



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS BACHARELADO

PEDRO HENRIQUE DA SILVA

**PRINCIPAIS INSIGHTS DO GÊNERO *Fusarium* NO CONTROLE BIOLÓGICO NO
NORDESTE BRASILEIRO: REVISÃO DE LITERATURA**

Recife
2023

PEDRO HENRIQUE DA SILVA

**PRINCIPAIS *INSIGHTS* DO GÊNERO *Fusarium* NO CONTROLE BIOLÓGICO NO
NORDESTE BRASILEIRO: REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Ciências
Biológicas Bacharelado da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de Biólogo.

Orientador (a): Prof^a Dr^a Laura Mesquita Paiva

Coorientador (a): Msc. Layanne de Oliveira Ferro

Recife

2023

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

Silva, Pedro Henrique da.
PRINCIPAIS INSIGHTS DO GÊNERO *Fusarium* NO CONTROLE
BIOLÓGICO NO NORDESTE BRASILEIRO: REVISÃO DE LITERATURA /
Pedro Henrique da Silva. - Recife, 2023.
42, tab.

Orientador(a): Laura Mesquita Paiva
Cooorientador(a): Layanne de Oliveira Ferro
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas - Bacharelado, 2023.

1. Controle biológico. 2. *Fusarium*. 3. Fungos. 4. Nordeste Brasileiro. I.
Paiva, Laura Mesquita. (Orientação). II. Ferro, Layanne de Oliveira.
(Cooorientação). III. Título.

570 CDD (22.ed.)

PEDRO HENRIQUE DA SILVA

**PRINCIPAIS *INSIGHTS* DO GÊNERO *Fusarium* NO CONTROLE BIOLÓGICO NO
NORDESTE BRASILEIRO: REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Aprovada em:

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Laura Mesquita Paiva

Msc. Leslie Warren Silva de Freitas

Msc. Isaias de Oliveira Junior

Recife

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

A minha mãe Maria e meus irmãos Valquíria e Lucas que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

Agradeço à minha orientadora Prof^a Dr^a Laura Mesquita Paiva e a Doutoranda Layanne de Oliveira Ferro por aceitarem a conduzir o meu trabalho de pesquisa.

Também agradeço aos meus amigos Márjori Thays, Gabriel Barboza, Vinícius Persa, Hytallo Willian, Poliana Galdino, Manuella Marroquim, Juliana Nascimento, Gabrielly Almeida, Iasmin Brandão, Louize Regal, Lidiane Batista, Isely Tavares, Mirely Fernandes, Carol Targino, Rayana Guimarães, Laís Ruanita, Júlia Santos, Maria Eduarda, Ailton Matheus, Amaury de Oliveira e Saulo Albuquerque que sempre me ajudou desde do início da graduação, fazendo meus dias mais leves e engraçados.

Agradeço também a minha família por ter torcido e acreditado em mim, e aos que não acreditaram, paciência.

E por fim, agradeço a mim mesmo por ter sido forte e ter aguentado todo o processo da graduação. Noites mal dormidas, trajetória de 2h a 3h no Rio Doce - CDU e diversas outras coisas que não irei citar.

Não tenho certeza de nada, mas a visão das estrelas me faz sonhar.

VAN GOGH, 1888

RESUMO

Fusarium é um gênero de fungo filamentoso que pode causar doenças em plantas, animais e seres humanos. Existem mais de 100 espécies diferentes desse microrganismo, muitas das quais são patogênicas para plantas e podem causar perda significativa de culturas agrícolas. O *Fusarium oxysporum*, por exemplo, é um fungo que pode ser utilizado no controle biológico de plantas daninhas, enquanto o *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* é usado para controlar a doença do Panamá em bananeiras. No controle biológico, os fungos do gênero *Fusarium* são aplicados no solo ou nas plantas para prevenir ou controlar doenças causadas por outros patógenos. Esses fungos podem produzir enzimas que degradam as paredes celulares dos patógenos, impedindo sua multiplicação e disseminação. Além disso, eles podem secretar metabólitos secundários que inibem o crescimento de outros microrganismos no ambiente, reduzindo a competição pelos nutrientes. O presente trabalho foi uma revisão de literatura sobre os principais *insights* do gênero *Fusarium* no controle biológico no Nordeste Brasileiro, através de pesquisas nas mais diversas plataformas digitais, além de artigos, teses e dissertações. Conclui-se que o *Fusarium* é eficiente no controle de pragas na agricultura do nordeste brasileiro. Fazendo com que o uso do agrotóxico venha a diminuir a cada ano.

