eletrônico] / Maria Luiza Ferreira Caetano. - 2024. Orientador: Marcus Vinicius Sampaio. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia. 1. Agronomia. I. Sampaio, Marcus Vinicius, 1971-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Agronomia. III. Título. CDU: 631
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

MARIA LUIZA FERREIRA CAETANO

EFICÁCIA DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE *Anthonomus grandis* BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Entomologia

Uberlândia, 02 de maio de 2024.

Banca Examinadora:

Marcus Vinicius Sampaio - Professor (UFU)

Camila Garcia Dutra Finotti - Doutoranda (UFU)

Ricardo Ferreira Domingues - Doutorando (UFU)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por conceder-me força, determinação e sabedoria ao longo da minha jornada acadêmica, permitindo-me concluir com êxito o curso de Agronomia.

À minha família, em especial aos meus pais, Kênia Aparecida Ferreira e Olímpio Jeremias Caetano, por todo o esforço em me proporcionar as melhores oportunidades para minha formação pessoal e acadêmica, e aos meus avós, Jamiro Urias Ferreira e Maria Ferreira Branquinho, por todo o apoio e incentivo.

Ao professor Marcus Vinícius Sampaio, pela orientação no trabalho de conclusão de curso, bem como por sua dedicação ao ensino.

Ao professor Adão Ferreira Siqueira, por ter disponibilizado o laboratório de microbiologia e contribuído com seu conhecimento na área.

Agradeço ao Leonardo Lucas Fernandes Neri, pela parceria e ajuda ao longo da graduação e no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também à Jade, colega de faculdade e então estagiária do laboratório, que me auxiliou na instalação do experimento.

Além disso, agradeço à Mariana Abreu e à Algar Farming pela colaboração neste estudo e pelo fornecimento dos produtos biológicos

RESUMO

O controle biológico é uma importante ferramenta para integrar o manejo de pragas nas lavouras, sendo os fungos entomopatogênicos agentes de destaque no controle de insetos em diversas culturas agrícolas. Isolados de fungos das espécies *Beuveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* demonstram eficácia e possuem registro para controle das principais ordens e famílias de insetos que acometem culturas de importância econômica. Contudo, para o bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), praga de maior importância nos cultivos de algodão (*Gossypium sp.*) do Brasil, encontram-se poucos produtos biológicos registrados junto ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). O objetivo deste trabalho foi testar em laboratório a eficácia de produtos comerciais a base de isolados dos fungos *B. bassiana* isolado IBCB 66 (Tec Withe®), *M. anisopliae* isolado IBCB 425 (Tec Finish®) e *I. fumosorosea* isolado cepa ESALQ-1296 (Octane®) no controle de adultos de *A. grandis*. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, controle (água destilada) e três produtos comerciais a base de *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *I. fumosorosea*, e sete a oito repetições. Adultos do bicudo-do-algodoeiro foram imersos em solução contendo um dos produtos comerciais ou água destilada por cinco segundos e mantidos em placas de Petri com dieta artificial. Em cada placa foram adicionados 10 adultos do bicudo-do-algodoeiro. A ocorrência de insetos mortos foi verificada aos dois dias após a aplicação (DAA) do produto, e o número de insetos mortos foi avaliado aos seis, sete, nove e 12 DAA. As médias obtidas nas avaliações foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey à 5%. Com dois DAA foi observada mortalidade apenas dos insetos tratados com *I. fumosorosea* cepa ESALQ1296 (sem avaliação estatística). Houve maior mortalidade de *A. grandis* pelo produto a base de *I. fumosorosea* cepa ESALQ-1296 (68,57 a 74,30%) do que nos demais tratamentos (11,43 a 20,00%) aos seis, sete, nove e 12 DAA. A mortalidade do bicudo-do-algodoeiro tratado com os produtos a base de *B. bassiana* isolado IBCB 66 e *M. anisopliae* isolado IBCB 425 não se diferenciaram do controle em nenhuma das avaliações. Dos fungos testados, o produto a base de *I. fumosorosea* cepa ESALQ-1296 foi eficaz no controle de adultos de *A. grandis*, causando mortalidade 48 horas após a aplicação do produto e com percentual de mortalidade superior ao controle nas condições testadas, podendo ser uma ferramenta para compor o manejo do bicudo-do-algodoeiro.

Palavras-chave: Controle biológico. Controle microbiano. Bicudo-do-algodoeiro.

ABSTRACT

Biological control is an important tool for integrated pest management in crops, with entomopathogenic fungi being prominent agents in controlling insects in various agricultural crops. Isolates from fungi species such as *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Isaria fumosorosea* demonstrate efficacy and have registration for controlling the major orders and families of insects affecting economically important crops. However, for the cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*), a major pest in cotton (*Gossypium sp.*) cultivation in Brazil, there are few biological products registered with the Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply. The objective of this study was to test the laboratory efficacy of commercial products based on isolates of the fungi *B. bassiana* IBCB 66 (Tec Withe®), *M. anisopliae* IBCB 425 (Tec Finish®), and *I. fumosorosea* ESALQ-1296 (Octane®) in controlling *A. grandis*. A completely randomized design was used with four treatments: control (distilled water) and three commercial products Tec Withe®, Tec Finish®, and Octane® with seven to eight replications. Cotton boll weevil adults were immersed in a solution containing one of the commercial products or distilled water for five seconds and kept in Petri plates with artificial diet. Ten cotton boll weevil adults were added to each plate. The mortality rate of insects was evaluated at two, six, seven, nine, and 12 days after application (DAA) of the product. The means obtained in the evaluations were subjected to analysis of variance and compared by Tukey's test at 5%. At two DAA, mortality was observed only in insects treated with Octane® (without statistical evaluation). There was higher mortality of *A. grandis* by the Octane® product (68.57% to 74.30%) than in the other treatments (11.43% to 20.00%) at six, seven, nine, and 12 DAA. The mortality of cotton boll weevil treated with Tec Withe® and Tec Finish® did not differ from the control in any of the evaluations. Among the tested products, Octane® was effective in controlling *A. grandis* adults, causing mortality 48 hours after the application of the product and with a mortality percentage higher than the control under the tested conditions, making it a potential tool for cotton boll weevil management.

