



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS**

ANDRESSA SAMARA VIEIRA DA SILVA

**FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS COMO ALTERNATIVA AOS AGROTÓXICOS
NO CONTROLE DE INSETOS-PRAGA NO BRASIL: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Recife
2024

ANDRESSA SAMARA VIEIRA DA SILVA

**FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS COMO ALTERNATIVA AOS AGROTÓXICOS
NO CONTROLE DE INSETOS-PRAGA NO BRASIL: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à coordenação do Curso de
Bacharelado em Ciências Biológicas da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel.

Orientador (a): Dr. Bruno Severo Gomes

Recife
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Andressa Samara Vieira da .

Fungos entomopatogênicos como alternativa aos agrotóxicos no controle de insetos-praga no Brasil: uma revisão de literatura / Andressa Samara Vieira da Silva. - Recife, 2024.

55

Orientador(a): Bruno Severo Gomes

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas - Bacharelado, 2024.

10.

1. Fungos Entomopatogênicos. 2. Agrotóxicos. 3. Controle Biológico. 4. Biopesticidas. 5. Insetos-praga. I. Gomes, Bruno Severo . (Orientação). II. Título.

570 CDD (22.ed.)

ANDRESSA SAMARA VIEIRA DA SILVA

**FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS COMO ALTERNATIVA AOS AGROTÓXICOS
NO CONTROLE DE INSETOS-PRAGA NO BRASIL: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à coordenação do Curso de
Bacharelado em Ciências Biológicas da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel.

Aprovado em: 05/03/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Bruno Severo Gomes (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Fabíola Gomes da Silva (Examinador Externo)
Secretaria de Educação de Jaboatão dos Guararapes

Msc. Elaiza Rodrigues da Rocha Santos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais **Gilson Firmino da Silva** e **Ana Cláudia Vieira de Souza** que embora sua presença física já não esteja conosco, nas lembranças compartilhadas encontro motivação para enfrentar os desafios pessoais e acadêmicos.

AGRADECIMENTOS

Durante a trajetória da graduação, pude contar com o apoio de diversas pessoas. Assim, gostaria de agradecer:

À minha família por sempre estar comigo em momentos alegres e difíceis, celebrando cada uma das minhas conquistas. Tia Telina, Silas Monte, Maria Olga, Antônio Victor, Isaura Vieira, Maria Kettlyn e Cely Alencar, vocês são tudo na minha vida.

Agradeço imensamente às minhas amigas Raphaella Oliveira, Cíntia Ferreira, Bianka Teixeira, Carol Targino e Thamirys Viana. Vocês permanecerão sempre em meu coração. Obrigada, por tudo!

Ao meu orientador Bruno Severo Gomes, pelo carinho, atenção e paciência demonstrados durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço à comissão avaliadora por ter aceito o convite para colaborar com a pesquisa.

Por último, mas não menos importante, expresso minha gratidão a Deus pela proteção, saúde e por manter a minha esperança viva, em meio a tantos obstáculos.

RESUMO

O uso excessivo de agrotóxicos na agricultura brasileira tem provocado crescente preocupação devido aos inúmeros danos causados por esses produtos químicos. Problemas graves, como contaminação ambiental (solo, água, alimentos), a resistência a pragas e os riscos à saúde humana, estão relacionados. A análise aborda diversas perspectivas, incluindo os efeitos dos agrotóxicos, a importância do controle biológico, os principais fungos patogênicos no Brasil e o uso de biopesticidas. O objetivo deste trabalho foi reunir, de forma organizada, informações sobre o tema em foco, destacando em geral, a importância e os desafios, e principalmente se os fungos entomopatogênicos podem ser substitutos aos agrotóxicos no combate a insetos-praga no Brasil. O estudo foi conduzido utilizando bases de dados como o Google Acadêmico, Science Direct, Embrapa, repositórios universitários (UFPE, UFRPE e UFPB), Scielo e Capes. A metodologia utilizada foi uma revisão de literatura narrativa, permitindo uma análise mais ampla e contextualizada das informações disponíveis nessas fontes, incluindo artigos e revistas nos idiomas português, inglês e espanhol. O estudo revelou a complexidade da problemática, evidenciando a necessidade de uma abordagem de manejo no controle de pragas mais sustentáveis, bem como a necessidade da intervenção de políticas públicas. Os resultados destacaram a eficiência dos fungos entomopatogênicos como agentes de controle, ressaltando seu mecanismo único de infecção e suas diferentes vantagens. Além disso, houve um crescimento no mercado brasileiro no uso de biopesticidas, bem como, observou-se competições entre os produtos biológicos e os agrotóxicos que, por sua vez, é influenciado por fatores sociopolíticos e econômicos. Apesar dos estudos consultados apontarem algumas dificuldades para esses microrganismos, os fungos entomopatogênicos são uma opção viável e sustentável para o controle de insetos-praga, principalmente no Brasil.

Palavras-chave: Fungos Entomopatogênicos; Agrotóxicos; Controle Biológico; Biopesticidas; Insetos-praga.

ABSTRACT

The excessive use of pesticides in Brazilian agriculture has caused growing concern due to the countless damages caused by these chemicals. Serious problems, such as environmental contamination (soil, water, food), resistance to pests and risks to human health, are related. The analysis addresses several perspectives, including the effects of pesticides, the importance of biological control, the main fungi pathogens in Brazil and the use of biopesticides. The objective of this work was to gather, in an organized way, information on the topic in focus, highlighting in general, the importance and challenges, and mainly whether entomopathogenic fungi can be substitutes for pesticides in the fight against insect pests in Brazil. The study was conducted using databases such as Google Scholar, Science Direct, Embrapa, university repositories (UFPE, UFRPE and UFPB), Scielo and Capes. The methodology used was a narrative literature review, allowing a broader and more contextualized analysis of the information available in these sources, including articles and magazines in Portuguese, English and Spanish. The study revealed the complexity of the problem, highlighting the need for a more sustainable pest control management approach, as well as the need for public policy intervention. The results highlighted the efficiency of entomopathogenic fungi as control agents, highlighting their unique infection mechanism and their different advantages. Furthermore, there has been growth in the Brazilian market in the use of biopesticides, as well as competition between biological products and pesticides, which, in turn, is influenced by sociopolitical and economic factors. Although the studies consulted point out some difficulties for these microorganisms, entomopathogenic fungi are a viable and sustainable option for controlling insect pests, especially in Brazil.

Keywords: Entomopathogenic Fungi; Pesticides; Biological control; Biopesticides; Insect pes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Agrotóxicos e seus efeitos.....	12
3.2 Controle biológico: importância e desafios.....	14
3.3 Fungos entomopatogênicos (FEs)	16
3.3.1 <i>Beauveria bassiana</i>	18
3.3.1.1 <i>Metarhizium anisopliae</i>	19
3.4 Insetos e os fungos entomopatogênicos.....	21
3.5 Mecanismo de infecção dos FEs em insetos.....	22
3.6 Biopesticidas: mercado no mundo e no Brasil.....	24
3.6.1 Desenvolvimento de micopesticidas: aspectos relevantes.....	25
3.6.1.1 Formulações de micopesticidas.....	26
4 METODOLOGIA	28
4.1 Tipo de estudo.....	28
4.1.1 Fontes e seleção das informações obtidas.....	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
7 REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

Adotado como padrão de controle de insetos-praga em inúmeras culturas de importância econômica no país, o uso de defensivos químicos na agricultura brasileira tem sido uma prática preocupante nas últimas décadas (Silva; Brito, 2015).

A utilização desses defensivos de forma indiscriminada, excessiva e sem orientação correta contra pragas, para proteção preventiva contra agentes de doenças e ervas daninhas em terra agrícola, tem ocasionado inúmeros problemas ambientais (Eken; Demirci, 1997; Rosa *et al.*, 2011; Guyton *et al.*, 2015).

A sua ação ocasiona efeitos adversos no equilíbrio do ecossistema e dos organismos vivos causando desequilíbrios ambientais como superpopulação de pragas, seleção de biótipos resistentes, poluição dos solos e aquíferos, além de afetar a saúde humana (Chain, 1995; Dorés; De-Lamonica-Freire, 1999; Soares *et al.*, 2005; Scopel; Roza-gomes, 2011).

Para minimizar esta problemática, a adoção do controle biológico utilizando microrganismos entomopatogênicos é uma alternativa viável e vantajosa (Franceschini, 2001). Sendo um método usado em sistemas agroecológicos e na agricultura convencional, desempenhando parte fundamental nos programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Gallo *et al.*, 2002).

O controle biológico fundamenta-se em processos naturais, reduzindo as populações de organismos considerados pragas através do uso de inimigos naturais (Rêgo; Almeida, 1998). Essa prática, contribui para a diminuição da dependência de produtos químicos sintéticos, minimizando problemas como resistência a pragas, contaminação ambiental (ex. solo e água) e impactos negativos à saúde humana (Campanhola *et al.*, 2003).

Dentre os entomopatógenos, os fungos entomopatogênicos (FEs) são excelentes aliados no combate de pragas de artrópodes e podem ser considerados inimigos naturais (Mascarin; Pauli, 2010; Bernardi *et al.*, 2022). Esses fungos exercem um papel significativo na regulação de populações de insetos, abrangendo tanto pragas agrícolas como florestais (Esparza Mora, 2015).

A literatura apresenta muitos materiais científicos sobre as capacidades infecciosas dos FEs, destacando o seu processo infeccioso (Samson; Evans; Latgé, 1988; Castrillo; Roberts; Vandenberg; Skinner *et al.*, 2014) e a sua aplicação no

mercado como biopesticidas (Michereff Filho *et al.*, 2009; Bettiol, 2011; Mascarin; Jaronski, 2016).

Observa-se um contínuo crescimento de produtos derivados desses microrganismos, impulsionado pelas preocupações ligadas aos possíveis efeitos negativos em organismos não-alvos (Magalhães; Monnerat; Alves, 1998; Sosa-Gómez; Pereira; Alves, 1998; Potrich *et al.*, 2009).

Em relação à taxonomia dos FEs, são mais de 700 espécies distribuídas em 90 gêneros distintos (Khachatourians; Qazi, 2008). Sendo os gêneros *Beauveria*, *Metarhizium*, *Cordyceps* (no passado conhecido como *Isaria*) e *Akanthomyces* (antes descrito como *Lecanicillium*) as cepas mais populares (Inglis *et al.*, 2001; Khachatourians; Qazi, 2008).

Esse grupo é reconhecido em seis classes. São elas: *Oomicetos*, *Chytridiomycota*, *Microsporidia*, *Entomophthoromycota*, *Basidiomycota* e, o mais comum, *Ascomycota* (Araújo; Hughes, 2016).

Notavelmente, há avanços consideráveis da aplicabilidade de fungos entomopatogênicos em todo o mundo, sendo os mesmos desenvolvidos e produzidos como estratégia eficaz no controle de pragas, como insetos nocivos às culturas (Wraight; Carruthers, 1999).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura narrativa sobre os fungos entomopatogênicos como alternativa aos agrotóxicos no controle de insetos-praga no Brasil.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar uma revisão de literatura narrativa sobre o uso dos fungos entomopatogênicos como alternativa aos agrotóxicos no controle de insetos-praga no Brasil

2.2 Objetivos específicos

- Analisar quais as espécies de fungos entomopatogênicos se destacam no território brasileiro;
- Investigar quais vantagens tornam os fungos entomopatogênicos agentes de sucesso no controle biológico de insetos-praga;
- Observar o estado atual dos biopesticidas no Brasil e quais os principais desafios que implicam o seu progresso no país.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Agrotóxicos e seus efeitos

A agricultura convencional desempenha papel crucial na subsistência global, ao mesmo tempo, torna-se cada vez mais dependente de agrotóxicos. Isso se deve à ameaça de pragas na produção agrícola que podem causar danos significativos às culturas (Alves, 2014; Savita; Sharma, 2019).

Dessa forma, os agrotóxicos surgiram com a finalidade de proteger produtos agrícolas de danos causados por pragas, como insetos, microrganismos, aves, dentre outros (Cramer, 1967; Oerke; Dehne, 2004; Oerke, 2006; Marcelino; Wachtel; Ghisi, 2019).

A intensiva utilização de agroquímicos, juntamente com a introdução da monocultura no território brasileiro em 1970 (Alves Filho, 2000), resultou ao longo dos anos, na utilização inadequada dos defensivos agrícolas, como quantidades excessivas e desconsideração do período de carência, possibilitando a presença de resíduos dessas substâncias em alimentos (Caldas, 2009; Jardim, 2009; Carneiro *et al.*, 2015).

Nos últimos dez anos, houve um aumento significativo de 190% no mercado de agrotóxicos no Brasil, tornando o país o principal consumidor mundial desde 2008. Apenas na safra de 2010 e 2011, a quantidade de agrotóxicos consumidos obteve a expressiva marca de 936 mil toneladas (Rigotto; Vasconcelos; Rocha, 2014).

Os agrotóxicos mais comercializados no mercado brasileiro, são os herbicidas (48%), seguidos pelos inseticidas (25%) e fungicidas (22%) (Agrow, 2007). O estado do Mato Grosso é líder no consumo desses produtos, seguido de São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Bahia, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Maranhão (Tavella *et al.*, 2011).

O uso indiscriminado dessas substâncias na agricultura, além de representar uma ameaça ao meio ambiente, pois grande parte dos pesticidas são tóxicos para espécies não-alvo, e isso inclui os seres humanos (Karlsson, 2004; Faria; Rosa, 2009), expõe, principalmente, os trabalhadores rurais a potenciais riscos à saúde (Santana *et al.*, 2013; Selmi; trapé, 2014).

A exposição a essas substâncias, seja ocupacional, acidental, intencional ou por consumo (Hess; Nodari; Lopes-Ferreira, 2021; Friedrich *et al.*, 2021), pode resultar em hospitalização e até mesmo morte (Gunnell *et al.*, 2007).