Palavras-chave: Fungos. Insetos-praga. Agrotóxicos. Doenças. Solo.

ABSTRACT

Fusarium is a genus of filamentous fungi that can cause disease in plants, animals, and humans. There are more than 100 different species of this microorganism, many of which are plant pathogens and can cause significant loss of agricultural crops. *Fusarium oxysporum*, for example, is a fungus that can be used in biological weed control, while *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* is used to control Panama disease in banana. In biological control, *Fusarium* fungi are applied to the soil or to plants to prevent or control diseases caused by other pathogens. These fungi can produce enzymes that degrade the cell walls of pathogens, preventing them from multiplying and spreading. In addition, they can secrete secondary metabolites that inhibit the growth of other microorganisms in the environment, reducing competition for nutrients. The present work was a literature review on the main insights of the genus *Fusarium* in biological control in Northeast Brazil, through research in several digital platforms, as well as articles, theses and dissertations. In sum, *Fusarium* is efficient in the control of pests in agriculture in northeastern Brazil. As a result, the use of pesticides decreases every year.

Keywords: Fungi. Insect-pests. Pesticides. Diseases. Soil.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Principais trabalhos relatando o gênero <i>Fusarium</i> no controle biológico no nordeste brasileiro	29
------------	--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO	17
1.2	OBJETIVOS	17
1.2.1	Objetivo geral	17
1.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	17
1.3.1	Fontes e coleta de dados	18
1.3.2	Triagem das informações obtidas	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	FUNGOS	19
2.1.1	GÊNERO <i>Fusarium</i>	20
2.2	AGROTÓXICOS NO BRASIL	22
2.3	AGROTÓXICOS NO NORDESTE	23
2.4	CONTROLE BIOLÓGICO NO BRASIL	24
2.5	CONTROLE BIOLÓGICO NO NORDESTE BRASILEIRO	26
2.6	INSETOS-PRAGAS	27
3	RESULTADOS	29
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

Fusarium é conhecido pela sua ampla distribuição geográfica, ocorrendo em todos os ambientes, com algumas espécies cosmopolitas e outras restritas a determinadas localidades, predominando em regiões tropicais e subtropicais ou temperadas, ocorrendo também espécies hospedeiras (ALEXOPOULOS *et al.*, 1996). Algumas espécies se associam a animais como aranhas, mamíferos, anfíbios, insetos (GARDIANO, *et al.* 2009), contudo, as espécies do gênero *Fusarium* estão mais relacionadas aos insetos como patógenos, sendo descritos como entomopatógenos fortes ou fracos, que penetram no hospedeiro e debilitam o mesmo por meio das suas toxinas (TEETOR-BARSCH; ROBERTS, 1983).

A ocorrência do gênero é descrita em várias ordens de insetos, Hemiptera, Diptera, Orthoptera, Isoptera, Lepidoptera e Coleoptera, porém são encontrados com mais frequência em gafanhotos, cigarrinhas, coccídeos e mosquitos (O'DONNELL *et al.*, 2012). *Fusarium oxysporum* Schlecht foi registrado por Golpalakrishnan e Narayan (1989) causando altos índices de mortalidade em *Chloropulvinaria psidii* Maskel (Hemiptera: Coccidae); Pelizza *et al.* (2011) observaram a presença de *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg em *Ronderosia bergi* (Stål) (Orthoptera: Acrididae), enquanto que Lazo (2012) relatou o desenvolvimento de *Fusarium proliferatum* Nirenberg sobre *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae).

O uso de defensivos químicos, no decorrer dos anos, tem sido adotado como padrão de controle de insetos-praga em diversas culturas de importância econômica no Brasil. A utilização indiscriminada e sem orientação correta de produtos químicos em lavouras pode acarretar em diversas consequências como desequilíbrios ambientais, superpopulação de pragas, seleção de biótipos resistentes, poluição de solos e aquíferos, e prejuízos à saúde humana e animal (SCOPEL e ROZA-GOMES, 2011). O número de aprovações de produtos de base biológica para o controle de pragas e de doenças na agricultura vem crescendo no país. De acordo com dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em 2022, foram finalizadas as análises de 157 pedidos de comercialização de defensivos desse tipo, representando um aumento de 70% em relação a 2021. Segundo a agência, o crescimento pode ser considerado um marco. A análise desses produtos é realizada de forma prioritária, sendo que o tempo médio para a conclusão das avaliações é de

quatro meses. A série histórica, referente aos pedidos analisados e aprovados pela agência demonstra uma mudança de comportamento do mercado quanto à adoção dessas práticas no combate às pragas agrícolas (PERNAMBUCO, D. DE, 2023).