Keywords: Biological control. Microbiologic Control. Cotton boll weevil.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	MIP e controle biológico	14
2.2	Fungos entomopatogênicos	14
2.3	Beauveria bassiana	15
2.4	Metarhizium anisopliae.....	15
2.5	Isaria fumosorosea.....	16
2.6	Mecanismo de ação dos fungos entomopatogênicos	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
4	RESULTADOS	21
5	DISCUSSÃO	23
6	CONCLUSÃO.....	25

1 INTRODUÇÃO

Visando atender a crescente demanda por alimentos fez-se necessário adotar sistemas intensivos de agricultura, de modo que a sucessão de culturas e extensas áreas de monocultivo colaborassem para a maior ocorrência de pragas nas lavouras. Com isso, a partir do século XX, o uso de defensivos químicos para o controle de pragas intensificou-se (POPP et al., 2013; PARRA, 2014). O emprego indevido, e por vezes excessivo, de produtos químicos era insustentável, fazendo surgir, no final da década de 1950, o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que propõe utilizar diferentes métodos de forma racional para o promover o controle de pragas agrícolas (PARRA, 2014). Dentre os métodos de controle que integram o MIP tem-se o controle biológico, no qual a regulação de uma população de pragas ocorre por meio da ação de uma outra população, composta por inimigos naturais (REIS, 2018).

Os fungos entomopatogênicos compõem o grupo dos microrganismos de controle biológico, juntamente com bactérias e vírus, que recebem essa denominação por causarem patologias levando a morte dos insetos (SHAH; PELL, 2003). Esses fungos podem ser frequentemente encontrados em epizootias sob populações de insetos, há registro de mais de 700 espécies de fungos que são entomopatógenos naturais. Com incidência em diferentes ordens de insetos praga, como Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, entre outras (KHAN et al., 2012; LACEY et al. 2015).

Além do amplo espectro de ação, os fungos entomopatogênicos são capazes de infectar o hospedeiro em todos os estádios de desenvolvimento, tendo alta capacidade de multiplicação e dispersão no ambiente, características estas favoráveis ao uso desses agentes biológicos. Além disso, esses fungos não são patogênicos à mamíferos, o que confere maior segurança na aplicação dessa ferramenta de controle (ALVES et al., 2008, LACEY et al., 2015). Atualmente, as espécies *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* são relatadas entre as mais estudadas e empregadas nas formulações de produtos para controle de pragas na agricultura (LITWIN; NOWAK, RÓŻALSKA, 2020). No Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) encontram-se registrados diversos produtos a base desses entomopatógenos, que podem ser utilizados para o controle de diferentes pragas em variadas culturas (BRASIL, 2024).

Contudo, para algumas culturas e pragas de grande importância econômica ainda há escassez de produtos microbiológicos registrados. Como, por exemplo, o bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), praga de maior importância na cotonicultura, para o qual existem poucos produtos microbiológicos disponíveis. Sendo que dentre as espécies *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *I. fumosorosea*, até o momento, encontra-se

apenas um produto a base de *B. bassiana* (isolado Simbi BB 15) com registro para o controle de *Anthonomus grandis* (BRASIL, 2024). Os fungos entomopatogênicos, em sua maioria, agem por contato (FONTES et al., 2020) e as larvas do bicudo-do-algodoeiro vivem em galerias no interior das maçãs do algodoeiro (GABRIEL, 2016), o que, praticamente, impossibilita o uso desses microrganismos no controle de fases jovens de *A. grandis*. Já os adultos deste inseto são considerados pouco ágeis, por não se dispersarem a longas distâncias através do voo (MCKIBBEN et al., 1991) e quando encontram boa disponibilidade de alimento apresentam dispersão reduzida, habitualmente locomovem-se sob as estruturas reprodutivas do algodoeiro (ARRUDA et al., 2020). Desta forma, o uso de fungos entomopatogênicos, desde que com isolados eficazes, pode ser considerado para o controle de adultos do bicudo-do-algodoeiro.

Considerando a importância econômica da cultura do algodão no Brasil e ameaça à produtividade representada pela praga *A. grandis*, buscam-se métodos que possam integrar o manejo da praga. De forma a proporcionar um controle eficiente, reduzindo o risco de seleção de populações resistentes, assim configurando um método sustentável. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar, em condições de laboratório, o desempenho de produtos comerciais a base de fungos entomopatogênicos na mortalidade de adultos do bicudo-do-algodoeiro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MIP e controle biológico

O MIP é composto por pilares que representam os métodos de controle químico, genético, cultural, comportamental e biológico (PARRA, 2014), os quais são baseados nas condições do ambiente, níveis de controle e monitoramento da população da praga, considerando taxonomia, biologia e ecologia.

O controle biológico é um fenômeno que ocorre de forma natural quando se tem a regulação de uma população devido a ação de outra população. Existem três classificações para esse método, o controle biológico clássico, que utiliza inimigos naturais exóticos, vindos de um país ou região biogeográfica e inseridos em outra; controle biológico de conservação, aquele em que se utiliza medidas para preservação dos inimigos naturais de um agroecossistema, com práticas agrícolas favoráveis à manutenção dos inimigos naturais já presentes; e controle biológico aumentativo, que é feito por meio da liberação inundativa ou inoculativa de inimigos naturais provenientes de criação massal em laboratório (FONTES et al., 2020; TOGNI et al., 2021; PARRA, 2014).

Conhecendo o mercado internacional, que torna-se cada vez mais exigente em relação à sustentabilidade na produção de commodities, o controle biológico configura uma alternativa para atender as exigências desse mercado (SOARES et al., 2009).

2.2 Fungos entomopatogênicos

Os fungos patogênicos aos insetos podem ser empregados no controle de pragas que atacam a parte aérea por meio da pulverização de conídios, através de formulados que contêm aditivos, espalhantes e adesivos. Para controlar pragas de solo realiza-se a inoculação direta ou por meio de veículos inertes ou nutritivos com os propágulos fúngicos (JACKSON; JARONSKI, 2008; LACEY et al., 2015).

Além da capacidade de colonizar uma vasta gama de espécies, a maioria dos fungos entomopatogênicos são especializados em realizar a penetração via tegumento, processo mais vantajoso se comparado à penetração via oral realizada por outros grupos de entomopatógenos (SHAH; PELL, 2003).