Os agrotóxicos estão relacionados a um conjunto de problemas de saúde, que inclui reações agudas na pele e no sistema respiratório, bem como, questões crônicas, como infertilidade, abortos espontâneos, malformações fetais, anomalias hematológicas e hormonais, ação imunodepressora, câncer e doenças neurológicas (Monneret, 2017; Jokanović, 2018; Lopes; Albuquerque, 2018).

Grande parte desses distúrbios no Brasil vem sendo ligados a intoxicações agudas e crônicas, resultantes da exposição repetitiva a substâncias altamente tóxicas, como organofosforados e carbamatos (Ferreira *et al.*, 2008). Vale ressaltar, que ambos são muito utilizados na agricultura brasileira, sobretudo em pequenas propriedades (Faria; Rosa; Facchini, 2009; Ribeiro *et al.*, 2012).

De acordo com Galo *et al.* (2009) e Menck *et al.* (2015), foram identificados resíduos de pesticidas em amostras de leite materno humano, levantando atenção, devido à exposição pré-natal e seus possíveis efeitos na saúde das crianças.

Para o Glifosato, que representa a maior parte dos agrotóxicos consumidos no Brasil, vêm sendo apresentados dados que indicam riscos à saúde animal e humana (Guyton *et al.*, 2015).

Do ponto de vista ambiental, a contaminação do solo e de mananciais de água, assim como, a eliminação de espécies e plantas nativas, são alguns emblemas desencadeados devido a utilização inadequada e exagerada de químicos convencionais (Belchior *et al.*, 2017; Lopes; Albuquerque, 2018).

Não só isso, o emprego contínuo de agrotóxicos não apenas pode alterar o equilíbrio do ecossistema, provocando desequilíbrio ambiental, mas também é identificado como fator contribuinte para a resistência de pragas agrícolas aos pesticidas (Michereff; Barro, 2001; Inobeme *et al.*, 2020).

Essa prática gera aumento das doses aplicadas ou na busca por novos produtos, desencadeando o surgimento de novas pragas, atingindo insetos benéficos na proteção contra doenças (Moreira *et al.*, 2002; Peres; Moreira, 2007; Ferreira, 2014).

Portanto, a ocorrência e incidência de pragas são favorecidas pela modificação de ecossistemas naturais em áreas de cultivo, que afeta o funcionamento de todo o sistema, influenciando nos recursos naturais e na

biodiversidade (Gliessman, 2005). Problemas adicionais, como a eliminação de inimigos naturais, intoxicação de animais e a redução da biodiversidade, somam-se aos efeitos negativos de produtos químicos (Silveira, 2008, p. 1).

O programa chamado PARA (Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos), foi desenvolvido com a finalidade de verificar se os alimentos comercializados no Brasil estão de acordo com os limites de agrotóxicos estabelecidos pela legislação (Anvisa, 2003).

Entretanto, pesquisas revelam grande proporção de amostras de alimentos que contém substâncias acima dos limites aceitáveis, assim como, a identificação de ingredientes ativos não autorizados no país ou para cultivos específicos de determinados alimentos (Lopes; Albuquerque, 2021).

Metade das intoxicações e 75% dos óbitos, advém de países periféricos e semiperiféricos, e esse agravante está vinculada ao baixo nível de educação que reflete na escassa atenção dada ao uso dessas substâncias, como também, das regulamentações e métodos de controle negligenciados ou ausentes (Carneiro *et al.*, 2015).

Dito isto, a utilização excessiva de agroquímicos no país também está ligada a questões socioeconômicas, que, de certa forma, intensificam a pobreza e ameaça à segurança alimentar (Caldas; Souza, 2000; Wittman; Desmarais, 2010; Soares; Porto, 2012; Brasil, 2016).

Nesse contexto, a necessidade de adotar abordagens alternativas no controle de pragas tem crescido em resposta aos potenciais impactos ambientais e à resistência desenvolvida por algumas espécies. Destaca-se o controle biológico como uma opção promissora para o manejo de pragas sustentáveis, sendo menos danosa ao meio ambiente (Aguar-Menezes, 2006, p. 66).

3.2 Controle biológico: importância e desafios

Em 1919, o entomologista Harry Scott Smith foi pioneiro ao empregar o termo “Controle Biológico” para descrever o uso de inimigos naturais no controle de insetos-praga (Wilson; Huffaker, 1976).

O controle biológico, também conhecido como biocontrole, é uma técnica de manejo alternativo de pragas, sendo um processo natural que envolve a ação de inimigos naturais, como predadores, parasitas ou patógenos, na regulação das

populações de plantas e animais (Melo; Azevedo, 1998; Parra *et al.*, 2002; Brechelt, 2004).

O biocontrole é uma das técnicas usadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP). O MIP é definido como um conjunto de estratégias e métodos para o controle de pragas agrícolas e outros ambientes, com o objetivo de controlar as populações de pragas abaixo dos níveis de perda econômica, considerando também os critérios ecológicos e sociais (Parra, 2000).

Esse método tem sido aplicado de maneira prática para lidar com uma ampla variedade de pragas, incluindo desde insetos e patógenos que afetam culturas (Pertot *et al.*, 2017) até o controle de ervas daninhas, mosquitos (Ingabire *et al.*, 2017) e roedores (Labuschagne *et al.*, 2016; Jäkel *et al.*, 2019).

Em contexto agrícola, o controle biológico pode ser abordado de duas formas: o Controle Biológico Natural (CB) e o Controle Biológico Aplicado (CBA) (Abreu; Rovida; Conte, 2015).

Com base nas contribuições de Parra (2000) o autor Abreu e colaboradores (2015) destacam que o Controle Biológico Natural consiste na promoção e conservação dos inimigos naturais já presentes no ecossistema, visando manter as populações de pragas em níveis aceitáveis.

No controle biológico aplicado, ocorre multiplicação (criação em massa) dos inimigos naturais em laboratório e liberação no agroecossistema de forma inundativa, visando à redução rápida da população de praga agrícolas e vetores de doenças, sendo semelhante ao que se busca no controle químico (Abreu, Rovida e Conte 2015).

O biocontrole é conhecido por ser menos nocivo em relação aos inseticidas convencionais sintéticos, proporcionando maior segurança para os organismos não visados e para o meio ambiente (Abd-Elgawad, 2019; Baker *et al.*, 2020). Essa prática desempenha papel fundamental na redução da aplicação de agrotóxicos na agricultura (Sinomato *et al.*, 2014).

A natureza seletiva deste método resulta também na preservação de resíduos tóxicos na lavoura, na água e no solo, prevenindo desequilíbrios ambientais, bem como, elimina a probabilidade de intoxicação aos consumidores (Santos *et al.*, 2015).

Notavelmente, favorece a preservação dos recursos naturais, melhora a qualidade do produto agrícola, além de amenizar a poluição ao meio ambiente,

tornando-se uma opção relevante para promover a sustentabilidade agrícola (Sujii *et al.*, 2002).

Os benefícios mencionados promovem organismos benéficos, mantendo e aumentando a biodiversidade de inimigos naturais nos sistemas agrícolas promovendo um equilíbrio ecológico, e assim diminuindo a necessidade de intervenções agressivas (Altieri, 2012).

Embora o biocontrole apresente vantagens, existem também desafios, como as limitações de recursos para pesquisas, resultando, por conseguinte, na escassez de literatura sobre o tema e na participação reduzida de pesquisadores (Parra, 1992; Parra, 2014).

Outros fatores estão associados à resistência da aplicação de manejo natural, incluindo a tradição em se controlar pestes com produtos químicos; credibilidade do agricultor; especificidade dos produtos biológicos; disponibilidade e qualidade do insumo biológico; a sazonalidade devido à ação mais lenta; técnica de liberação, como número de indivíduos por área, intervalo e pontos de liberação (Parra, 2006 p.12).

Diante do exposto, a demanda de conhecimento e conscientização por parte dos usuários é de suma importância, pois o biocontrole se trata do emprego de organismos vivos (Oliveira *et al.*, 2006).

Tornando-se fundamental a compreensão sólida em Ecologia, Biologia e Biodiversidade dos insetos e inimigos naturais para efetiva implementação desta alternativa sustentável, sendo necessário também considerar fatores como os tipos de cultivos a ser implantado (ex. perenes, semi-perenes ou anuais), os tipos de culturas no mesmo espaço (ex. monoculturas, policulturas ou sistemas agroflorestais), dentre outras informações do contexto agrícola (Altieri; Silva; Nicholls, 2003).

3.3 Fungos Entomopatogênicos (FEs)

Os Fungos entomopatogênicos são organismos eucariotos que podem se apresentar em formas unicelulares ou multicelulares (filamentosas). Além disso, formam um grupo de microrganismos filogeneticamente variados que apresentam tanto reprodução assexuada quanto sexual, usando esporos como meio de propagação (Badii; Abreu, 2006).

Esses fungos estão distribuídos mundialmente e sua utilização no controle biológico tem sido um elemento crucial na redução de populações de insetos tanto no Brasil, país tropical, como em países subtropicais (Araújo *et al.* 2007).

A maior parte desses patógenos de insetos citados na literatura reside em solo brasileiro e tem influência significativa no controle de muitas pragas de importância econômica no país (Medeiros, 2016). Isso se deve ao fato dos FEs possuírem a capacidade de erradicar insetos ao infectar e causar doenças em seus hospedeiros (Singkaravanit *et al.*, 2010).

A ecologia e biopersistência desse grupo micológico, o torna preferido para a eliminação de insetos em diversas fases do seu ciclo de vida (Gul *et al.*, 2014), possuindo, assim, a maior quantidade de táxons entre patógenos de insetos (Ignoffo, 1973).

O ciclo de vida dos FEs está relacionado com as etapas de desenvolvimento do inseto hospedeiro e com as circunstâncias externas predominantes (condições ambientais). Fatores como: taxa de germinação, os níveis de infecção, temperatura ideal e a gama de hospedeiros de insetos podem variar entre distintas espécies de fungos (Sierotzki *et al.*, 2000; Butt; Jackson; Magan, 2001; Shaw *et al.*, 2002).

Conforme destacado por Araújo e Hughes (2016), até o momento foram descritas 12 espécies de *Oomicetos*, 65 espécies de *Chytridiomycota*, 339 espécies de *Microsporidia*, 474 espécies de *Entomophthoromycota*, 238 espécies de *Basidiomycota* e 476 espécies identificadas de *Ascomycota*. São cerca de 750 a 1.000 categorizados em mais de 100 gêneros (Leger *et al.*, 2010).

A maior parte das espécies de fungos entomopatogênicos é encontrada principalmente na ordem *Hypocreales*, pertencente ao filo *Ascomycota*, e no filo *Entomophthoromycota* da ordem *Entomophthorales* (Mora *et al.*, 2018; Baron *et al.*, 2019).

Várias espécies na ordem *Entomophthorales* desempenham papel crucial ao induzir epizootias, resultando na efetiva regulação das populações de insetos. No entanto grande parte dessas espécies apresentam desafios na produção em ambientes artificiais e os seus conídios primários tem uma vida curta, dificultando ou até mesmo impossibilitando aplicações através de métodos por inundações (Lacey *et al.*, 2001).

Em contrapartida, o filo *Ascomycota* possui maior facilidade de cultivo e multiplicação em condições laboratoriais (Mascarin; Jaronski, 2016). Este filo é

amplamente conhecido entre os pesquisadores na área microbiológica. (Litwin et al., 2020).

Os gêneros *Metarhizium*, *Beauveria*, *Entomophthora*, *Aschersonia*, *Verticillium*, e *Nomuraea* se destacam como principais agentes do controle biológico (Finkler, 2012), sendo as espécies *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin e *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin as mais estudadas, ambas pertencentes ao filo *ascomycota* (Munguía et al., 2011).

3.3.1 *Beauveria bassiana*

Beauveria bassiana é um fungo entomopatogênico de ocorrência cosmopolita, pertencente à família *Cordycipitaceae* da ordem *Hypocreales* (Rehner; Buckley, 2005). Seu amplo estudo e aplicação para o controle de pragas o destacam como ferramenta valiosa neste campo (Mascarin; Jaronski, 2016).

A primeira descrição do fungo *B. bassiana* como causador de doenças em insetos foi por volta da década de 1800 como patógeno do bicho-da-seda através de experimentos executados por Agostino Bassi (Imoulan et al., 2017).

É um fungo filamentoso que apresenta células eucarióticas quitinizadas. Inicialmente, as colônias apresentam coloração esbranquiçadas e de superfície de aspecto veloso e moderadamente acolchoadas, sendo possível observar macroscopicamente (Rodrigues et al., 2016).

As colônias dessa espécie podem variar de brancas a amareladas com conídios hialinos, globosos, em geral com tamanhos variados. Apresentando-se em aglomerados (Zimmermann, 2007a).

Esses fungos são encontrados constantemente em formas endofíticas em distintas espécies de plantas e no solo, demonstrando sua adaptabilidade em variados ambientes (Posada; Vega, 2005; Meyling; Eilenberg, 2006). De tal forma, que já foram documentados na Ásia, Europa, América do Norte, África, América do Sul e Oceania (CABI, 2020).

Segundo Rocha (2019), em condições favoráveis *B. bassiana* gera epizootias naturais em populações de insetos, que refere-se a uma enfermidade contagiosa que atinge um considerável número de animais na mesma região e ao mesmo tempo.

Tanto *B. bassiana* como *M. anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, fazem dispersão passiva (forças externas) por meio do vento e de gotas de água ou por vetores artrópodes (Meyling; Eilenberg, 2006; Vega *et al.*, 2009; Ortiz-Urquiza; Keyhani, 2013). Sendo os esporos (conídios) oriundos, geralmente, de estruturas reprodutivas assexuadas (Santi *et al.*, 2010; Shahid *et al.*, 2012).

O fungo *B. bassiana* permanece no solo como propágulos dormentes ou como micélio saprotófico, aguardando a oportunidade de aderir a um hospedeiro alvo compatível, que pode ocorrer no ambiente ao redor ou em microrganismos endofíticos (Behie *et al.*, 2015; Imoulan *et al.*, 2017).