O crescimento no uso de produtos biológicos — menos danosos ao meio ambiente — ocorre em meio ao debate sobre o avanço na liberação de agrotóxicos nos últimos quatro anos, durante o governo Jair Bolsonaro (Partido Liberal). Segundo dados oficiais da Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins (CGAA), na gestão do ex-presidente, entre 2019 e 2022, foram liberados 2.182 agrotóxicos, o maior número de registros para uma gestão presidencial desde 2003. Bolsonaro bateu outros dois recordes de liberação, sendo 98 de agrotóxicos inéditos e 366 de produtos biológicos. Somente no ano passado, dos 652 agrotóxicos liberados, 43 eram inéditos, o que também foi um recorde na série histórica, sendo que oito foram para as indústrias e 35 para uso dos agricultores. Dentre os 35 produtos liberados aos produtores, 22 foram considerados "muito perigosos ao meio ambiente" pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2023).

Como alternativa, o controle biológico de pragas representa uma das possibilidades existentes para a redução do uso de agroquímicos. Entende-se como controle biológico a regulação da população de insetos em níveis economicamente não prejudiciais através do uso de inimigos naturais, sendo uma estratégia utilizada tanto em sistemas agroecológicos quanto na agricultura convencional que se vale do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (GALLO *et al.*, 2002). Todavia, a utilização do controle biológico de pragas demanda conhecimento e conscientização por parte dos que o utilizam, pois se trata do emprego de organismos vivos (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Devido a sua grande diversidade de flora, o Brasil possui um enorme potencial na elaboração de compostos secundários que podem ser utilizados como defensivos biológicos. Adicionalmente, os efeitos dos extratos vegetais podem ser vários, interferindo na alimentação, desenvolvimento e reprodução dos insetos (THOMAZINI *et al.*, 2000). Várias espécies vegetais são relatadas como potenciais bioinseticidas, e utilização conjunta de extratos vegetais e fungos entomopatogênicos pode potencializar a eficácia no controle biológico de praga, reduzindo os custos e os impactos ambientais (MARQUES *et al.*, 2004), como também uma estratégia de gestão mais sustentável (SAHAYARAJ *et al.*, 2011).

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

O uso excessivo de agrotóxicos é uma realidade preocupante no Nordeste brasileiro, assim como em outras regiões do país. O uso indiscriminado desses produtos químicos tem impactos significativos sobre a saúde humana, o meio ambiente e a segurança alimentar. Os agrotóxicos são utilizados para controlar pragas e doenças nas culturas agrícolas, mas seu uso excessivo pode levar ao desenvolvimento de resistência por parte das pragas e doenças, além de contaminar o solo, a água e o ar, afetando a biodiversidade e a saúde dos trabalhadores rurais e das comunidades próximas às áreas de cultivo. Além disso, a presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos pode representar um risco para a saúde humana, podendo causar doenças crônicas, como câncer, problemas neurológicos e de desenvolvimento infantil.

No Nordeste brasileiro, a utilização de agrotóxicos é frequente em culturas como a produção de frutas, legumes, algodão e cana-de-açúcar, que são importantes para a economia local. No entanto, a falta de fiscalização adequada e o acesso limitado a tecnologias alternativas de controle de pragas e doenças tornam o uso de agrotóxicos ainda mais preocupante na região. Para enfrentar esse problema, são necessárias políticas públicas que incentivem práticas agrícolas sustentáveis e o uso de tecnologias alternativas de controle de pragas e doenças, bem como fiscalização rigorosa para garantir o cumprimento das normas de uso de agrotóxicos e a segurança dos trabalhadores rurais e das comunidades próximas às áreas de cultivo. É imprescindível a conscientização e reeducação em relação ao uso indiscriminado e excessivo de agrotóxicos no nordeste brasileiro, sendo assim, alguns fungos tornam-se promissores no controle biológico, como por exemplo espécies do gênero *Fusarium*.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar um estudo de revisão de literatura sobre os Principais insights do gênero *Fusarium* no controle biológico no Nordeste Brasileiro.