Esses patógenos podem ser encontrados em diferentes classes do reino Fungi, a maioria das espécies pertence às classes Zygomycota, Ascomycota havendo também importantes entomopatógenos em Chytridiomycota e Oomicetos (REIS, 2018). Dentre os produtos comerciais classificados como mico-inseticidas ou mico-acaricidas, a maior parte tem como

base os gêneros *Beauveria* spp, *Metarhizium* spp., *Isaria* spp. e *Lecanicillium* spp. (JACKSON; JARONSKI, 2008; FARIA; WRIGHT, 2007;). Destacando-se as espécies *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* como as mais utilizadas no controle de insetos, ao redor do mundo (BARON et al., 2019).

Embora sejam considerados fungos generalistas, estudos que selecionaram diferentes isolados de uma mesma espécie demonstram diferentes graus de virulência e especificidade quanto aos hospedeiro (MOREIRA et al., 2017).

2.3 *Beauveria bassiana*

Relatado pela primeira vez em 1835, *B. bassiana* foi inicialmente observado causando doença no bicho-da-seda (*Bombyx mori*) (ZIMMERMANN, 2007). O fungo *B. bassiana* pertencente ao filo Ascomycota, apresenta colônias brancas, amareladas ou avermelhadas. O gênero *Beauveria* é caracterizado por fungos generalistas, sem especificidade de hospedeiro, e muitas vezes encontrados sob insetos, em várias espécies de plantas ou no solo, com ocorrência cosmopolita (ALVES, 1998; VEGA; POSADA, 2008; MEYLING et al., 2006). Entre as espécies do gênero, *B. bassiana* é a que possui maior dispersão, sendo comumente encontrada infectando insetos em regiões temperadas e tropicais ao redor de todo o globo. A espécie já foi registrada como patogênica às ordens Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera, Orthoptera, Hymenoptera, Blatodea, Mantodea e Thysanoptera (MACLEOD, 1954; LEATHERDALE, 1970; ZIMMERMANN, 2007).

2.4 *Metarhizium anisopliae*

O gênero *Metarhizium* teve seu primeiro registro em 1870, na ocasião em que se realizava um estudo de controle microbiano, o fungo foi notado infectando larvas de *Anisopliae austriaca* (Coleoptera: Scarabaeidae). Já em 1883, *M. anisopliae* foi classificado por Sorokin e a partir de então passou a ser utilizado no controle de pragas (ALVES, 1998; ZIMMERMANN, 2007).

Metarhizium anisopliae é um fungo anamorfo que pertence ao filo Ascomycota, normalmente, suas colônias apresentam coloração acinzentada. Durante a colonização do hospedeiro, esses fungos produzem metabólitos secundários, como as enzimas deuteróxinas que alteram o fluxo de íons de cálcio e a fosforilação de proteínas, e causam supressão da imunidade do inseto, assim acelerando a morte do hospedeiro (ALVES, 1998; PEDRAS et al., 2002).

Geralmente, *M. anisopliae* é encontrado em culturas tropicais, em áreas com temperaturas elevadas, nas camadas sub-superficiais do solo (ZIMMERMANN, 2007). É um dos agentes entomopatogênicos mais utilizados em todo o mundo, podendo infectar mais de 200 espécies de insetos (MAGALHAES, 2001; ONDIAKA et al., 2008; KHAN et al., 2012).

2.5 *Isaria fumosorosea*

Os fungos do gênero *Isaria*, pertencentes à família Cordycipitaceae, destacam-se no controle biológico frequentemente causando epizootias naturais em coleópteros, lepidópteros, hemípteros e ortópteros (ALVES, 1998).

A espécie *I. fumosorosea* foi descrita pela primeira vez em 1904 na Ucrânia, como *Paecilomyces fumosorosea*, infectando o gorgulho da beterraba. *Isaria fumosorosea* é um fungo conhecido por sua complexidade, devido a alta variabilidade entre os isolados dessa espécie. Com distribuição cosmopolita, esse entomopatógeno pode ser encontrado em plantas, no solo e até mesmo no ar (ZIMMERMANN, 2008).

Os isolados do fungo *I. fumosorosea* são provenientes de cerca de 40 espécies de artrópodes, distribuídas em 10 diferentes ordens. Dentre os organismos susceptíveis relatam-se gorgulhos, besouros de solo e parte aérea, pulgões, mosca branca, psilideos, vespas, cupins, trips e diversas mariposas (HOY; SINGH; ROGERS, 2010).

A colônia de *I. fumosorosea* tem rápido crescimento e apresenta micélio de coloração branca que pode variar para rosa ou púrpura. Os conídios dessa espécie são de formato cilíndrico a fusiforme (ZIMMERMANN, 2008).

2.6 Mecanismo de ação dos fungos entomopatogênicos

A maioria dos fungos entomopatogênicos apresentam o mesmo mecanismo de ação sob seus hospedeiros, passando pelas etapas de fixação e germinação do esporo, penetração e desenvolvimento do fungo no interior do hospedeiro (SAMSON et al., 1988).

Normalmente, os fungos infectam seus hospedeiros de forma percutânea sendo as áreas mais finas da cutícula e não esclerotizadas mais suscetíveis a penetração dos fungos (SCHMID-HEMPEL, 2005). Havendo, por exemplo, muitos relatos de infecções pela cavidade bucal em coleópteros, através do sifão respiratório em larvas de mosquitos, bem como em áreas de articulações entre os segmentos do corpo dos insetos (SCHMIDT et al. 2001; SCHMID-HEMPEL, 2005). Assim, os esporos do fungo são retidos na superfície do inseto na fase de fixação que ocorre devido à hidrofobicidade dos conídios e das superfícies cuticulares.

Após a fixação, a etapa de germinação inicia-se com um processo morfológico denominado inchaço, no qual ocorrem alterações metabólicas como a retomada da síntese proteica. Essa etapa é favorecida por altas umidades. O início da germinação ocorre em torno de 10 horas após contato dos esporos com o hospedeiro sendo concluída com 20 horas, quando em temperaturas médias de 20 a 25°C (HEGEDUS; KHACHATOURIANS, 1995; PUCHETA et al., 2006).