Sabe-se que FEs tem a habilidade de produzir enzimas extracelulares ou exoenzimas (Balfour-Browne, 1960; Ferron, 1978), assim como, a produção de toxinas que ajudam durante o processo de infecção (Fargues *et al.*, 1975; Lugli, 1987). Destaca-se a toxina Beauverolides como um componente significativo nessa espécie (Elsworth; Grove, 1977).

Além disso, *B. bassiana* pode infectar insetos por meio de diversas vias, incluindo o tegumento, a via oral e pelo sistema respiratório (Alves, 1998; Alves; Lopes, 2008; Ortizurquiza; Keyhani, 2013), tais possibilidades tornam esses fungos vantajosos a outros entomopatógenos.

O fungo *B. bassiana* pode ser aplicada nos mais diversos cultivos no controle de diversas pragas no Brasil, tais como a traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) (*Lepidoptera: plutellidae*) (Castelo Branco *et al.*, 1996), o besouro conhecido como cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) (*Coleoptera: Tenebrionidae*) (Arends, 1987; Alvez *et al.*, 2005), Mosca-doméstica *Musca domestica* L. (*Diptera: Muscidae*)(Nunes *et al.*, 2002), Cochonilha-da-raiz-do-cafeeiro (*Dysmicoccus texensis*) (Santa-Cecília *et al.*, 2000), dentre outros.

3.3.1.1 *Metarhizium anisopliae*

Outro fungo entomopatogênico relevante com propriedades semelhantes a *B. bassiana* na regulação de pragas agrícolas, é a espécie *Metarhizium anisopliae* (Faria; Wraight, 2007; Mascarin; Pauli, 2010).

É um fungo filamentosos, presente no solo, na rizosfera de plantas ou em cadáveres de artrópodes (Zimmerman, 2007b; Schrank; Vainstein, 2010) com distribuição cosmopolita (Domschet *et al.*, 1980; Roberts; St. Leger, 2004).

Em geral, os conídios deste fungo são hialinos, uninucleados, cilíndricos e levemente coloridos (Driver; Milner, 1998; Tinline; Noviello 1971). Durante as fases iniciais, as colônias podem apresentar-se na coloração branca e posteriormente ficarem amareladas, na fase madura os conídios ficam verdes (Bischoff *et al.*, 2009).

Sua nutrição tende a ser quase que exclusivamente a base de amido, se tornando um cultivo simples (Onofre *et al.*, 2002) com ciclo de vida na maioria das vezes assexual durante a infecção (Wang *et al.*, 2002).

As características do gênero de *M. anisopliae*, como formas e tamanhos variados de conídios, estão associados a diversidade genética que o fungo apresenta, resultando em variações nas linhagens (Luna; Azevedo., 1985; Driver *et al.*, 2000).

Essa diversidade é evidenciada também pela diferença na patogenicidade deste fungo, indicando naturalmente variação genética. Além do tamanho dos conídios, fatores como a taxa de crescimento do fungo e atividade enzimática contribuem na variabilidade (St. Leger *et al.*, 1992).

Seu primeiro registro ocorreu na década de 1879, na Rússia pelo pesquisador Metschnikoff devido um estudo de controle microbiano em larvas de besouro *Anisopliae austriaca* (Coleoptera: Scarabaeidae) nomeado na época de *Entomophthora anisopliae*. (Metsch) sorokin (Maranhão; Maranhão, 2009).

Em 1883, o isolado do besouro foi reclassificado por sorokin, definindo o gênero como uma única espécie denominada *M. anisopliae* (Petch, 1931; Tulloch, 1976; Xavier Santos, 1999a).

Seu uso eficiente no controle de cigarrinha da cana-de-açúcar nos estados nordestinos do Brasil, como Pernambuco, Bahia e Sergipe, marcou os primeiros trabalhos envolvendo sua eficácia no controle microbiano de insetos (Ribeiro *et al.*, 1992).

Segundo Magalhães *et al.* (2001) esse fungo foi isolado de vários ecossistemas, e pode infectar mais de 200 espécies de insetos. O processo de infecção nos hospedeiros de *M. anisopliae* se assemelha ao de *B. bassiana* (Pinto *et al.*, 1997, Frazzon *et al.*, 2000).

Ao serem infectados, os insetos desenvolvem uma camada pulverulenta de conídios de textura rígida (dura). Essa condição é chamada de muscardine verde, caracterizada por uma coloração que varia de tons verdes, podendo ser claro ou escuro, esbranquiçados com pontos verdes ou acinzentados (Wang *et al.*, 2002).

Em relação às enzimas, estudos indicam a protease da família Pr1 (serino-protease) como a mais ativa no fator de virulência, produzidas em grandes quantidade no momento da infecção, principalmente nas estruturas do apressório e do tubo digestivo (formado do conídio) (Roberts *et al.*, 1992; Tiago; Furlaneto, 2003; Dias *et al.*, 2008).

Soma-se, a toxina destruxinas com papel crucial na patogênese de *M. anisopliae*, se tornando significativa para o uso de controle de pragas (Roberts, 1969; Potterat *et al.*, 2000, Pedras *et al.*, 2002).

Essas micotoxinas foram identificadas em corpos de insetos infectados, até mesmo em estágios avançados da infecção, resultando em morte. Além disso, já foram isoladas mais de vinte diferentes destruxinas, sendo quinze destas, exclusivamente de *M. anisopliae* (Loutelier *et al.*, 1996; Chen *et al.*, 1999).

O fungo *M. anisopliae* tem sido bastante estudado no Brasil, principalmente no contexto do controle biológico. Estudos concentrados em pragas como *Mahanarva posticata* (cigarrinha-da-cana) (Alves, 1998b), *Diaftraea saccharalis* (broca-da-cana) (Gallo *et al.*, 2002), *Nezara viridula* (percevejo-verde da soja) (Groth *et al.*, 2017), *Piezodorus guildini* (percevejo-verde-pequeno da soja) (Sosa-Gómez; Moscardi, 1998), *Hypothenemus hampei* (broca-do-café) (Alves, 1998b), evidenciam o notável potencial deste fungo .

3.4 Insetos e os fungos entomopatogênicos

A polinização das plantas é um dos papéis importantíssimos realizados pelos insetos, pois possibilita a reprodução e a disseminação das mesmas (Araújo *et al.*, 2007). Porém, determinados insetos podem exercer o papel de vetores na transmissão de doenças e pragas na agricultura (Marangoni *et al.*, 2012).

A palavra “praga” pode ser usada e direcionada para organismos que se multiplicam sem controle ou fora do seu habitat natural, com potencial de acarretar algum tipo de prejuízo ao meio ambiente, à economia ou as pessoas (Brechtel, 2004).

As perdas na produção agrícola devido a insetos representam uma preocupação global, sendo que menos de 2% dos mais de 50% de espécies de insetos são consideradas pragas agrícolas. As culturas alimentares enfrentam competição significativa de plantas daninhas e insetos fitófagos, destacando a

complexidade da proteção contra pragas nas lavouras (Zarbin; Rodrigues; Lima, 2009).

Conforme Batista (1989), cerca de 80% das doenças que afetam os insetos têm um fungo como agente etiológico, e a susceptibilidade desses animais a algumas das enfermidades ocasionadas por estes microrganismos podem resultar em fatalidade.

Além disso, entre as 31 ordens de insetos, 20 são contaminadas por esses fungos em todas as fases de desenvolvimento, incluindo ovos, larvas, pupas, ninfas e adultos (Hughes *et al.*, 2016).

A capacidade dos FEs de causar infecções letais e, assim, auxiliar na regulação da população de insetos por meio de epizootias, foi evidenciado nas pesquisas de Burges (Burges, 1981), Carruthers e Soper (Fuxa; Tanada, 1991) e McCoy com colegas de trabalho (McCoy *et al.*, 1988). Neste estudo pode-se observar que as chances de interação com espécies não-alvo se demonstraram reduzidas devido a alta especificidade de hospedeiro.

De acordo com Boomsma *et al.* (2014) é representada em diversos clados que se divergiram basalmente, a habilidade de infectar insetos, como *Chytridiomycota*, *Entomophthoromycota* e *Blastocladiomycota*.

E, estudos revelam, que o fóssil mais antigo de um fungo patogênico de inseto provém do âmbar de Mianmar, entre 100 e 110 milhões de ano atrás, conhecido por uma cochonilha (Hemiptera) infectada por um fungo parecido com o *Ophiocordyceps* (Sung *et al.*, 2008).

Além disso, também foi evidenciado que não os fósseis posteriores integra um cupim (Isoptera) contaminado por um fungo similar ao *Entomophthora* e uma formiga (*Hymenoptera*) infectada por *Beauveria*, sendo os dois encontrados no âmbar dominicano, datado entre 20 e 30 milhões de anos atrás (Poinar; Thomas, 1984).

3.5 Mecanismo de infecção dos FEs em insetos

Geralmente, a infecção dos FEs em insetos ocorrem por diversas vias, especialmente por meio da cutícula ou do tegumento; após invadirem os insetos, esses fungos se proliferam depressa, levando a morte do hospedeiro por causa da

destruição dos tecidos e, em algumas condições, devido às toxinas produzidas pelos próprios fungos (Alves *et al.*, 2008; Mora *et al.*, 2018; Pedrini, 2018; Mannino *et al.*, 2019).

Inicialmente, uma transmissão efetiva demanda a liberação de um grande número de esporos e/ou a presença de superfícies pegajosas de esporos, ou substâncias que potencializam a adesão de outras maneiras (Vega *et al.*, 2012).

A adesão geralmente é obtida por meio de mucilagem, ou podem ser realizadas através de lectinas, enzimas, além de forças hidrofóbicas e eletrostáticas, atuarem nesse processo (Boucias *et al.*, 1998).

Após a etapa de adesão, em que as estruturas fúngicas aderem a superfície do hospedeiro suscetível, é necessário que os esporos, oriundos principalmente da reprodução assexuada, germinem para dar início a penetração no exoesqueleto resistente do inseto de forma rápida e eficiente (Cole; Hoch, 1991; Vega *et al.*, 2012; Mora *et al.*, 2018), podendo ser efetuado por meio de dois processos: vias mecânicas e por enzimas (degradam a cutícula) (Charnley, 1984; McCoy *et al.*, 1988; St. Leger *et al.*, 1988).

A invasão nos tecidos dos insetos (cutícula) ocorrem por meio do próprio tubo germinativo ou através da formação de um apressório, ao passo que origina-se um pino de penetração estreito (Roberts; Humber, 1981; Boucias; Pendland, 1988; Wraight *et al.*, 1998; Zacharuk, 1973).

Os apressórios só surgem depois da germinação na extremidade dos tubos germinativos curtos, subterminal ou nos ramos laterais, apresentando-se em formas esféricas inchadas ou estruturas clavadas, até hifas terminais moderadamente inchadas (St. Leger *et al.*, 1988).

Além disso, as enzimas principais secretadas pelos FEs, integram proteases, quitinases, lipases e toxinas, sendo estas formadas de forma sequencial, seguindo a ordem dos substratos que estão (Smith *et al.*, 1981). Esses compostos têm ações importantes no processo de infecção, facilitando a adesão do esporo ao hospedeiro, degradando a cutícula, ou atingindo o sistema fisiológico e neurológico do hospedeiro. (Rustiguel *et al.*, 2018).

Ressalta-se que muitos fatores podem influenciar na germinação e no comportamento dos esporos. São eles: íons, água, nutrientes na superfície da cutícula, ácidos graxos, e o estado fisiológico do hospedeiro (Hassan *et al.*, 1989).

E, na maior parte dos casos, o mecanismo certo de entrada está ligado de forma individual a cada espécie (Gillespie *et al.*, 1998).

Posteriormente ao processo de introdução, é necessário que haja a multiplicação das células fúngicas dentro da hemocèle, músculos ou outros tecidos do corpo do hospedeiro, a fim de atingir e debilitar o sistema imunológico, e assim, levar o inseto a óbito (Vega *et al.*, 2012, Samson *et al.*, 1988).

A diferenciação em blastosporos (formas unicelulares arredondadas) ocorre quando o fungo alcança a hemolinfa. Essas estruturas têm a capacidade de invadir células imunes do inseto, promovendo a disseminação do fungo pelo corpo, incluindo o sistema nervoso, túbulos digestivos e tecido adiposo, podendo colonizar órgãos (Rustiguel *et al.*, 2018).

O fungo rompe novamente a cutícula após a morte do hospedeiro, iniciando o processo de esporulação em sua superfície, onde os esporos se transformam em uma fonte de inóculo na região, se tornando capazes de contaminar outros insetos (Carneiro, 2023).

Quando infectado, o inseto apresenta uma consistência emborrachada ou de aparência oca, bem como, são identificados com coloração avermelhada, verde, marrom ou cor creme, devido ao crescimento do fungo (Alves *et al.*, 2008; Rheinheimer, 2010).

3.6 Biopesticidas: mercado no Brasil

Biopesticidas são derivados de componentes biológicos, como organismos microbianos, seus produtos ou substâncias produzidas por eles; nematódeos, derivados de plantas, insetos predadores e parasitas, bem como genes que dão resistências as culturas (Copping; Menn, 2000).

A busca por alimentos mais saudáveis; os requisitos de mercados importadores por baixos resíduos tóxicos; a conscientização no setor agropecuário sobre os danos dos agrotóxicos e a adoção do controle biológico contra artrópodes pragas, aliados às restrições legislativas aos produtos químicos de amplo espectro e o surgimento de nichos de mercado, como o agronegócio de cana-de-açúcar e bovinocultura de corte no Brasil, estimulam o crescimento de produtos biológicos (Faria; Magalhães 2001; Faria; Wraight; Wraight, 2007; Alves; Lopes, 2008).

O maior mercado de pesticidas naturais está localizado na América do Norte representando 44%, em seguida a União Européia com 20%, Oceania contribui com 20%, seguido dos países latino-americanos e sul- americanos com 10% e a Ásia com cerca de 6% (Bailey *et al.*, 2010).