1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1.3.1 Fontes e coleta de dados

A rotina foi voltada a pesquisas nas mais diversas plataformas digitais, como por exemplo o Google Acadêmico, os Repositórios Universitários digitais (UFPE, UFPB, UFRPE e demais universidades da região Nordeste), Periódicos Capes e Scielo.

1.3.2 Triagem das informações obtidas

Os estudos analisados no presente trabalho foram filtrados de acordo com os objetivos propostos para esta revisão. As investigações foram realizadas em trabalhos publicados entre 2012 e 2022, seja artigo, tese, dissertação por entre outros. Os materiais escolhidos precisavam abordar o controle biológico e o gênero *Fusarium*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FUNGOS

Os fungos são organismos eucarióticos, pertencentes ao domínio Eukarya, podendo ser unicelulares (leveduras) ou multicelulares, micro ou macroscópicos. São os principais decompositores da natureza, desdobrando os produtos orgânicos e reciclando carbono, nitrogênio e outros compostos do solo (TORTORA *et al.*, 2013).

A maioria dos fungos são multicelulares formando uma rede de filamentos denominados hifas, as quais podem ter septação regular ou irregular. O conjunto de hifas recebe o nome de micélio, esse agregado de hifas é responsável por todas as funções vegetativas do organismo. O componente principal da parede celular dos fungos é a quitina, porém outros polissacarídeos como mananas, galactanas e quitosanas substituem a quitina em algumas paredes celulares fúngicas (DUNLAP *et al.*, 2010).

Quanto à nutrição e fisiologia os fungos não possuem pigmentos fotossintetizantes, em geral crescem melhor em pH ácido, a maioria é aeróbico e quimio-heterotróficos (TORTORA *et al.*, 2013). A obtenção de alimento efetua-se por absorção, o micélio secreta enzimas extracelulares que digerem compostos orgânicos complexos. Em outras situações, o micélio emite haustórios, que são estruturas que penetram no tecido dos organismos hospedeiros absorvendo o alimento (TORTORA, 2013).

Os fungos se reproduzem de forma sexuada e assexuada. Ocorre o crescimento por meio da disseminação de filamentos de hifas. Os esporos liberados/presente nos ambientes germinam, e com isso ocorre o crescimento. A produção de esporos ou simples divisão celular (DUNLAP *et al.*, 2010). A classificação mais recente dos fungos “verdadeiros” (*stricto sensu*), baseada em estudos filogenéticos e proposta por um grupo representativo de micologistas especialistas nos diversos grupos (HIBBETT *et al.* 2007), considera os seguintes filos: Chytridiomycota, Blastocladiomycota, Neocallimastigomycota, Microsporidia, Glomeromycota, Ascomycota e Basidiomycota. Esses autores não reconhecem Zygomycota e o separam em quatro subfilos (Mucoromycotina, Kickxellomycotina, Zoopagomycotina e Entomophthoromycotina). Assim, em uma das classificações

mais utilizada do reino Fungi, são considerados sete filos, 10 subfilos, 35 classes, 12 subclasses e 129 ordens (HIBBETT *et al.* 2007).

2.1.1 GÊNERO *Fusarium*

Historicamente, a identificação do gênero *Fusarium* AUTOR DO GÊNERO foi baseada na observação e análise das características morfológicas, entretanto, a falta de características melhores definidas dificulta a separação à nível de espécies em muitos isolados (GEISER *et al.*, 2004). Logo, se torna imprescindível a identificação baseada nas variações das sequências de DNA na busca por classificações mais precisas (LESLIE E SUMMERELL, 2006).

Alguns isolados de *Fusarium* possuem determinadas características que os colocam como potenciais promissores para o controle biológico, dentre as quais: são altamente específicos e patogênicos em relação ao inseto praga; possuem capacidade de infectar todas as fases de vida do inseto; apresentam grande potencial de sobrevivência no campo devido sua patogenicidade facultativa. Por outro lado, alguns fatores restringem a utilização do gênero no controle, pois a produção em grande escala de micotoxinas são características de determinadas espécies, outras são responsáveis por causar doenças em plantas e humanos, além da sua complexidade taxonômica (TEETOR-BARSCH; ROBERTS, 1983; O'DONNELL *et al.* 2012). Trabalhos demonstraram alta especificidade concomitante a altas taxas de mortalidade de insetos por isolados de *Fusarium* e nenhum dano ao vegetal (TEETOR-BARSCH; ROBERTS, 1983; MARTINS, 2005), enquanto que outros registraram espécies de *Fusarium* como patógenos humanos, e como entomopatogênicos (O'DONNELL *et al.*, 2010; 2012).