Antes da penetração, pode haver a formação dos apressórios através da dilatação da ponta do tubo germinativo. Os apressórios têm a função de ancorar os esporos impondo uma pressão direcionada ao interior do hospedeiro, o que facilita a penetração do fungo. Uma vez que a penetração tenha ocorrido de forma eficiente, o fungo inicia a produção de hifas no interior do inseto, as hifas ramificam-se pela procutícula, epiderme e atingem a hemocele onde diversas estruturas do hospedeiro são invadidas pelo crescimento vegetativo do fungo além de serem afetadas pela produção de toxinas. Após a morte do hospedeiro, quando os nutrientes se esgotam, sob condições favoráveis de umidade as hifas emergem, transpondo o exoesqueleto do inseto, dando início a fase reprodutiva do fungo, que produz conídios no exterior do inseto morto. Em caso de baixa umidade, o fungo permanece no interior do hospedeiro no estágio de hifas até que as condições de umidade sejam favoráveis a sua reprodução (HEGEDUS; KHACHATOURIANS, 1995; COSTA e HAIDA, 2009).

Comumente, os esporos dispersam-se de forma passiva através de correntes de vento ou respingos de chuva, podendo também haver transmissão pelo contato de insetos suscetíveis com indivíduos infectados (MEYLING; EILENBERG, 2006; VEGA et al., 2012).

Após a inoculação de fungos entomopatogênicos o tempo e percentual de letalidade são variáveis conforme os isolados utilizados, em estudo demonstrando a mortalidade de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) submetidos aos bioinseticidas Boveril® (*Beauveria bassiana*), Metarril® (*Metarhizium anisopliae*) e Octane® (*Isaria fumosorosea*) notou-se mortalidade a partir de 24hrs (SIKORSKI; POLTRONIERI, 2022). Outros estudos demonstram encontrar elevadas taxas de mortalidade provocadas por fungos entomopatogênicos, cerca de 10 dias após aplicação dos tratamentos (MORAN et al. 2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal de Uberlândia, em agosto de 2023. Testou-se inseticidas microbiológicos comerciais a base de fungos entomopatogênicos: Tec White®, isolado IBCB 66 de *Beauveria bassiana*, Tec Finish®, isolado IBCB 425 de *Metarhizium anisopliae*, e Octane®, isolado de *Isaria fumosorosea* cepa ESALQ-1296. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos, sendo o controle (água destilada) e os três produtos comerciais Tec Withe®, Tec Finish® e Octane®, e de sete a oito repetições, perfazendo 29 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por dez insetos adultos de *Anthonomus grandis*, os quais foram adquiridos de um população homogênea proveniente de criação artificial do Laboratório de Entomologia da ESALQ. Os insetos foram alimentados com dieta artificial durante o período da criação e experimento (Tabela 1).

Tabela 1 – Formulação da dieta artificial fornecida aos insetos durante o experimento.

Componentes	Quantidade para 30 placas de Petri
Pharmamedia	40 g
Germe de trigo	60 g
Levado de cerveja	60 g
Proteína de soja	100 g
Açúcar	60 g
Ácido ascórbico	20 g
Ácido sórbico	2,40 g
Sais de Wesson	10 g
Nipagin (Metil parahidroxibenzoato)	2 g
Solução vitamínica	40 ml
Agar	28 g
Caragenina	10 ml
Água destilada	1500 ml

Fonte: Autora.

Previamente à instalação do experimento, todos os materiais como placas de Petri, balões volumétricos, becker e pinças foram autoclavados para evitar contaminações. A etapa de dosagem dos produtos, foi realizada no Laboratório de Entomologia da UFU, também visando evitar dispersão e contaminação pelos conídios. Os produtos com formulação tipo pó molhável (WP) foram dosados com auxílio de uma balança de precisão, sendo 3,6g para Tec Withe® (isolado IBCB 66 de *B. bassiana*) e 1,6 gramas para Tec Finish® (isolado IBCB 425 de *M. anisopliae*). Para o tratamento com Octane® (cepa ESALQ-1296 de *I. fumosorosea*), o qual apresenta a formulação suspensão concentrada (SC), mensurou-se com uma pipeta uma alíquota de 2,0 mL (Tabela 2).

Tabela 2 – Formulação e dose do produto comercial utilizada nos tratamentos.

Nome comercial	Ingrediente ativo	Concentração	Formulação	Dose*
Tec Withe®	<i>B. bassiana</i> isolado IBCB 66	80 g/kg	Pó Molhável	7,2 g/L
Tec Finish®	<i>M. anisopliae</i> isolado IBCB 425	80 g/kg	Pó Molhável	3,2 g/L
Octane®	<i>I. fumosorosea</i> cepa ESALQ-1296	85 g/L	Suspensão Concentrada	4,0 mL/L

* Dose do produto comercial para 1L de calda.

Fonte: Autora.

As alíquotas dos três produtos foram armazenadas em tubos plásticos até o preparo da calda, sendo diluídas em balões volumétricos com 0,5L de água destilada. O preparo da calda, assim como outras operações de manipulação das placas e insetos, foi realizado utilizando um bico de Busen formando uma barreira contra contaminações.

A calda foi homogeneizada por agitação manual, e posteriormente, insetos adultos foram retirados da dieta artificial utilizando-se uma pinça e imersos por cinco segundos na calda do respectivo tratamento. Assim, assegurando o contato dos insetos com o produto. Em seguida, os insetos foram colocados nas placas de Petri com tampa e contendo uma porção de aproximadamente 10g da dieta artificial, a cada dois dias foi fornecida mais uma porção da dieta. As placas contendo os insetos foram dispostas seguindo o DIC e armazenadas em incubadora BOD, com fotofase de 12 horas e temperatura de 25°C.

Foram realizadas 4 avaliações para contagem do número de insetos mortos e observação do crescimento de estruturas dos fungos entomopatogênicos. Verificou-se a ocorrência de insetos mortos nas placas aos dois dias após a aplicação (DAA) do produto, e o número de insetos mortos foi avaliado aos seis, sete, nove e 12 DAA do produto, para calcular a taxa de

mortalidade dos insetos. Para avaliar se os insetos estavam mortos as placas foram retiradas da BOD e abertas para possibilitar que os insetos fossem tocados por uma pinça esterilizada, a fim de verificar se iriam se mover ou se estavam mortos, devido ao hábito de tanatose.

Para cada avaliação (seis, sete, nove e 12 DAA), os dados foram avaliados quanto a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos pelo teste de Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente, no programa SPSS. Foi constatada a homogeneidade das variâncias e, apesar de não ter havido normalidade dos resíduos, foi realizada análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Foi considerado 5% de significância em todos os testes.