Em termos de participação de mercado, as mais comercializadas no mundo são as bactérias do grupo *Bacillus thuringiensis*, representando 60% nas vendas mundiais de biopesticidas; os fungos ocupam a segunda posição com 14% do faturamento global. Destaca-se, *Beauveria spp.* representando 60% do mercado global de micopesticidas, conforme evidenciado por Thakore (2006).

Os principais produtos fúngicos usados na América Latina incluem *Beauveria bassiana* (33%), *Metarhizium anisopliae* (32%), *Lecanicillium* (14%), *Nomuraea rileyi* (6%), "*Sporothrix insectorum*" (3%), *Isaria fumosorosea* (3%), *Entomophthora virulenta* (3%) e a mistura de diferentes de fungos (6%) (Alves *et al.*, 2008b).

Os produtos disponíveis no mercado nacional ou em processo de registro, verifica-se uma predominância de formulações baseadas em *M. anisopliae*, representando 55% do total. O gênero *B. bassiana* é o segundo mais utilizado, contribuindo com 30% das formulações, seguido de *Lecanicillium* e espécies identificadas como *Sporothrix insectorum*, cada uma representando 7,5% dos produtos disponíveis (Michereff Filho *et al.*, 2009).

De acordo com Faria e Wraight (2007) dos 171 produtos de micopesticidas desenvolvidos no mundo, cerca de 160 são indicados para o controle de insetos e 28 são destinados ao controle de ácaros. Além disso, os autores em questão, observaram que mais de 90% dos produtos mundialmente voltados para o manejo de insetos e ácaros foram desenvolvidos adotando a estratégia do Controle Biológico Inundativo.

Os produtos comerciais entomopatogênicos disponíveis nos mercados mundiais, aplicados no controle de diversa espécies de insetos incluem marcas como "Cryptogram™", Bb plus®, Metarhizium 50®, Biogreen®, Green Guard®, BIO 1020® e Green Muscle® (Bidochka; Small, 2005).

É válido destacar que, segundo Futino (1991), o setor público teve papel importante na disseminação da tecnologia de defensivos biológicos no Brasil, porém o setor privado não demonstrou interesse significativo em alavancar esse novo mercado, prejudicando o seu desenvolvimento no país.

3.6.1 Desenvolvimento de micopesticidas: aspectos relevantes

De acordo com Jackson (1997) para que um micopesticida se torne viável comercialmente, é fundamental que a produção em larga escala dos elementos biológicos responsáveis pelo controle de pragas seja eficiente em termos de custos, ao mesmo tempo em que esses elementos permaneçam eficazes quando formulados, seja para aplicação ou armazenamento por períodos prolongados.

O sucesso de micopesticidas está associado a alguns fatores, tais como a habilidade de penetrar o hospedeiro (entrar no organismo do inseto ou praga-alvo para iniciar o controle); ter afinidade com as tecnologias de aplicação (adequação dos agentes biológicos); e a durabilidade no ambiente (permanência ativa no ambiente por períodos prolongados após aplicação). Essas características destacam a importância de selecionar linhagens efetivas (Shapiro-elan *et al.*, 2005).

No entanto, somente a avaliação do desempenho em condições ideais de laboratório não é suficiente no processo de seleção. Considerar as condições do ambiente onde o produto biológico será utilizado e o comportamento da praga-alvo é indispensável, pois são situações que podem afetar o patógeno (Pucheta Díaz *et al.*, 2006).

Logo, testes que reproduzem condições semelhantes de uso do patógeno são essenciais para selecionar isolados eficazes antes da criação de micopesticidas (Lacey *et al.*, 2015). Dito isto, saber as circunstâncias que envolve determinado meio, as características biológicas do inseto, o tipo de propágulo e a formulação adequada é de grande importância (Jackson; Dunlap; Jaronski, 2010).

3.6.1.1 Formulações de micopesticidas

Micopesticidas podem ser determinados como produtos que visam o controle de pragas por meio de aplicações inundativas e inoculativas, sendo formulados com base em propágulos vivos de fungos (Faria; Wraight, 2007).

Geralmente, os produtos que contêm propágulos oriundos de FEs, incluem hifas (micélio), blastosporos ou conídios; podendo estes últimos ser aéreos (conídios transportados pelo ar) ou submersos (conídios em condição líquida ou em um meio úmido), favorecendo flexibilidade na aplicação dos micopesticidas (Wraight *et al.*, 2001; Leite *et al.*, 2003a).

Os produtos biológicos à base de FEs segundo Michereff Filho (2009), são misturas de propágulos fúngicos vivos, como micélios e/ou conídios e adjuvantes. Sendo os adjuvantes substâncias adicionadas destinadas para aprimorar a efetividade das composições, conferindo estabilidade, manuseabilidade e resistência a ambientes adversos, visando tanto a segurança do usuário, como a permanência no local.

Os micopesticidas apresentam variedades e podem ser aplicados de diferentes maneiras, incluindo formas em grânulos, iscas, pó molhável, grânulos dispersíveis em água, suspensão concentrada, suspensão concentrada miscível em óleo, suspensão de volume ultra baixo, dispersão de óleo e pó de contato (Faria; Wraight, 2007).

O uso de micopesticidas pode resultar em impactos econômicos positivos, além de estimular pesquisas em FEs. Por exemplo, segundo Almeida e colaboradores (Batista Filho, 2007b) durante 2006/2007 a produção do fungo *M. anisopliae* por empresas e usinas de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo para o controle *M. fimbriolata* (Cigarrinha vermelha) foi de 360 toneladas. Obtendo resultados expressivos, com valor médio de comercialização de R\$ 9,00 gerando uma receita bruta no período de R\$ 3.240.000,00.

Continuando a análise dos autores (Batista Filho, 2007b) a produção de micopesticidas ocasionou 180 empregos com 250.000 hectares de área tratada. Além disso, o custo médio do tratamento/ha com micopesticida foi de R\$ 40,00, enquanto que o tratamento químico com thiamethoxam e imidacloprid teve um custo de R\$ 160,00/ha. A economia média por hectares foi de R\$ 120,00 resultando em uma economia global de 40 milhões, além de deixarem de aplicar no ambiente cinco toneladas de inseticidas.

4 METODOLOGIA

4.1 Tipo de estudo

A revisão de literatura é realizada por meio do levantamento de referências teóricas que reúnem informações e conhecimentos prévios, permitindo ao pesquisador conhecer estudos anteriores sobre determinado tema. Esse método abrange fontes escritas e eletrônicas, como livros, artigos científicos e páginas de websites (Brizola; Fantin, 2016).

Nesse estudo, foi realizado uma revisão bibliográfica narrativa sobre o tema proposto: Fungos Entomopatogênicos como Alternativas aos Agrotóxicos no controle de insetos-praga no Brasil .

Trata-se de uma pesquisa que se destaca pela análise ampla da literatura, apresentando flexibilidade metodológica possibilitando uma abordagem adaptativa às características do tema em estudo (Cordeiro *et al.*, 2007; Casarin *et al.*, 2020).

Dessa forma, é uma abordagem que permite contextualização ampla do assunto, explorando diferentes perspectivas e consolidando o conhecimento prévio sobre o tema, visando compreender, sintetizar e interpretar as contribuições teóricas disponíveis.

Dito isto, o presente trabalho é categorizado como uma pesquisa básica, voltada para apresentar o cenário da discussão teórica em torno do tema em foco.

4.1.1 Fontes e seleção das informações obtidas

Durante o desenvolvimento da pesquisa, foram consultadas diferentes fontes, tais como o Google Acadêmico, Science Direct, Embrapa, repositórios universitários digitais oferecidos por instituições como UFPE, UFRPE e UFPB, além de plataformas renomadas como Scielo e Capes, no período de dezembro de 2023 a Fevereiro de 2024.

No estudo, foram considerados diversos tipos de materiais científicos relevantes para a pesquisa, como artigos científicos nacionais e internacionais, teses, dissertações, abrangendo tanto trabalhos mais antigos quanto mais recentes, sem períodos de anos específicos.

Nesta análise, incluíram-se os trabalhos publicados nos idiomas de português, inglês e espanhol, considerando estes como os mais frequentemente usados na pesquisa.

Foram escolhidos para análise os trabalhos disponíveis nas bases de dados mencionadas, considerando critérios como a relevância do título, palavras-chaves (português e inglês) e a indicação clara no resumo, todos relacionados à busca pelo entendimento do tema em foco.

O termo “Fungos Entomopatogênicos” foi escolhido como ponto de partida, sendo uma das primeiras palavras-chave usadas para iniciar o estudo. Posteriormente, por meio de um estudo exploratório obteve-se informações relevantes sobre o tema, levando à identificação de outras palavras-chave.

As palavras-chave utilizadas nos banco de dados após “Fungos Entomopatogênicos” incluíram: “Controle Biológico”; “Pragas Agrícolas”; “Alternativas aos Defensivos Químicos”; “Biopesticidas”; “Inimigos Naturais”; “Microorganismos Entomopatogênicos”; “Agrotóxicos”; “Principais Fungos Entomopatogênicos”; “*Beauveria bassiana*”, “*Metarhizium anisopliae*” e Insetos-pragas.

Vale ressaltar que o estudo focou principalmente no contexto brasileiro, explorando diversos materiais científicos que forneciam insights sobre o tema em questão. Mas também, foram integrados conceitos, dados, e exemplos de artigos não brasileiros, proporcionando perspectivas e abordagens diversas de outros países.

Os artigos excluídos foram aqueles que não cumpriram os critérios de inclusão estabelecidos e/ou apresentaram duplicidade, isto é, foram identificados em mais de uma das bases de dados.

Para obtenção dos resultados e discussão, a partir da análise dos artigos coletados na literatura foi identificado e selecionado os achados mais notáveis e frequentes sobre o tema em questão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os artigos selecionados abordaram diferentes perspectivas sobre os FEs e a sua relação com o biocontrole e os agrotóxicos. Os resultados mostraram que o processo de infecção é a causa principal para o sucesso dos FEs, associada à sua variabilidade genética (Alves, 1998; Pucheta *et al.*, 2006; Mora *et al.*, 2018; Pedrini, 2018).

Os estudos revisados destacaram, frequentemente, vantagens associadas ao processo de infecção ao empregar FEs como agentes microbianos no manejo de pragas agrícolas. Esses benefícios, incluem o alto nível de especificidade, garantindo que não-alvos não sejam atingidos; menores danos ao ambiente e à saúde de mamíferos; as diferentes formas de infecção dificultando a resistência dos insetos; enzimas, proteínas e metabólitos importantes na infecção, e alta persistência no meio ambiente possibilitando efeitos a longo prazo em pragas (Alves, 1998; Roberts; St leger; Gupta, 1992; Faria; Magalhães, 2001; Khan *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2017; Mannino *et al.*, (2019); Sánchez-Pérez *et al.*, 2014; Castro *et al.*, 2016).

Em contrapartida estudos apontam que a diversidade e quantidade desses agentes promissores são afetados por fatores bióticos e abióticos que podem interferir na capacidade de sobreviver, disseminar e infectar seu hospedeiro; a respeito dos fatores abióticos citados, com frequência considerável, na literatura, estão a umidade, temperatura, tipo de solo, a radiação UV e os agrotóxicos (Lacey *et al.*, 2001, Pucheta *et al.*, 2006, Jaronski, 2007). A luz solar, por exemplo, torna os FEs ineficazes, e pode também retardar a germinação dos propágulos infecciosos desses fungos dificultando o processo de reprodução e disseminação (Jaronski, 2010).

Essas informações evidenciam que não basta a presença de uma estrutura específica do patógeno no inseto, seja externa ou interna, pois não garante o desenvolvimento da doença. Sendo os fatores bióticos e abióticos elementos que influenciam a capacidade do patógeno em causar infecções em níveis significativos em condições de campo.

Dessa forma, é fundamental compreender os aspectos ecológicos dos FEs, como temperatura, umidade, virulência, patogenicidade, e hospedeiro que infecta

ativamente para sua utilização efetiva no controle biológico (Meyling; Eilenberg, 2007).

É importante destacar que, embora a literatura consultada confirme a seletividade desses agentes, é necessário adotar uma aplicação cautelosa, especialmente diante da identificação de possíveis reações alérgicas e casos de infecção em humanos imunocomprometidos associados aos FEs *B. bassiana* e *M. anisopliae* (Burgner, 1981; Henke *et al.*, 2002). Mesmo que esses casos sejam pouco frequentes ou até mesmo raros, merecem atenção e estudos mais aprofundados.

Em concordância com Pucheta e coautores (2006) referente aos agrotóxicos, Botelho e Monteiro (2011) verificaram a sensibilidade de *M. anisopliae* e *B. bassiana* a agroquímicos utilizados no manejo de cana-de-açúcar. Seu estudo constatou que o inseticida tiametoxam foi considerado compatível com os FEs, enquanto o fipronil demonstrou toxicidade parcial, e o aldicarbe foi considerado tóxico. Herbicidas analisados também exibiram efeitos tóxicos.

Esses achados indicam que os agrotóxicos podem comprometer a eficácia dos FEs como agente de controle biológico, assim como demonstra as consequências na saúde geral do ecossistema que esses produtos químicos causam na contaminação de ambientes. Tais informações direcionam para a necessidade de aplicações adequadas de controle de pragas, evitando conflitos entre métodos biológicos e químicos.

A análise exploratória na literatura evidenciou a eficácia desse microrganismo no controle de insetos-praga tanto no Brasil (Alves, 1992; Lorencetti *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2022) quanto fora do país (Gutiérrez; Maldonado, 2010). Esses resultados sugerem a versatilidade e adaptabilidade dos FEs indicando que sua aplicação pode ser considerada uma estratégia viável em diversas áreas agrícolas ao redor do mundo, e na diminuição de produtos químicos.

As espécies mais aplicadas no Brasil segundo o levantamento de literatura, são *M. anisopliae* e *B. bassiana* (Alves, 1998; Faria; Magalhães, 2001; Alves; Lopes, 2008; Dalzoto; Uhr, 2009). Sendo, a produção de formulados biológicos facilitada devido à habilidade desses fungos produzirem quantidades significativas de conídios assexuados em meio de cultura, assim como em insetos hospedeiros.

Observou-se, durante a fase de coleta de dados, uma tendência de crescimento no uso de biopesticidas no Brasil. Diversos artigos apresentaram

informações evidenciando esse aumento na adoção de produtos biológicos nos últimos anos, principalmente devido aos impactos ambientais e contaminações de alimentos, mostrando uma alteração positiva em direção a práticas agrícolas mais sustentáveis (Bettiol, 2011; Mascarin *et al.*, 2019; Michereff Filho, 2021).

Em análise da literatura consultada, foi identificado um ponto crítico relacionado ao processo de registro de formulações de bioprodutos. De acordo com Bettiol (2011), o processo de registro é um dos principais motivos da baixa participação de mercado dos biopesticidas no país.

Essa limitação intensifica a persistência de produção e venda ilegal de produtos não registrados, que notavelmente, conquistou boa parte do mercado, embora muitas empresas tenha demonstrado interesse em regularizar esses produtos (Bettiol, 2011; Mascarin *et al.*, 2019).

O registro adequado de formulações é importante porque garante que os bioprodutos sejam seguros, seja para o ambiente ou para a saúde humana, especialmente para os agricultores. Dessa forma, através de avaliações rigorosas evita-se a contaminação de ecossistemas contribuindo assim para hábitos rurais sustentáveis e o manejo integrado de pragas, limitando a dependência de pesticidas químicos que têm efeitos danosos a longo prazo. Ademais, incentiva estudos que podem criar novos produtos no mercado.

Além disso, ambos os autores Bettiol (2011) e Mascarin e colaboradores (2019) mencionam a competitividade dos biopesticidas com os produtos químicos convencionais.

De modo geral, esse conflito entre produtos biológicos e químicos não estão ligados somente a questões de registros de formulações dos bioprodutos. Conforme Moraes (2019), enquanto houver aumento de consumo de agrotóxicos, a legislação brasileira não será restritiva a ponto de diminuir significativamente o uso desses produtos.

O autor Moraes (2019) aborda questões sociopolíticas, pontuando o embate de quem defende ou é contrário ao uso, e, embora evidências científicas sejam claras quanto aos impactos negativos do uso de agrotóxicos, haverá sempre o favorecimento na tomada de decisão de grupos interessados que têm vantagens econômicas ou que enfrentam despesas ao deixar de adotar essa prática.

O tema deste estudo está em constante evolução, como por exemplo, o estudo desenvolvido por Mascarin e colaboradores (2023) forneceu uma descoberta

científica. Pois, ao analisar o cultivo líquido do fungo *B. bassiana* e os efeitos da pressão osmótica sobre ele, pode-se notar que o ajuste preciso da pressão osmótica é capaz de diminuir a diluição do líquido de cultivo desses microrganismos, resultando em maior eficiência e eficácia na produção de biopesticidas à base de fungos. Essa descoberta indica a possibilidade de melhorar a fabricação de produtos biológicos, tais como micopesticidas, e até mesmo substituir totalmente os produtos químicos convencionais no mercado brasileiro.

Além disso, outra pesquisa realizada pela Embrapa (2023) confirma a eficácia dos FEs. Foi desenvolvido um inseticida microbiológico com fungo *Metarhizium anisopliae*, isolado do solo do município Macapá (AP) para controlar a mosca-da-carambola (considerado inédito no combate a essas pragas), com eficácia de 87% em campo, atuando sobre as larvas, pupas e adultos de pragas ainda no solo e sem causar danos ao meio ambiente.

Em suma, os principais resultados encontrados nos estudos mostram-se favoráveis para os fungos entomopatogênicos serem possíveis alternativas aos agrotóxicos no controle de insetos-praga no Brasil e no mundo, sobretudo no território brasileiro, que tem provavelmente boas condições climáticas (temperatura, umidade, diferentes estações do ano, diversidade ecológica), resultando no sucessos desses fungos como agentes de controle.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, a análise adotou uma abordagem multifacetada com o objetivo de explorar de forma ampla e aprofundada diferentes perspectivas ligadas aos fungos entomopatogênicos, incluindo desde uma visão geral sobre os agrotóxicos, o controle biológico, a relação dos insetos com os FEs, até considerações detalhadas sobre os mecanismos de infecção, dentre outros pontos importantes. Essa abordagem permitiu uma compreensão clara e ampla desses agentes como alternativa aos agrotóxicos, sendo possível destacar algumas considerações importantes.

Constatou-se que o mecanismo de infecção dos FEs é um dos principais motivos pelos quais esses microrganismos são agentes de controle eficientes. Isso se deve à alta especificidade de sua ação, capacidade de causar menor dano ao meio ambiente, diferentes maneiras de penetração nos hospedeiros, persistência no ambiente e produção de substâncias essenciais, como enzimas, proteínas e metabólitos. Além disso, notou-se que os bioprodutos cresceram nesses últimos anos no país.

Observou-se também que os fungos entomopatogênicos enfrentam desafios significativos para alcançar seu progresso no Brasil e no mundo. Os desafios envolvem a competição com os agrotóxicos, que ainda são comercializados em grande escala no país; envolvem questões sociopolíticas, bem como, ineficiência no processo de registro de bioprodutos.

Além disso, a literatura permitiu compreender questões importantes que influenciam a viabilidade dos FEs, evidenciando que embora esses microrganismos tenha um mecanismo de infecção único e se destaquem dos demais entomopatógenos, fatores bióticos e abióticos (ambientais) podem comprometer as infecções de pragas em campo, e consequentemente afetar diretamente sua persistência e eficácia.

Dito isto, considera-se que os objetivos do estudo foram alcançados, visto que foi possível verificar, através dos materiais consultados, a eficácia dos FEs como agentes de controle não somente no Brasil, mas também em outros países. E apesar dos desafios mencionados ao longo deste trabalho, os FEs podem ser aprimorados com estudos futuros.

Diante dessas considerações, recomenda-se um maior estudo sobre a interação patógeno-hospedeiro para trabalhos futuros, pois esse aprofundamento pode fornecer informações para o desenvolvimento de estratégias de controle de pragas, e, conseqüentemente, favorecer avanços de práticas agrícolas no mercado brasileiro.

Por fim, este estudo contribui para a divulgação de conhecimento sobre a aplicação de fungos entomopatogênicos como opção aos agrotóxicos no controle de insetos malefícios, mostrando sua importância na redução do uso de agrotóxicos. Além disso, incentiva estudos aplicados, conduzindo ao desenvolvimento de práticas eficazes de aplicação, melhores formulações e manejo ecológico.

7 REFERÊNCIAS

- ABD-ELGAWAD, M. M. Towards optimization of entomopathogenic nematodes for more service in the biological control of insect pests. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 29, n. 1, p. 1-8, 2019.
- ABREU, J. A. S.; ROVIDA, A. F. S.; CONTE, H. Controle biológico por insetos parasitóides em culturas agrícolas no Brasil: revisão de literatura. **Revista UNINGÁ Review**, v.22, n.2, p.22-25, 2015.
- AGROW REPORTS. **Agr Ow' S Complete Guide To Generic Pesticides: Business Strategies**. v. 3. 2007. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20023056713>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- AGUIAR-MENEZES, E. L. Controle biológico: na busca pela sustentabilidade da agricultura brasileira. **Campo & Negócios**, v. 4, n. 42, p. 66-67. 2006.
- ALAY, K. Studies on biological control possibilities of *Pulvinaria floccifera* with *Verticillium lecanii*. **Plant Protection Bulletin**, v. 5, n. 3, p. 113-120, 1965.
- ALMEIDA, J. E. M.; BATISTA FILHO, A. A. A indústria do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae*. **Simpósio de controle biológico**, v. 10, 2007.
- ALTIERI, M. A. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. Revista e ampl. Rio de Janeiro: Expressão Popular / ASPTA, p. 400, 2012.
- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. O Papel da Biodiversidade no Manejo de Pragas. Ribeirão Preto: Holos, p. 226, 2003.
- ALVES FILHO, J. P. Receituário agrônomo: a construção de um instrumento de apoio à gestão dos agrotóxicos e sua controvérsia. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- ALVES, L.F.A., M.H. GASSEN, F.G.S. PINTO, P.M.O.J. NEVES & S.B. ALVES. Ocorrência natural de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuilleman (Moniliales: Moniliaceae) sobre cascudinho, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) em aviários comerciais de abntCascavel, PR. **Neotropical Entomology**. 34: 507-510, 2005.
- ALVES, S. B. Perspectivas para utilização de fungos entomopatogênicos no controle de pragas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 13, p. 77-86, 1992.
- ALVES, S. B. Produção de fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. (Ed). **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba, FEALQ, p. 1163, 1998.
- ALVES, S. B. Produção de fungos entomopatogênicos. **Controle microbiano de insetos**. São Paulo: Manole 1986.

ALVES, S. B.; LECUONA, R. E. Epizootiologia aplicada ao controle microbiano de insetos. **Controle microbiano de insetos**, 1998.

ALVES, S. B.; LOPES, R. B.; PEREIRA, R. M.; TAMAI, M. A. O controle microbiano na América Latina. *In*: ALVES, S. B.; LOPES, R. B. (Eds.). **Controle Microbiano de pragas na América Latina-Avanços e Desafios**. Piracicaba: FEALQ, p. 21-48, 2008.

ALVES, S.B.; LOPES, R.B. Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios. **Piracicaba - FEALQ**, p. 414, 2008.

ARAÚJO, J. L. O.; QUIRINO, Z. G. M.; NETO, P. C. G.; ARAÚJO, A. C. Síndromes de polinização ocorrentes em uma área de mata atlântica, Paraíba, Brasil. **Anais VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu, MG, 2007.

ARAÚJO, J. P. M.; HUGHES, D. P. Diversidade de fungos entomopatogênicos: quais grupos conquistaram o corpo do inseto?. **Avanços na genética**, v. 94, p. 1-39, 2016.

ARENDS, J.J. 1987. Control, management of the litter beetle. **Poult. Digest**. 172-176.

ASSUNÇÃO, W.C.G. & HPADAYAY, H.P. Recentes avanços no uso de fungos como agentes de controle biológico de insetos e nematóides. *In*: SEMINÁRIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 2., Brasília. Resumos. Brasília, 1990. p.113, 1990.

ATHANASSIOU, C. G.; KAVALLIERATOS, N. G.; VAYIAS, B. J.; TSAKIRI, J. B.; MIKELI, N. H.; MELETIS, C. M.; TOMANOVIC, Z. Persistence and efficacy of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) and diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on wheat and maize. **Crop Protection**, v. 27, n. 10, p. 1303–1311, 2008.

BADII, M. H.; ABREU, J. L. Biological control a sustainable way of pest control. **International journal of good conscience**, v. 1, n. 1, p. 82-89, 2006.

BAILEY, K. L.; BOYETCHKO, S. M.; LÄNGLE, T. J. B. C. Social and economic drivers shaping the future of biological control: a Canadian perspective on the factors affecting the development and use of microbial biopesticides. **Biological Control**, v. 52, n. 3, p. 221-229, 2010.

BAKER, B. P.; GREEN, T. A.; LOKER, A. J. Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. **Biological Control**, v. 140, p. 104095, 2020.

BALFOUR-BROWNE, F. L. The green muscardine diseases of insects with special reference to an epidemic in a swarm of Locusts in ERITREA. **Proceedings of Royal Entomological Society of London**, v. 12, p. 1298-1301, 1960.

BATISTA FILHO, A. Controle biológico e o manejo integrado de pragas. **Biológico**, v. 55, p. 36-39, 1989.

BRASIL. Ministério da Saúde Agência Nacional de Vigilância Sanitária/ Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiado-RDC N° 222, de 28 de março de 2018**. Disponível em:

https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2018/rdc0222_28_03_2018.pdf. Acesso em: 23 fev. 2024.

BEHIE, S. W.; JONES, S. J.; BIDOCHKA, M. J. Plant tissue localization of the endophytic insect pathogenic fungi *Metarhizium* and *Beauveria*. **Fungal Ecology**, v. 13, p. 112-119, 2015.

BELCHIOR, D. C. V.; SARAIVA, A. S.; LÓPEZ, A. M. C.; SCHEIDT, G. N. Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 34, n. 1, p. 135-151, 2017.

BERNARDI, E.; PINTO, D. M.; NASCIMENTO, J. S.; RIBEIRO, P. B.; SILVA, C. I. Efeito dos fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* sobre o desenvolvimento de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) em laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, p. 127-129, 2022.

BETTIOL, W. Biopesticide use and research in Brazil. **Outlooks on Pest Management**, v. 22, n. 6, p. 280-283, 2011.

BIDOCHKA, M. J. *et al.* **Phylogeography of Metarhizium, an insect pathogenic fungus**. New York: Insect-fungal associations, 2005. p. 28-49.

BISCHOFF, J. F.; REHNER, S. A.; HUMBER, R. A. A multilocus phylogeny of the *Metarhizium anisopliae* lineage. **Mycologia**, v. 101, p. 512-530, 2009.

BLANCO, J. A.; LO, Y-H. **Forest Ecosystems: More Than Just Trees**. Croácia: IntechOpen, 2012.

BOOMSMA, J.; JENSEN, A.; MEYLING, N.; EILENBERG, J. Evolutionary interaction networks of insect pathogenic fungi. **Annual Review of Entomology**, v. 59, p. 467-485, 2014.

BOTELHO, A. A. A.; MONTEIRO, A. C. Sensibilidade de fungos entomopatogênicos a agroquímicos usados no manejo da cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 70, p. 361-369, 2011.

BOUCIAS, D. G.; PENDLAND, J. C.; LATGE, J. P. Nonspecific factors involved in attachment of entomopathogenic deuteromycetes to host insect cuticle. **Applied and environmental microbiology**, v. 54, n. 7, p. 1795-1805, 1988.

BRASIL. **Decreto nº 7.272, de 25 de agosto de 2010**. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1024901/decreto-7272-10>. Acesso em: 27 fev. 2024.

BRECHT, A. Manejo Ecológico de Pragas e Doenças. **Santiago: Rede de Ação em Praguicidas e suas Alternativas para a América Latina (RAP-AL)**, 1ª Ed., p. 33, 2004.

BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. **Revista de Educação do Vale do Arinos-RELVA**, v. 3, n. 2, 2016

BURGES, H. D. **Microbial control of pests and plant diseases 1970-80**. 1981. CABI DATABASES. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19810587596>. Acesso em: 20 fev. 2024.

BURGES, H. D. Safety, Safety Testing and Quality Control of Microbial Pesticides. In: BURGES, H. D. **Microbial control of pests and plant diseases**. London: Academic Press, p. 738-768, 1981.

BUSTAMANTE, D. E.; OLIVA, M.; LEIVA, S.; MENDOZA, J. E.; BOBADILLA, L.; ANGULO, G.; CALDERÓN, M. S. Phylogeny and species delimitations in the entomopathogenic genus *Beauveria* (*Hypocreales*, *Ascomycota*), including the description of *B. peruviana* sp. nov. **MycoKeys**, v. 58, p. 47, 2019.

BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (Ed.). **Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential**. CABI publishing, 2001.

CALDAS, E. D.; SOUZA, L. C. K. R. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, p. 529-537, 2000.

CAMPANHOLA, C. *et al.* **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

CARNEIRO, F.F.; RIGOTTO, R. M.; AUGUSTO, L. G. S.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. (Org.). Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CARNEIRO, R. **Fungos como agentes de controle biológico de pragas agrícolas: uma revisão bibliográfica**. 2023. 38 p. Monografia (Curso de Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2023.

CASARIN, S. T. *et al.* Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do Journal of Nursing and Health/Types of literature review: considerations of the editors of the Journal of Nursing and Health. **Journal of Nursing and Health**, v. 10, n. 5, 2020.

CASTELO BRANCO, M.; FRANCE, F.; FONTES, R. R. Relative efficiency of insecticides mixed with mineral oil on the level of economic damage from tomato moth. **Brazilian Horticulture**, Brasília, DF, v. 14, n. 1, p. 36-38, maio 1996.

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, p. 46-56, 2005.

CASTRO, T. *et al.* Persistência de isolados brasileiros dos fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* e *M. robertsii* em solo de cultura de morango após aplicação de irrigação no solo. **Agricultura, Ecossistemas e Meio Ambiente**, v. 233, p. 361-369, 2016.

CHAIN, A. Impacto ambiental de agroquímicos e pesticidas. **Revista Brasileira de Toxicologia**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 9-10, 1995.

CHARNLEY, A. K. Physiological aspects of destructive pathogenesis in insects by fungi: a speculative review. *In: Symposium series-British Mycological Society*. 1984.

CHEN, J-W.; LIU, B-L.; TZENG, Y-M. Purification and quantification of destruxins A and B from *Mearhizium anisopliae*. **Journal of Chromatography**, v. 830, p. 115-125, 1999.

COLE, G. T; HOCH, H. C. **The fungal spore and the onset of diseases in plants and animals**. New York: Plenary, 1991.

COPPING, L. G.; MENN, J. J. Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. **Pest Management Science: Formerly Pesticide Science**, v. 56, n. 8, p. 651-676, 2000.

CORDEIRO, A. M. *et al.* Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do colégio brasileiro de cirurgiões**, v. 34, p. 428-431, 2007.

DALZOTO, P. R.; UHRY, K. F. Controle biológico de pragas no Brasil por meio de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Biológico, São Paulo**, v. 71, n. 1, p. 37-41, 2009.

DE MORAES, R. F. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Texto para Discussão, 2019.

DEMİRCİ, F. *et al.* Entomopatojen *Paecilomyces farinosus*' un turunçgil unlu biti *Planococcus citri* ve bağı unlu biti *Planococcus ficus* üzerine etkinliği ve bazı fungusitlerle etkileşimleri. Ankara, 2008. p. 86. Disponível em: <https://search.trdizin.gov.tr/tr/yayin/detay/609016>. Acesso em: 25 fev. 2024.

DIAS, B. A.; NEVES, P. M. O. J.; FURLANETO-MAIA, L.; FURLANETO, M. C. Cuticle Degrading Proteases Produced By The Entomopathogenic Fungus *Beauveria Bassiana* In The Presence Of Coffee Berry Borer Cuticle. **Brazilian Jornal of Microbiology**, n. 39 p. 301-306, 2008.

DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. H. **Compendium of soil fungi**. New York: Academic, 1980. v.1. p. 859.

DORES, E. F. G. C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. N. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas: vias de contaminação e dinâmica dos pesticidas no ambiente aquático. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 9, p. 1-18, 1999.

DRIVER, F.; MILNER, R. J.; TRUEMAN, J. W. H. A taxonomic revision of *Metarhizium* based on a phylogenetic analysis of rDNA sequence data. **Mycological Research**, v.104, n.2, p.134-150, 2000.

DRIVER, F. *et al.* PCR applications to the taxonomy of entomopathogenic fungi. **Applications of PCR in Mycology**, p. 153-186, 1998.

EKEN, C.; DEMİRCİ, E. Use of fungi in biological control. **Journal of Agricultural Faculty of Atatürk University**, v. 28, p. 138-152, 1997.

ELSWORTH, J. F.; GROVE, J. F. Cyclodepsipeptides from *Beauveria bassiana* Bals. Part 1. Beauverolides H and I. **Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1**, n. 3, p. 270-273, 1977.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Pesquisadores isolam fungo do solo em Macapá para produzir bioinseticida contra moscas-das-frutas**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/84006638/pesquisadores-isolam-fungo-do-solo-em-macapa-para-produzir-bioinseticida-contra-moscas-das-frutas>. Acesso em: 10 mar. 2024.

FARIA, M. R.; MAGALHÃES, B. P. O uso de fungos entomopatogênicos no Brasil. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 22, n. 1, p. 18-21, 2001.

FARIA, M. R.; WRIGHT, S. P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**, v. 43, n. 3, p. 237-256, 2007.

FARIA, N. M. X.; ROSA, J. A. R.; FACCHINI, L. A. Intoxicações por agrotóxicos entre trabalhadores rurais de fruticultura, Bento Gonçalves, RS. **Revista de Saúde Pública**, v. 2, p. 335-344, 2009.

FERREIRA A.; MAROCO, E.; YONAMINE, M.; OLIVEIRA, M. L. F. Intoxicações por inseticidas organofosforados e carbamatos no noroeste do Paraná, Brasil, de 1994 a 2005: aspectos clínicos e epidemiológicos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 3, p. 407-415, 2008.

FERREIRA, M. L. P. C. A pulverização aérea de agrotóxicos no Brasil: cenário atual e desafios. **Revista de Direito Sanitário**, v. 15, n. 3, p. 18-45, 2014.

FERRON, P. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. **Annual review of entomology**, v. 23, n. 1, p. 409-442, 1978.

Ferron, P. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. **Annual Review of Entomology**, v.23, p. 409-442, 1978.

FINKLER, C. L. L. Controle de insetos: uma breve revisão. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 8, p. 169-189, 2011.

FRANCESCHINI, M.; GUIMARÃES, A. P.; CAMASSOLA, M.; FRAZZON, A. P.; BARATTO, C. M.; KOGLER, V.; SILVA, M.V.; DUTRA, V.; NAKAZOTO, L.; CASTRO, L.; SANTI, L.; VAINSTEIN, M. H.; SCHRANK, A. Biotecnologia aplicada ao controle biológico. **Revista Biotecnologia, ciência e desenvolvimento**, n. 23, p. 32-37, 2001.

FRAZZON, A. P. G.; VAZ JR, I. S.; MASUDA, A.; SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. In vitro assessment of *Metarhizium anisopliae* isolates to control the cattle tick *Boophilus microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 94, p. 117-125, 2000.

FRIEDRICH, K.; SILVEIRA, G. R.; AMAZONAS, J. C.; GURGEL, A. M.; ALMEIDA, V. E. S.; SARPA, M. Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: Potencial de danos à saúde e impactos ambientais. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, 2021.

FUTINO, A. M; SALLES FILHO, S. A biotecnologia na agricultura brasileira: A indústria de defensivos agrícolas e o controle biológico. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 38, p. 45-88, 1991.

FUXA, J. R.; TANADA, Y. **Epizootiology of insect diseases**. Louisiana: John Wiley & Sons, 1991.

GALLO, D. *et al.* Métodos de controle de pragas. *In*: GALLO, D. *et al.* (Eds). **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, p. 243-353, 2002.

GALLO NETTO C. Nem o leite materno escapa da contaminação. **Jornal da Unicamp**, 2009.

GAMS, W.; ZARE, R. A revision of *Verticillium* sect. *Prostrata*. III. **Generic classification**. v. 72, p. 329-337, 2001.

GILLESPIE, J. P.; BATEMAN, R.; CHARNLEY, A. K. Role of cuticle-degrading proteases in the virulence of *Metarhizium* spp. for the desert locust, *Schistocerca gregaria*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 71, p. 128-137, 1998.

GLIESSMAN, S.R. Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável. 3.ed. Porto Alegre: UFRGS, p. 653, 2005.

GROTH, M. *et al.* Control of wheat stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in southern Brazil using the fungus 'Metarhizium anisopliae'. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 3, p. 360-366, 2017.

GUL, H. T.; SAEED, S.; KHAN, F. Z. A. Entomopathogenic fungi as effective insect pest management tactic: A review. **Applied Sciences and Business Economics**, v. 1, n. 1, p. 10-18, 2014.

GUNNELL, D.; EDDLESTON, M.; PHILLIPS, M.R.; KONRADSEN, F. The global distribution of fatal pesticide self-poisoning: Systematic review. **BMC Public Health**, v. 7, p. 357, 2007.

GURULINGAPPA, P.; SWORD, G. A.; MURDOCH, G.; MCGEE, P. A. Colonization of crop plants by fungal entomopathogens and their effects on two insect pests when *in planta*. **Biological Control**, v. 55, n. 1, p. 34-41, 2010.

GUTIÉRREZ, C. G.; MALDONADO, M. B. G. Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. **Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible**, v. 6, n. 1, p. 17-22, 2010.

GUYTON, K. Z.; GROSSE, Y.; GHISSASSI, F. E.; BENBRAHIM-TALLAA, L.; GUHA, N.; SCOCCIANTI, C.; MATTACK, H.; STRAIF, K. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. **The Lancet**, v. 16, n. 5, p. 490-491, 2015.

HENKE, M. O.; HOOG, G.S.; GROSS, U.; ZIMMERMANN, G.; KRAEMER, D.; WEIG, M. Human deep tissue infection with an entomopathogenic *Beauveria* species. **Journal of clinical microbiology**, v. 40, n. 7, p. 2698-2702, 2002.

HESKETH, H.; ROY, H. E.; EILENBERG, J.; PELL, J. K.; HAILS, R. S. Challenges in modelling complexity of fungal entomopathogens in semi-natural populations of Insects. **BioControl**, v. 55, p. 55-73, 2010.

HESS, S. C.; NODARI, R. O.; LOPES-FERREIRA, M. Agrotóxicos: críticas à regulação que permite o envenenamento do país. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 57, 2021.

HUGHES, D. P.; ARAÚJO, J. P. M.; LORETO, R. G.; QUEVILLON, L.; DE BEKKER, C.; EVANS, H. C. From so simple a beginning: the evolution of behavioral manipulation by fungi. **Advances in genetics**, v. 94, p. 437-469, 2016.

IGNOFFO, C. M. Effects of entomopathogens on vertebrates. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 217, n. 1, p. 141-164, 1973.

IMOULAN, A.; HUSSAIN, M.; KIRK, P. M.; MEZIANE, A. E.; YAO, Y. Entomopathogenic fungus *Beauveria*: host specificity, ecology and significance of morpho-molecular characterization in accurate taxonomic classification. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 20, n. 4, p. 1204-1212, 2017.

INGABIRE, C. M.; HAKIZIMANA, E.; RULISA, A.; KATEERA, F.; VAN DEN BORNE, B.; MUVUNYI, C. M.; MUTESA, L.; VAN VUGT, M.; KOENRAADT, C. J. M.; TAKKEN, W.; ALALI, J. Community-based biological control of malaria mosquitoes using *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) in Rwanda: community awareness, acceptance and participation. **Malaria Journal**, v. 16, n. 1, p. 399, 2017.

INGLIS, G.D.; GOETTEL, M.S.; BUTT, T.M.; STRASSER, H. Use of Hyphomycetous fungi for managing insect pests. *In*: BUTT, T.M.; JACKSON, C. W. Y.; MAGAN, N.

Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potencial. CABI Internacional: Wallingford, UK, p. 23-69, 2001.

INOBEME, A.; MATHEW, J. T.; OKONKWO, S.; AJAI, A. I.; JACOB, J. O.; OLORI, E. Pesticide residues in food: distribution, route of exposure and toxicity: in review. **MOJ Food Process Technols**, v. 8, n.3, p. 121-124, 2020.

JACKSON, M. A. Optimizing nutritional conditions for the liquid culture production of effective fungal biological control agents. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 19, p.180-187, 1997

JACKSON, M. A.; DUNLAP, C. A.; JARONSKI, S. T. Ecological considerations in producing and formulating fungal entomopathogens for use in insect biocontrol. **BioControl**, v. 55, p. 129-145, 2010.

JÄKEL, T.; PROMKERD, P.; SITTHIRATH, R.; GUEDANT, P.; KHOPRASERT, Y. Biocontrol of rats in an urban environment in Southeast Asia using *Sarcocystis singaporensis*. **Pest management science**, v. 75, n. 8, p. 2148-2157, 2019.

JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. Exposição humana a substâncias químicas químicas tóxicas na dieta e os riscos para a saúde. **Química Nova**, v. 32, p. 1898-1909, 2009.

JARONSKI, S. T. Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens. **BioControl**, v. 55, p. 159-185, 2010.

JARONSKI, Stefan T. et al. Soil ecology of the entomopathogenic ascomycetes: a critical examination of what we (think) we know. In: **Use of Entomopathogenic Fungi in Biological Pest Management**, p. 91-144, 2007.