4 RESULTADOS

Decorridas 48 horas do experimento, o produto a base de *Isaria fumosorosea* (cepa ESALQ-1296) foi o único que apresentou mortalidade elevada para adulto de *A. grandis*. A mortalidade de adultos de *A. grandis* foi afetada pela aplicação dos produtos nas quatro avaliações, aos seis, sete, nove e 12 DAA (Tabela 3).

Tabela 3 – Quadros das análises de variância para a mortalidade de adultos de *Anthonomus grandis* aos seis, sete, nove e dose dias após a aplicação de três produtos comerciais a base de fungos entomopatogênicos e controle (com aplicação de água destilada).

Seis DAA

Fator de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	FC	Pr > Fc
Tratamento	3	163,41	54,47	13,46	< 0,0001*
erro	25	101,14	4,05		
Total corrigido	28	264,55			CV (%) = 27,39

Sete DAA

Tratamento	3	180,11	60,04	13,30	< 0,0001*
erro	25	112,86	4,51		
Total corrigido	28	292,97			CV (%) = 30,50

Nove DAA

Tratamento	3	145,85	48,62	10,45	0,0001
erro	25	116,29	4,65		
Total corrigido	28	262,14			CV (%) = 31,59

12 DAA

Tratamento	3	145,11	48,37	9,8	0,0002*
erro	25	123,45	4,94		
Total corrigido	28	268,55			CV (%) = 33,39

* Significativo a 5% de significância pelo teste F; C.V(%): coeficiente de variação.

Fonte: Autora.

Os produtos a base dos fungos *M. anisopliae* (isolado IBCB 425) e *B. bassiana* (isolado IBCB 66) apresentaram médias de mortalidade para *A. grandis* semelhantes à do controle, com taxas de mortalidade de 11,4% e 12,9%, respectivamente, em seis DAA dos produtos. Já o produto com *I. fumosorosea* cepa ESALQ-1296 apresentou a maior mortalidade de *A. grandis*, 68,57%

(Figura 1). Desde os seis DAA até os 12 DAA, o inseticida microbiológico a base de *I. fumosorosea* cepa ESALQ-1296 demonstrou maior eficácia de controle de *A. grandis* em comparação aos demais produtos testados, com a taxa de mortalidade de *A. grandis* submetidos a este produto permanecendo superior a dos demais produtos e ao controle em todas as avaliações (Figura 1). Mesmo na última avaliação, realizada 12 DAA dos produtos, a mortalidade de *A. grandis* pelos produtos com *M. anisopliae* isolado IBCB 425 e *B. bassiana* isolado IBCB 66 não diferiu do controle, e, o produto a base *I. fumosorosea* cepa ESALQ-1296 foi o único que se diferenciou do controle e dos demais tratamentos, com taxa média de mortalidade de 72,9% (Figura 1).

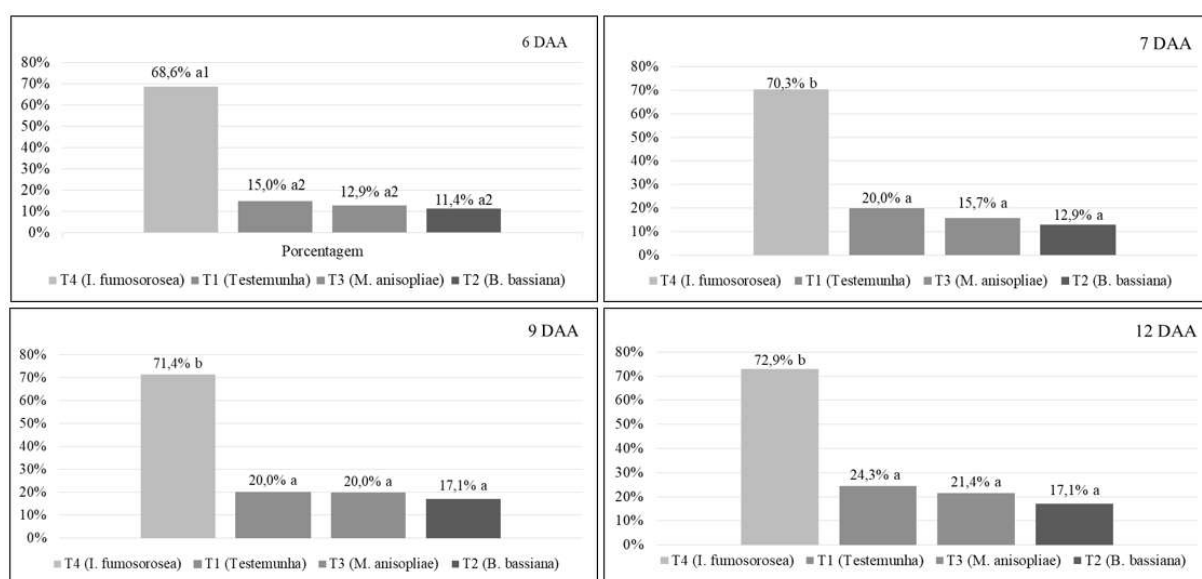


Figura 1. Mortalidade (%) média de adultos de *Anthonomus grandis* aos seis, sete, nove e 12 dias após a aplicação (DAA) de três produtos comerciais a base de fungos entomopatôgenicos e controle (com aplicação de água destilada). Médias com letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 DISCUSSÃO

Os inseticidas microbiológicos a base de *B. bassiana* (isolado IBCB 66) e *M. anisopliae* (isolado IBCB 425) provocaram mortalidade de *A. grandis* semelhante ao controle. Já o produto a base de *I. fumosorosea* (cepa ESALQ-1296) causou mortalidade nos adultos de *A. grandis* 48 horas após a aplicação, com percentual de mortalidade superior ao controle em todas as avaliações subsequentes.

A diferença na mortalidade causada pelos fungos entomopatogênicos a determinada espécie de inseto pode estar relacionada tanto com os isolados, quanto com as espécies dos fungos. Por exemplo, Moino Júnior (1993) avaliou a patogenicidade de 72 isolados de *B. bassiana* em três espécies de insetos da família Curculionidae, observando alguns isolados completamente ineficientes e outros que provocaram até 100% de mortalidade. Já Souza (2023), testou diferentes isolados de *M. anisopliae* e de *B. bassiana* sobre *A. grandis*, observando maior virulência de um isolado de *M. anisopliae*. Giometti et al. (2010) relacionou à variabilidade genética entre os isolados dos fungos nas diferenças encontradas em suas potencialidades em causar a morte dos insetos hospedeiros.