JOKANOVIĆ, M. Neurotoxic effects of organophosphorus pesticides and possible association with neurodegenerative diseases in man: A review. **Toxicology**, v. 410, p. 125-131, 2018.

KARLSSON, S. I. Agricultural pesticides in developing countries – A multilevel governance challenge. **Environment**, v. 46, p.22-41, 2004.

KHACHATOURIANS, G. G.; QAZI, S. S. Entomopathogenic fungi: biochemistry and molecular biology. In: BRAKHAGE, A. A.; ZIPFEL, P. F. (Eds). **Human and animal relationships**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 33-6, 2008.

KHAN, S. *et al.* Entomopathogenic fungi as microbial biocontrol agent. **Molecular Plant Breeding**, v. 3, n. 7, 2012.

KIM, J. J. Influence of *Lecanicillium attenuatum* on the development and reproduction of the cotton aphid, *Aphis gossypii*. **Biological Control**, v. 52, n. 6, p. 789-799, 2007.

LABUSCHAGNE, L.; SWANEPOEL, L. H.; TAYLOR, P. J.; BELMAIN, S. R.; KEITH, M. Are avian predators effective biological control agents for rodent pest management in agricultural systems?. **Biological Control**, v. 101, p. 94-102, 2016.

- LACEY, L. A.; GRZYWACZ, D.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; FRUTOS, R.; BROWNBRIDGE, M.; GOETTEL, M. S. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. **Journal of invertebrate pathology**, v. 132, p. 1-41, 2015.
- LACEY, Lawrence A. et al. Insect pathogens as biological control agents: do they have a future? **Biological Control**, v. 21, n. 3, p. 230-248, 2001.
- LEGER, R. J. S. *et al.* Role of extracellular chemoelastases in the virulence of *M. anisopliae*. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 253, p. 21-232, 1988b.
- LEGER, R. J. S. *et al.* Role of extracellular chymoelastase in the virulence of *Metarhizium anisopliae* for *Manduca sexta*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 52, n. 2, p. 285-293, 1988a.
- LEGER, R. J.; MAY, B.; ALLEE, L. L.; FRANK, D. C.; STAPLES, R. C.; ROBERTS, D. W. Genetic differences in allozymes and in formation of infection structures among isolates of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 60, p. 89-101, 1992.
- LEITE, L. G.; BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M. In; ALVES, S. B. Produção de Fungos Entomopatogênicos. Ribeirão Preto: A.S. Pinto, 2003a. 92 p.
- LITWIN, A.; NOWAK, M.; RÓŻALSKA, S. Entomopathogenic fungi: unconventional applications. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 19, p. 23-42, 2020.
- LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em debate**, v. 42, p. 518-534, 2018.
- LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Desafios e avanços no controle de resíduos de agrotóxicos no Brasil: 15 anos do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, p. 1-14, 2021.
- LOPES, R. B. *et al.* Virulence and horizontal transmission of selected Brazilian strains of *Beauveria bassiana* against *Cosmopolites sordidus* under laboratory conditions. **Bulletin of Insectology**, v. 64, n. 2, p. 201-208, 2011.
- LORENCETTI, G. A. T. *et al.* Eficiência de *Beauveria bassiana* Vuill. e *Isaria sp.* para o controle de *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae). **Ciência Florestal**, v. 28, p. 403-411, 2018.
- LOUTELIER, C.; CHERTON, J-C.; LANGE, C.; TRARIS, M.; VEY, A. Studies on the dynamics of the productions of destruxins by *Metarhizium anisopliae*. Direct high-performance liquid chromatographic and fast atom bombardment mass spectrometric analysis correlated with biological activity tests. **Jornal of Chromatography**, v. 738, p. 181-189, 1996.
- LUNA, E. A.; AZEVEDO, J. L. Obtenção de possíveis diploides entre linhagens de *Metarhizium anisopliae*. **Ciência e Cultura**, v. 37, p. 721-731, 1985.

MAGALHAES, B. P. *et al.* The use of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* against the grasshopper *Rhammatocerus schistocercoides* in Brazil. **Journal of Orthoptera Research**, v. 10, p. 199-202, 2001.

MAGALHÃES, B. P.; MONNERAT, R.; ALVES, S. B. Interações entre entomopatógenos, parasitóides e predadores, p.195-216. *In*: ALVES, S. B. (Ed). **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba, FEALQ, p. 1163, 1998.

MANNINO, M. C.; HUARTE-BONNET, C.; DAVYT-COLO, B.; PEDRINI, N. Is the Insect Cuticle the only Entry Gate for Fungal Infection? Insights into Alternative Modes of Action of Entomopathogenic Fungi. **Journal of Fungi**, v. 5, n. 2, p. 33, 2019.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 95-112, 2012.

MARANHÃO, E. A. A.; DE ALBUQUERQUE MARANHÃO, E. H. Hongos entomopatógenos: importante herramienta para el control de “moscas blancas” (Homoptera: Aleyrodidae). **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 5, p. 209-242, 2008.

MARANHÃO, E. A. A.; MARANHÃO, E. H. A. Hongos entomopatógenos: importante herramienta para el control de “moscas blancas” (Homoptera: Aleyrodidae). **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 5, p. 209-242, 2009.

MARCELINO, A. F.; WACHTEL, C. C.; GHISI, N. C. Are our farm workers in danger? Genetic damage in farmers exposed to pesticides. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 3, p. 358, 2019.

MASCARIN, G. M. *et al.* Current status and perspectives of fungal entomopathogens used for microbial control of arthropod pests in Brazil. **Journal of invertebrate pathology**, v. 165, p. 46-53, 2019.

MASCARIN, G. M. *et al.* Impact of osmotic stress on production, morphology, and fitness of *Beauveria bassiana* blastospores. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 107, n. 15, p. 4815–4831, 2023.

MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, p. 1-26, 2016.

MASCARIN, G. M.; PAULI, G. Bioprodutos à base de fungos entomopatogênicos. *In*: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (Coord.). **Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica**. Viçosa, MG: Epamig, v. 4, p. 169-195, 2010.

MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, p. 1–26, 2016.

MCCOY, C. W. *et al.* **Handbook of Natural Pesticides**. p. 151-236, 1988.

MCCOY, C. W.; SAMSON, R. A.; BOUCIAS, D. G. Entomogenous fungi. *In*: IGNOFFO, C. M.; MANDAVA, N. B.(Eds.). **Handbook of natural pesticides. Microbial insecticides, part A: entomogenous protozoa and fungi**. Boca Raton: CRC Press, 1988. v.5, p.151-236. apud TANADA, Y.; KAYA, H.K., 1992. p.318-387

MEDEIROS, F.R. Patogenicidade de fungos a mosca-negra-dos-citros e compatibilidade entre agrotóxicos e *Purpureocillium lilacinum*. Tese apresentada à faculdade de ciências agrônômicas da UNESP. campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em agronomia (proteção de plantas).2016. 86f.

MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Controle biológico**. São Paulo: EMBRAPA, 1998. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/12980/controle-biologico>. Acesso em: 23 fev. 2024.

MENCK, V. F.; COSSELLA, K. G.; OLIVEIRA, J. M. Resíduos de agrotóxicos no leite humano e seus impactos na saúde materno-infantil: resultados de estudos brasileiros. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 22, n. 1, p. 608-617, 2015.

MEYLING, N. V.; EILENBERG, J. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. **Biological control**, v. 43, n. 2, p. 145-155, 2007.

MEYLING, N. V.; EILENBERG, J. Isolation and characterisation of *Beauveria bassiana* isolates from phylloplanes of hedgerow vegetation. **Mycological Research**, v. 110, n. 2, p. 188-195, 2006.

MICHEREFF FILHO, M. *et al.* Micoínseticidas e micoacaricidas no Brasil: como estamos após quatro décadas?. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, p. 769-779, 2021.

MICHEREFF FILHO, M.; FARIA, M. R.; OLIVEIRA, S. O. D.; SOUZA, R. E. T.; ALLAM, T. D.; BARON, E. B.; OLIVEIRA, M. W. M.; GUIMARÃES, J. A.; LIZ, R. S.; SCHMIDT, F. G. V. Desenvolvimento de biopesticida à base de *Beauveria bassiana* para controle de *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). Brasília: EMBRAPA, p. 1-29, 2009.

MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. Proteção de plantas na agricultura sustentável. **Universidade Federal Rural de Pernambuco**, 2001.

MONNERET, C. O que é um desregulador endócrino? **Comptes Rendus Biologies**. v. 340, p. 403-405, 2017.

MORA, M. A. E. Fungos entomopatogênicos isolados de solos de um fragmento de Mata Atlântica. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, UFRRJ, Seropédica - RJ, p. 137, 2015.

MORA, M. A. E.; CASTILHO, A. M. C.; FRAGA, M. E. Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, p. 1-10, 2018.

MORAES, R. F. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Brasília, 2019. p. 84. Disponível em: <https://www.econstor.eu/handle/10419/211457>. Acesso em: 20 fev. 2024.

MOREIRA, J. C.; JACOB, S. C.; PERES, F.; LIMA, J. S.; MEYER, A.; OLIVEIRA-SILVA, J. J.; SARCINELLI, P. N.; BATISTA, D. F.; EGLER, M.; FARIA, M. V. C.; ARAÚJO, A. J.; KUBOTA, A. H.; SOARES, M. O.; ALVES, S. R.; MOURA, C. M.; CURI, R. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 7, p. 299-311, 2002.

MUNGUÍA, A. M. G.; HERNÁNDEZ, J. G.; TELLEZ, E. R.; PÉREZ, M. R.; VILLANUEVA, F.R. Transmission of *Beauveria bassiana* from male to female. **Parasites & Vectors**, v. 4, n. 24, p. 1-6, 2011.

OERKE, E. C. Perdas de colheitas devido a pragas. **A Revista de Ciência Agrícola**, v. 144, n. 1, p. 31-43, 2006.

OERKE, E. C.; DEHNE, H. W. Salvar a produção – perdas nas principais culturas e o papel da protecção das culturas. **Protecção de cultivos**, v. 23, n. 4, p. 275-285, 2004.

OLIVEIRA, A. M.; MARACAJÁ, P. B.; DINIZ FILHO, E. T.; LINHARES, P. C. F. Controle biológico de pragas em cultivos comerciais como alternativa ao uso de agrotóxicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2006.

ONDIKA, S. et al. 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**, v. 153, p. 41-48, 2008.

ONOFRE, S. B.; VARGAS, L. R. B.; ROSSATO, M.; BARROS, N. M.; BOLDO, J. T.; NUNES, A. R. R.; AZEVEDO, J. L. Controle biológico de pragas na agropecuária, por meio de fungos entomopatogênicos. In: SERAFINI, L. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L. **Biotecnologia: Avanços na agricultura e na agroindústria**. Caxias do Sul: EDUCS, p. 297-317, 2002.

ORTIZ-URQUIZA, A.; KEYHANI, N. O. Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. **Insects**, v. 4, n. 3, p. 357-374, 2013.

PARRA, J. R. P. A prática do controle biológico de pragas no Brasil. *In*: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. **Controle Biológico de pragas: na prática**. Piracicaba: Prol, p. 11-24, 2006.

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

PARRA, J. R. P. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. Editora Manole, 2002.

PARRA, J. R. P. O controle biológico e o manejo de pragas: passado, presente e futuro. *In*: GUEDES, J. C.; COSTA, I.D.; CASTIGLIONI E. (Eds.). **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: UFSM, p. 59-70, 2000.

PARRA, J. R. P. Situação atual e perspectivas do controle biológico, através de liberações inundativas no Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 27, p. 271-279, 1992.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle Biológico: Terminologia, p. 1-13. *In*: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Eds.). **Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores**. São Paulo: Manole, 2002.

PATOCKA, J. Bioactive metabolites of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*. **Military Medical Science Letters**, v. 85, n. 2, p. 80, 2016.

PEDRAS, M. S. C.; ZAHARIA, L. I.; WARD, D. E. The destruxins: sunthesis, biosynthesis, biotransformation, and biological activity. **Phytochemistry**, v. 59, p. 579-596, 2002.

PEDRINI, N. Molecular interactions between entomopathogenic fungi (*Hypocreales*) and their insect host: Perspectives from stressful cuticle and hemolymph battlefields and the potential of dual RNA sequencing for future studies. **Fungal Biology**, v. 122, n. 6, p. 538–545, 2018.

PEREIRA, M. F. A.; BENEDETTI, R. A. L.; ALMEIDA, J. E. M. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (metsch.) Sorokin no controle de *Deois flavopicta* (stal., 1854), em pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, p. 465-469, 2022.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. Saúde e meio ambiente em sua relação com o consumo de agrotóxicos em um pólo agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 4, p. 612-621, 2007.

PERTOT, I.; GIOVANNINI, O.; BENANCHI, M.; CAFFI, T.; ROSSI, V.; MUGNAI, L. Combining biocontrol agents with different mechanisms of action in a strategy to control *Botrytis cinerea* on grapevine. **Crop Protection**, v. 97, p. 85-93, 2017.

PETCH, T. Notes on entomopatogenous fungi. Transaction of the British **Mycological Society**, v.16, p.55-75,1931.

PINTO, A. S.; BARRETO, C. C.; SCHANK, A.; ULHOA, C. J.; VAINSTAIN, M. H. Purification and characterization of an extracellular chitinase from the entomopathogenic *Metarhizium anisopliae*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 322-327, 1997.

POINAR, J. R. G. O.; THOMAS, G. M. A fossil entomogenous fungus from Dominican amber. **Experientia**, v. 40, n. 6, p. 578-579, 1984.

PORTO, M. F.; SOARES, W. L. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista brasileira de Saúde ocupacional**, v. 37, p. 17-31, 2012.

POSADA, F.; VEGA, F. E. Establishment of the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as an endophyte in cocoa seedlings (*Theobroma cacao*). **Mycologia**, v. 97, n. 6, p. 1195-1200, 2005.

POTRICH, M.; ALVES, L. F. A.; HAAS, J.; SILVA, E. R. L.; DAROS, A.; PIETROWSKI, V.; NEVES, P. M. O. Seletividade de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, v. 38, p. 822-826, 2009.