Para que um entomopatógeno tenha sucesso na infecção há uma série de fatores que precisam ser superados, associados à virulência do fungo, método de aplicação e espécie do hospedeiro (LITWIN et al., 2020; BATTA e KAVALLIERATOS, 2017). É relatada grande variação na taxa mortalidade causada por diferentes isolados de *I. fumosorosea* sobre os coleópteros Curculionidae (AGOSTINI et al., 2015; MANTZOUKAS et al., 2019). Várias pesquisas mostram que a variação na suscetibilidade do hospedeiro ao entomopatógeno depende da espécie e variabilidade genética entre isolados (HAJEK & ST. LEGER 1994, CASTRILLO et al. 2005, ISLAM et al. 2021). Neste contexto, poucos estudos foram realizados testando inseticidas microbiológicos para o controle de *A. grandis*. O produto a base do isolado IBCB 66 de *B. bassiana* não apresentou mortalidade diferente do controle no presente estudo, porém, este isolado foi testado para o controle de *A. grandis* por Giometti et al. (2010), os quais obtiveram 70% de mortalidade de *A. grandis* com tempo letal de 5,3 dias. Considerando os outros isolados de *B. bassiana*, testados por esses autores, a mortalidade variou de 50 a 85% com tempo letal de 2,30 a 8,66 dias. Comparando os resultados do presente estudo com os de Giometti et al. (2010) pode-se relacionar como provável causa da diferença obtida na mortalidade de *A. grandis* causada por *B. bassiana* IBCB 66, ao tempo de exposição dos insetos ao fungo. Sendo que esses autores expuseram os insetos aos produtos por 30 segundos, enquanto no presente trabalho o tempo de exposição foi de cinco segundos.

Sabendo que atualmente, existe apenas um inseticida microbiológico com registro no MAPA para o controle do bicudo-do-algodoeiro, sendo este a base de *B. bassiana* (isolado BV13), nota-se a carência de produtos microbiológicos destinados ao controle dessa praga. Dessa forma, pode-se concluir que o produto a base *I. fumosorosea* (cepa ESALQ-1296) tem potencial para ser utilizado no controle de *A. grandis*.

6 CONCLUSÃO

Os produtos comerciais Tec White (*B.bassiana* isolado IBCB 66) e Tec Finish (*M. anisopliae* isolado IBCB 425) não apresentaram eficácia no controle de *A. grandis*.

O produto comercial Octane (*I. fumosorosea* cepa ESALQ-1296) foi eficaz no controle de *A. grandis*, sob condições de laboratório, podendo ser uma ferramenta útil no manejo do bicudo-do-algodoeiro.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, T. T.; AGOSTINI, L. T.; DUARTE, R. T.; VOLPE, H. X. L.; SALAS, C.; POLANCZYK, R. A.. Eficiência de fungos entomopatogênicos para o controle de *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) em condições de laboratório. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 1, n. 6, p. 90-96, mar. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275335035_Eficiencia_de_fungos_entomopatogenicos_para_o_controle_de_Sitophilus_oryzae_L_Coleoptera_Curculionidae_em_condicoes_de_laboratorio. Acesso em: 06 jan. 2024.
- ALVES, S.B. **Controle microbiano de insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. 1163 p.
- ALVES, S.B.; LOPES, R.B.; VIEIRA, S.A.; TAMAI, M. A. Fungos entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina. In: ALVES, S.B.; LOPES, R.B. (Ed.). **Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios**. Piracicaba: FEALQ, 2008. cap. 3, p. 69-110.
- ARRUDA, L. S.; TORRES, J. B.; ROLIM, G. G.; SILVA-TORRES, C. S. A. (2020). Dispersal of boll weevil toward and within the cotton plant and implications for insecticide exposure. **Pest Management Science**. v.77. ed. 3. 2020. <https://doi.org/10.1002/ps.6148>
- BARON, Noemi Carla; RIGOBELLO, Everlon Cid; ZIED, Diego Cunha. Filamentous fungi in biological control: current status and future perspectives. Chilean **Journal Of Agricultural Research**, [S.L.], v. 79, n. 2, p. 307-315, jun. 2019. SciELO Agencia Nacional de Investigacion y Desarrollo (ANID). <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-58392019000200307>. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392019000200307. Acesso em: 21 jan. 2024.
- BATTA, Y. A.; KAVALLIERATOS, N. G.. The use of entomopathogenic fungi for the control of stored-grain insects. **International Journal Of Pest Management**, [S.L.], v. 64, n. 1, p. 77-87, 29 maio 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09670874.2017.1329565>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317242058_The_use_of_entomopathogenic_fungi_for_the_control_of_stored-grain_insects. Acesso em: 10 jan. 2024.
- BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Agrofit Consulta de produtos formulados**: bula octane. Bula Octane. 2024. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/agrofit.ap_download_blob_agrofit?p_id_file=463010&p_nm_file=F1921285301/Bula_Octane_07.2023.pdf. Acesso em: 14 jan. 2024.
- BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Agrofit Consulta de produtos formulados**: bula Tec Finish. Bula Tec Finish. 2024. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/agrofit.ap_download_blob_agrofit?p_id_file=468462&p_nm_file=F138307746/BULA%20TEC%20FINISH%2001.11.pdf. Acesso em: 14 jan. 2024.
- BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Agrofit Consulta de produtos formulados**: bula Tec White. Bula Tec White. 2024. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/agrofit.ap_download_blob_agrofit?p_id_file

=468466&p_nm_file=F1390878616/BULA%20TEC%20WHITE_01_11.pdf. Acesso em: 14 jan. 2024.

CASTRILLO, L. A.; ROBERTS, D. W.; VANDENBERG, J. D. The fungal past, present, and future: germination, ramification, and reproduction. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 89, n. 1, p. 46-56, 2005.

COSTA, J. H. B. D.; HAIDA, K. S. Segurança de Fungos Entomopatogênicos Para Vertebrados. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 2, n. 2, p. 293-302, 2009.