POTTERAT, O.; WAGNER, K.; HAAG, H. Liquid chromatography electrospray time-of-flight mass spectrometry for online accurate mass determination and identification of cyclodepsipeptide in a crude extract of the fungus *Metarhizium anisopliae*. **Journal of Chromatography**, v. 872, p. 85-90, 2000.

PUCHETA DÍAZ, M. *et al.* Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. **Interciencia**, v. 31, n. 12, p. 856-860, 2006.

RÊGO, M. C. F. *et al.* Uso de agentes de biocontrole sobre a brusone das panículas do arroz em campo. In: XLVI CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 38., 2013, Ouro Preto, 2013. **Anais** [...], Minas Gerais: 2013, suppl.

REHNER, S. A.; BUCKLEY, E. A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1- α sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs. **Mycologia**, v. 97, n. 1, p. 84-98, 2005.

RIBEIRO, M. G.; COLOSSO, C. G.; MONTEIRO, P. P.; FILHO, W. R.; YONAMINE, M. Práticas de segurança e saúde ocupacional entre trabalhadores de estufas de flores da região do Alto Tietê (Brasil). **Ciência Meio Ambiente Total**, v. 416, p. 121-126, 2012.

RIBEIRO, S. MA; ALVES-LIMA, E. A. L.; DE ASSUNÇÃO, W. T. G. Sobrevivência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin (Linhagem PL43) em folhas de cana-de-açúcar. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 21, n. 2, p. 59-67, 1992.

RIGOTTO, R. M.; VASCONCELOS, D. P.; ROCHA, M. M. Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, p. 1360-1362, 2014.

ROBERTS, D. W. Toxins from the entomogenous fungus *Metarrhizium anisopliae*: Isolation of destruxins from submerged cultures. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 14, n. 1, p. 82-88, 1969.

ROBERTS, D. W.; GUPTA, S.; S. T LEGER, R. J. Metabolite production by entomopathogenic fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, p. 325-347, 1992.

ROBERTS, D. W.; HUMBER, R. A. **Entomogenous fungi In Biology of Conidial Fungi**. (COLE G. T and KENDRICK W. B), v. 2. 1981.

ROBERTS, D. W.; LEGER, R. J. S. *Metarhizium* spp., cosmopolitan insect-pathogenic fungi: mycological aspects. **Advances in applied microbiology**, v. 54, n. 1, p. 1-70, 2004.

ROBERTS, D. W.; LEGER, R. J. S.; GUPTA, S. Metabolite production by entomopathogenic fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, p. 351, 1992.

ROBERTS, D.W. Toxins from the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae*: isolation of destruxins from submerged cultures. **Journal of Invertebrate pathology**, v. 14, p. 82-88, 1969.

ROCHA, L. G. **Atividade de isolados de Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. sobre a broca-do-café, Hypothenemus hampei (Ferrari) em laboratório**. 2019. 24 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

RODRIGUES, C. J. B. C. *et al.* Estudo morfológico de isolados de *Beauveria bassiana* antes e após reisolamento em *Rhipicephalus microplus*. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 38, n. 3, p. 91-97, 2016.

ROSA, I. F.; PESSOA, V. M.; RIGOTTO, R. M. Introdução: agrotóxicos, saúde humana e os caminhos do estudo epidemiológico. *In*: RIGOTTO, R. M. **Agrotóxicos, Trabalho e Saúde: Vulnerabilidade e resistência no contexto da modernização agrícola no Baixo Jaguaribe/CE**. Fortaleza: Edições UFC, p. 217-256, 2011.

RUSTIGUEL, C. B. *et al.* Different strategies to kill the host presented by *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. **Canadian journal of microbiology**, v. 64, n. 3, p. 191-200, 2018.

SAMSON, R. A.; EVANS, H. C.; LATGÉ, J. **Atlas of Entomopathogenic Fungi**. Berlin: Springer. p. 187, 1988.

SÁNCHEZ-PÉREZ, L. C. *et al.* Enzymes of entomopathogenic fungi, advances and insights. **Advances in Enzyme Research**, v. 2, n. 02, p. 65-76, 2014.

SANTA-CECÍLIA, L.V.C., J.C. SOUZA & P.R. REIS. Novas constatações da cochonilha-daraiz *Dysmicoccus cryptus* em lavouras de café no Sul de Minas Gerais. Circular Técnica n. 130. **Lavras, EPAMIG**. 2p. 2000.

SANTANA, V. S.; MOURA, M. C. P.; NOGUEIRA, F. F. Mortalidade por intoxicação ocupacional relacionada a agrotóxicos, 2000-2009, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, p. 598-606, 2013.

SANTI, L.; SILVA, W. O. B.; BERGER, M.; GUIMARÃES, J. A.; SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. Conidial surface proteins of *Metarhizium anisopliae*: Source of activities related with toxic effects, host penetration and pathogenesis. **Toxicon**, v. 55, n. 4, p. 874-880, 2010.

SANTOS, A.C.S.; OLIVEIRA, R.L.S.; COSTA, A.F.; TIAGO, P.V.; OLIVEIRA, N.T. Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium incarnatum*–equiseti species complex and extracts of *Ricinus communis* and *Poincianella pyramidalis*. **Journal of Pest Science**, v. 89, p. 539-547, 2016.

SAVITA; SHARMA, A. Fungi as Biological Control Agents., p. 395-411. *In*: GIRI, B.; PRASAD, R.; WU, Q. S.; VARMA, A. (Eds). **Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment**. Soil Biology, Springer, v. 55, 2019.

SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. **Toxicon**, v. 56, p. 1267-1274, 2010.

SCOPEL, W.; ROZA-GOMES, M. F. Programas de controle biológico no Brasil. **Unesc & Ciência-ACET**, v. 2, n. 2, p. 215-223, 2011.

SELMÍ, G. F. R.; TRAPÉ, A. Z. Proteção da saúde de trabalhadores rurais: a necessidade de padronização das metodologias de quantificação da exposição dérmica a agrotóxicos. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, n. 5, p. 952-960, 2014.

SEVİM, A. Entomopatogenik fungusların genel biyolojileri ve Türkiye’de zararlı böceklerin mücadelesinde kullanılma potansiyelleri. **Erzincan University Journal of Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 115-147, 2015.

SHAHID, A. A. *et al.* Entomopathogenic fungi as biological controllers: new insights into their virulence and pathogenicity. **Archives of Biological Sciences**, v. 64, n. 1, p. 21-42, 2012.

SHAPIRO-ILAN, D. I. *et al.* Definitions of pathogenicity and virulence in invertebrate pathology. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 88, p. 1-7, 2005.

SHAW, K. E. *et al.* Laboratory bioassays to assess the pathogenicity of mitosporic fungi to *Varroa destructor* (Acari: Mesostigmata), an ectoparasitic mite of the honeybee, *Apis mellifera*. **Biological Control**, v. 24, n. 3, p. 266-276, 2002.

SIEROTZKI, H. *et al.* Biological characteristics of selected *Erynia neoaphidis* isolates. **Mycological research**, v. 104, n. 2, p. 213-219, 2000.

SILVA, A. B.; BRITO, J. M. Controle biológico de insetos-pragas e suas perspectivas para o futuro. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 248-258, 2015.

SILVEIRA, E. Contra as pragas, fábrica de insetos: País desperta para o uso de técnicas alternativas de controle biológico. **Revista Problemas Brasileiros**, n. 387, 2008.

SIMONATO, J.; GRIGOLLI, J. F. J.; OLIVEIRA, H. N. **Controle biológico de insetos-praga na soja**. p. 178-193, 2014.

SINGKARAVANIT, S.; KINOSHITA, H.; IHARA, F.; NIHIRA, T. Cloning and functional analysis of the second geranylgeranyl diphosphate synthase gene influencing helvolic acid biosynthesis in *Metarhizium anisopliae*. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 87, p. 1077-1088, 2010.

SKINNER, M.; PARKER, B. L.; KIM, J. S. Role of entomopathogenic fungi. *In*: Abrol, D.P. (Ed). **Integrated pest management**. Academic Press, Cambridge, p. 169-191, 2014.

SMITH, R. J.; GRULA, E. A. Nutritional requirements for conidial germination and hyphal growth of *Beauveria bassiana*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 37, n. 3, p. 222-230, 1981.

SOARES, W. L.; FREITAS, E. A. V.; COUTINHO, J. A. G. Trabalho rural e saúde: intoxicações por agrotóxicos no município de Teresópolis-RJ. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, p. 685-701, 2005.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; MOSCARDI, F. Laboratory and Field Studies on the Infection of Stink Bugs, *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, and *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in Brazil. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 71, n. 2, p. 115–120, 1998.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; PEREIRA, R. M.; ALVES, S. B. Impacto ambiental de entomopatógenos, p. 1075-1095. *In*: ALVES, S. B. (Ed). **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba, FEALQ, p. 1163, 1998.

ST. LEGER, R. J.; WANG, C. Genetic engineering of fungal biocontrol agents to achieve greater efficacy against insect pests. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 85, p. 901-907, 2010.

SUJII, E.R.; PIRES, C.S.S.; SCHIMIDT, F.G.V.; ARMANDO, M.S.; BORGES, M.M.; CARNEIRO, R.G.; VALLE, J.C.V. Controle biológico de insetos-praga na soja orgânica do Distrito Federal. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 2, p. 299-312, 2002.

SUNG, G-H.; POINAR J. R, G. O.; SPATAFORA, J. W. The oldest fossil evidence of animal parasitism by fungi supports a Cretaceous diversification of fungal–arthropod symbioses. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 49, n. 2, p. 495-502, 2008.

TANADA, Y.; KAYA, H. K. **Insect pathology**. New York: Academic Press, p. 666, 1993.

TAVELLA, L. B.; SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; DIAS, J. R. M.; SILVA, M. I. L. Uso de agrotóxicos na agricultura e suas consequências toxicológicas e ambientais. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 7, n. 2, p. 6-12, 2011.

THAKORE, Y. The biopesticide market for global agricultural use. **Industrial Biotechnology**, v. 2, n. 3, p. 194-208, 2006.

TIAGO, P. V.; FURLANETO, M. C. O papel de proteases degradadoras de cutícula produzidas por fungos entomopatogênicos. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v. 2, n. 1, p. 40-51, 2003.

TINLINE, R. D.; NOVIELLO, C. Heterokaryosis in the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae*. **Mycologia**, v. 63, p. 701-712, 1971.

TULLOCH, M. The genus *Metarhizium*. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 66, p. 407-411, 1976.

VEGA, F. E. *et al.* Fungal entomopathogens. **Insect pathology**, p. 171-220, 2012.

VEGA, F. E. *et al.* Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. **Fungal Ecology**, v. 2, n. 4, p. 149-159, 2009.

WANG, C. S.; WANG, S. Fungos patogênicos de insetos: genômica, interações moleculares e melhorias genéticas. **Revisão Anual de Entomologia**, v. 62, p. 73-90, 2017.

WANG, C.; TYPAS, M. A.; BUTT, T. M. Detection and characterisation of pr1 virulent gene deficiencies in the insect pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **FEMS microbiology letters**, v. 213, n. 2, p. 251-255, 2002.

WILSON, F.; HUFFAKER, C.B. The physiology scope and importance of biological control, p.3-14. *In*: HUFFAKER, C.B.; MESSENGER, P.S. (Eds.). **Theory and practice of biological control**. New York: Academic Press, p. 788, 1976.

WITTMAN, H.; DESMARAIS, Annette; WIEBE, Nettie. As origens e o potencial da soberania alimentar. **Soberania alimentar: Reconectando comida, natureza e comunidade**, p. 1-14, 2010.

WRAIGHT, S. P.; JACKSON, M. A.; KOCK, S. L. Production, stabilization and formulation of fungal biocontrol agents. *In*: BUTT, T. M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (Eds.). **Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential**. Wallingford: CAB International, p. 253-287, 2001.

WRAIGHT, S.P.; CARRUTHERS, R.I. Production, delivery, and use of mycoinsecticides for control of insect pests on field crop. *In*: HALL, F.R.; MENN, J.J. (Eds.). **Biopesticides: Use and Delivery**. Totowa: Humana Press, p. 233-269, 1999.

XAVIER-SANTOS, S.; MAGALHÃES, B. P.; LUNA-ALVES LIMA, E. A. Differentiation of the entomopathogenic fungus *Metarhizium flavoviride* (Hyphomycetes). **Revista de Microbiologia**, v. 30, p. 47-51, 1999a.

XIE, Y.; LIU, W.; XUE, J.; PENG, G.; HAN, Z.; ZHANG, Y. Integument of soft scale insects and the invasion of the pathogenic fungus *Lecanicillium lecanii*. **Entomologia Hellenica**, v. 19, n. 2, p. 66-75, 2010.

XU, Y.; OROZCO, R.; WIJERATNE, E. K.; ESPINOSA-ARTILES, P.; GUNATILAKA, A. L.; STOCK, S. P.; MOLNÁR, I. Biosynthesis of the cyclooligomer depsipeptide bassianolide, an insecticidal virulence factor of *Beauveria bassiana*. **Fungal Genetics and Biology**, v. 46, n. 5, p. 353-364, 2009.

XU, Y.; OROZCO, R.; WIJERATNE, E. K.; GUNATILAKA, A. L.; STOCK, S. P.; MOLNÁR, I. Biosynthesis of the cyclooligomer depsipeptide beauvericin, a virulence factor of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. **Chemistry & biology**, v. 15, n. 9, p. 898-907, 2008.

YEO, H. *et al.* Laboratory evaluation of temperature effects on the germination and growth of entomopathogenic fungi and on their pathogenicity to two aphid species. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 59, n. 2, p. 156-165, 2003.

ZARBIN, P. H. G.; RODRIGUES, M. A. C. M.; LIMA, E. R. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova**, v. 32, p. 722-731, 2009.

ZIMMERMANN, G. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, p. 879-920, 2007.

ZIMMERMANN, G. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, p. 879-920, 2007b.