FARIA, M.R.; WRAIGHT, S.P. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**, Orlando, v. 43, p. 237-256, 2007.

FONTES, E.M.G.; PIRES, C.S.S.; SUJII, E.R. Estratégias de uso e histórico. In: FONTES, Eliana M.G.; VALADARES-INGLIS, Maria C. (Eds.) **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília: Embrapa, 2020. p.21-43.

GABRIEL, Dalva. **O bicudo do algodoeiro**. 25. ed. Campinas: Agência Paulista de Tecnologia, 2016. 20 p. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/dt/bicudo_algodoeiro.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

GIOMETTI, C.s. et al. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* para o controle de adultos do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* (Coleoptera: curculionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, [S.L.], v. 77, n. 1, p. 167-169, mar. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657v77p1672010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/6f5GN6hTRQHpLCtD8TtkRnP/#>. Acesso em: 20 jan. 2024.

HAJEK, A. E.; ST. LEGER, R. J. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. **Annual Review of Entomology**, v. 39, n. 1, p. 293-322, 1994.

HEGEDUS D.; KHACHATOURIANS, G. The impact of biotechnology on hyphomycetous fungal insect biocontrol agents. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 13, p. 455-490, 1995.

HOY, M. A.; SINGH, R.; ROGERS, M. E.. Evaluations of a Novel Isolate of *Isaria fumosorosea* for Control of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomologist, Florida**, v. 93, n. 1, p. 24-32, mar. 2010. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1653/024.093.0103>. Disponível em: <https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-93/issue-1/024.093.0103/Evaluations-of-a-Novel-Isolate-of-Isaria-fumosorosea-for-Control/10.1653/024.093.0103.full>. Acesso em: 21 jan. 2024.

ISLAM, W.; ADNAN, M.; SHABBIR, A.; NAVEED, H.; ABUBAKAR, Y. S.; QASIM, M.; TAYYAB, M.; NOMAN, A.; NISAR, M. S.; KHAN, K. A.; ALI, H. Insect-fungal-interactions: a detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. **Microbial Pathogenesis**, v. 159, 2021.

JACKSON, M.A.; JARONSKI, S.T. **Composition of entomopathogenic fungus and method of production and application for insect control**. Depositante: Mark A. Jackson; Stefan T. Jaronski. WO2009035925A2. Depósito: 13 set. 2007. Concessão: 09 maio 2008.

KHAN, S.; GUO, L.; MAIMAITI, Y.; MIJIT, M.; QIU, D.. Entomopathogenic Fungi as Microbial Biocontrol Agent. **Molecular Plant Breeding**, v.3, n.1, jan.2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274002875_Entomopathogenic_Fungi_as_Microbial_Biocontrol_Agent. Acesso em: 18 jan. 2024.

LACEY, L. A. et al. Insect pathogens as biological control agents: back to the future. **Journal of invertebrate pathology**, v. 132, p. 1-41, 2015.

LEATHERDALE, D. 1970. The arthropode hostof entomogenous fungi in Britain. **Entomophaga**, 15, 419-435.

LITWIN, Anna; NOWAK, Monika; RÓŚAŁSKA, Sylwia. Entomopathogenic fungi: unconventional applications. **Reviews In Environmental Science And Bio/Technology**, Lodz, v. 19, n. 1, p. 23-42, 10 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11157-020-09525-1>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339148177_Entomopathogenic_fungi_unconventional_applications#full-text. Acesso em: 12 fev. 2024.

MACLEOD, D. M.. INVESTIGATIONS ON THE GENERA *BEAUVERIA* VUILL, AND *TRITIRACHIUM* LIMBER. **Canadian Journal Of Botany**, v. 32, n. 6, p. 818-890, 1 nov. 1954. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/b54-070>. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/b54-070>. Acesso em: 20 jan. 2024.

MAGALHÃES, B. P.; FARIA, M. R. de; LECOQ, M.; SCHMIDT, F. G. V.; SILVA, J. B. T.; FRAZÃO, H. S.; BALANÇA, G.; FOUCART, A.. The use of *Metarhizium anisopliae* var. *crinum* against the grasshopper *Rhammatocerus schistocercoides* in Brazil. **Journal Of Orthoptera Research**, v. 10, n. 2, p. 199-202, dez. 2001. Pensoft Publishers. [http://dx.doi.org/10.1665/1082-6467\(2001\)010\[0199:tuomav\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1665/1082-6467(2001)010[0199:tuomav]2.0.co;2). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/244484131_The_Use_of_Metarhizium_anisopliae_var_acridum_against_the_Grasshopper_Rhammatocerus_schistocercoides_in_Brazil. Acesso em: 18 jan. 2024.

MANTZOUKAS; ZIKOU; TRIANTAFILLOU; LAGOGIANNIS; ELIOPOULOS. Interactions between *Beauveria bassiana* and *Isaria fumosorosea* and Their Hosts *Sitophilus granarius* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: curculionidae). **Insects**, [S.L.], v. 362, n. 10, p. 1-11, 19 out. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/insects10100362>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336678883_Interactions_between_Beauveria_bassiana_and_Isaria_fumosorosea_and_Their_Hosts_Sitophilus_granarius_L_and_Sitophilus_oryzae_L_Coleoptera_Curculionidae. Acesso em: 15 jan. 2024.

MCKIBBEN, G. H.; WILLERS, J. L.; SMITH, J. W.; WAGNER, T. L.. Stochastic Model for Studying Boll Weevil Dispersal. **Environmental Entomology**, Oxford, v. 20, n. 5, p. 1327-1332, 1 out. 1991. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/ee/20.5.1327>. Disponível em: <https://academic.oup.com/ee/article-abstract/20/5/1327/2480652>. Acesso em: 20 jan. 2024.

MEYLING, N. V.; PELL, J. K.; EILENBERG, J.. Dispersal of *Beauveria bassiana* by the activity of nettle insects. **Journal Of Invertebrate Pathology**, [S.L.], v. 93, n. 2, p. 121-126,

out. 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16843484/>. Acesso em: 21 jan. 2024.

MOINO JUNIOR, Alcides. **Utilização de *Hetarhiziu anisopliae* (METSCH.) Sorok. E *Beauveria bassiana* (BALS.)VUILL. para o controle de pragas de grãos armazenados.** 1993. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 1993. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-20220207-165048/publico/MoinoJuniorAlcides.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2024.

MORAN, A.R.; GALARZA, G.V.; PARRALES, Y.R.; ALVARADO, D.D.; GARCÍA, L.S.; FLORES, H.E.; ARAGONE, D.S. 2021. Controle biológico do gorgulho da bananeira 34 *Cosmopolites sordidus* Germar com a utilização de diversas cepas de *Beauveria bassiana* em condições de laboratório. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 4(4):5527-5542.

MOREIRA, F. J. C.; ARAUJO, B. de A.; SILVA, V. F.; LUNA, N. de S.; ARAUJO, O. P.; BRAGA, R. D. dos S.. Controle de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: curculionidae) com os fungos entomopatogênicos *beauveria bassiana* e *metarhizium anisopliae* em banana. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 3, p. 366, 1 jul. 2017. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i3.4538>. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7158411.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2024.

ONDIKA, S.; MANIANIA, N.K.; NYAMASYO, G.H.N.; NDERITU, J.H.. Virulence of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to sweet potato weevil *Cylas puncticollis* and effects on fecundity and egg viability. **Annals Of Applied Biology**, Nairobi, v. 153, n. 1, p. 41-48, 29 jul. 2008. Disponível em: <http://34.250.91.188:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/501/Ondiaka.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 jan. 2024.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014.

PEDRAS, M.S. C.; ZAHARIA, L. I.; WARD, D. E.. The destruxins synthesis, biosynthesis, biotransformation, and biological activity. **Phytochemistry**, [S.L.], v. 59, n. 6, p. 579-596, mar. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0031-9422\(02\)00016-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0031-9422(02)00016-x). Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0031-9422\(02\)00016-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0031-9422(02)00016-x). Acesso em: 20 jan. 2024.

POPP, J.; PETŐ, K.; NAGY, J. Pesticide productivity and food security. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 33, n. 1, p. 243-255, 2013.

PUCHETA D.M., FLORES M.A., RODRÍGUEZ N.S., DE LA TORRE M.M. (2006) Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. **Interciencia** 31: 856-860.

REIS, Tatiane Carla dos. Controle biológico com os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* e suas interações com *Palmistichus elaeis* e glifosato. 2018. 75 f. Tese (Doutorado) - Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/1897/1/tatiane_carla_reis.pdf. Acesso em: 18 jan. 2024.

SAMSON, R. A. 1988. Identification: Entomopathogenic Deuteromycetes. **Acedemic Pres.** Cap. 6. Pp. 194-222.

SCHMIDT, O.; THEOPOLD, U.; STRAND, M.. Innate immunity and its evasion and suppression by hymenopteran endoparasitoids. **BioEssays**, v. 23, n. 4, p. 344-351, 2001.
SCHMID-HEMPEL, P. Evolutionary ecology of insect immune defenses. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 529-551, 2005.

SHAH, P. A.; PELL, J. K.. Entomopathogenic fungi as biological control agents. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 61, n. 5-6, p. 413-423, 2003.

SIKORSKI, C.; POLTRONIERI, A.S.. Efeito de bioinseticidas formulados a partir de fungos entomopatogênicos sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera Curculionidae) em laboratório: curculionidae) em laboratório. **Research, Society And Development**, v. 11, n. 11, p. 1-11, ago. 2022. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33535>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/363033753_Efeito_de_bioinseticidas_formulados_a_partir_de_fungos_entomopatogenicos_sobre_Sitophilus_zeamais_Coleoptera_Curculionidae_em_laboratorio. Acesso em: 21 jan. 2024.

SOARES, M. A.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, G. L. D.; REIS, T. C.; SILVA, M. A.. Controle biológico de pragas em armazenamento: uma alternativa para reduzir o uso de agrotóxicos no Brasil? **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 11, n. 1, p. 52-59, jan. 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/289991934_Control_e_biol_ogico_de_pragas_em_armazenamento_uma_alternativa_para_reducao_do_uso_de_agrotoxicos_no_Brasil. Acesso em: 22 jan. 2024.

SOUSA, L. M. de; QUINTELA, E. D.; BOAVENTURA, H. A.; SILVA, J. F. A. e; TRIPODE, B. M. D.; MIRANDA, J. E. Seleção de fungos entomopatogênicos para controle de percevejos e bicudo-do-algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 53, p. e76316, 2023. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/76316>. Acesso em: 26 abr. 2024.

TOGNI, P. H. B.; VENZON, M.; LAGÔA, A. C. G.; SILVA, A. C.; ASSUNÇÃO, R. M.; RODRIGUES, C. A. Interações entre escalas espaciais no controle biológico conservativo: da paisagem ao cultivo. In: VENZON, M.; NEVES, W. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (Eds.) **Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade?** Belo Horizonte: EPAMIG, 2021. 152 p.

VEGA, F. E.; POSADA, F.; AIME, M. C.; PAVA-RIPOLL, M.; INFANTE, F.; REHNER, S. A.. Entomopathogenic fungal endophytes. **Biological Control**, Beltsville, v. 46, n. 1, p. 72-82, jul. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.008>. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1390&context=usdaarsfacpub>. Acesso em: 21 jan. 2024.

VEGA, F. E.; MEYLING, N. V.; LUANGSA-ARD, J. Je.; BLACKWELL, Meredith. Fungal Entomopathogens. **Insect Pathology**, [S.L.], p. 171-220, 2012. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-384984-7.00006-3>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279432867_Fungal_Entomopathogens. Acesso em: 21 jan. 2024.

ZIMMERMANN, Gisbert. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Biocontrol Science And Technology**, [S.L.], v. 17, n. 9, p. 879-920, out. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09583150701593963>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09583150701593963>. Acesso em: 03 fev. 2024.

ZIMMERMANN, Gisbert. The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. **Biocontrol Science And Technology**, v. 18, n. 9, p. 865-901, dez. 2008. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09583150802471812>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240524407_. Acesso em: 18 jan. 2024.

ZIMMERMANN, Gisbert. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. **Biocontrol Science And Technology**, Londres, v. 17, n. 6, p. 553-596, jun. 2007. Disponível em: https://www.fraxiprotec.com/app/uploads/2018/05/Review_on_safety_of_the_entomopathogenic_fungi.pdf. Acesso em: 20 jan. 2024.