As espécies entomopatogênicas do gênero *Fusarium*, ocorrem em várias ordens de insetos, como Isoptera, Coleoptera, Homoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera e entre outras (TEETOR-BARSCH & DONALD W. ROBERTS, 1983). A exemplo, ovos e larvas de *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) foram significativamente reduzidos por *Fusarium lateritium* Nees, (1817), comprovando sua eficácia (ANAND & TIWARY, 2009). Isolados do complexo de espécies *Fusarium incarnatum-equiseti* AUTOR se mostraram eficazes no controle da vespa da castanha, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) (ADDARIO E TURCHETTI, 2011). Outro estudo demonstrou que isolados do mesmo

complexo *incarnatum-equiseti*, obtidos de *D. opuntiae*, causaram altos índices de mortalidade sobre o inseto, indicando o fungo como potencial agente de biocontrole (SANTOS *et al.*, 2015).

Várias espécies de *Fusarium* são utilizadas no controle biológico de pragas e doenças em plantas, como exemplo, *Fusarium oxysporum* é uma espécie amplamente utilizada no controle biológico de nematóides de galhas em diversas culturas, como tomate, banana, melão e abacaxi. Esse fungo é aplicado no solo e age parasitando os nematóides, causando sua morte (COSTA *et al.* 2015). Outra espécie do gênero *Fusarium* que tem sido utilizada no controle biológico é o *Fusarium solani*. Esse fungo é capaz de parasitar diversos tipos de insetos, como moscas-brancas e pulgões, e também é eficaz contra alguns patógenos de plantas (LOPES, 2012). O uso do *Fusarium* no controle biológico é uma alternativa ao uso de agrotóxicos, podendo reduzir o impacto ambiental e os riscos à saúde humana. No entanto, é importante ressaltar que o sucesso do controle biológico depende de diversos fatores, como a seleção da espécie de *Fusarium* adequada, o manejo correto da cultura e a aplicação na época e na dose correta (BASTOS, 2017). Alguns estudos também têm avaliado o potencial do *Fusarium* como agente de biocontrole de doenças em animais, como a malária em humanos e a doença de chagas em animais domésticos (HUSSEIN, 2020). No entanto, ainda são necessárias mais pesquisas para avaliar a eficácia e segurança dessas aplicações.

Deste modo, para o uso de *Fusarium* no controle de insetos praga faz-se necessário à realização de testes de patogenicidade adequados que auxiliem na elucidação do grau de especificidade dos isolados para o seu hospedeiro (TEETOR-BARSCH; ROBERTS, 1983). Métodos que indiquem a virulência do patógeno como a estimativa do impacto nas populações de insetos e os processos de aplicação dos inóculos, suas concentrações e tempo para avaliação são imprescindíveis para a eficiência dos resultados (TEETOR-BARSCH; ROBERTS, 1983).

O gênero *Fusarium* é composto por fungos filamentosos que são amplamente distribuídos no ambiente, incluindo solos, plantas, alimentos e outros substratos. Os membros deste gênero possuem hifas hialinas, septadas e ramificadas, e produzem esporos assexuais denominados conídios, que são produzidos em grande número em estruturas denominadas esporodochia ou em outros tipos de corpos frutíferos. Esses conídios têm formas e tamanhos variáveis e podem ser unicelulares ou

multicelulares, com coloração variando de hialina a pigmentada. Para identificar as espécies de *Fusarium*, vários caracteres morfológicos e culturais são usados, incluindo características da colônia, tais como cor, forma, textura e crescimento, bem como características microscópicas, como tamanho e forma dos conídios e estruturas reprodutivas (LESLIE, J. F., & Summerell, B. A., 2006).

O *Fusarium* é capaz de se reproduzir tanto assexualmente como sexualmente. Na reprodução assexual, o *Fusarium* produz esporos assexuais denominados conídios, que são produzidos em grande número em estruturas denominadas esporodóquios ou outros tipos de corpos frutíferos. Esses conídios são dispersos pelo ar e podem germinar em condições favoráveis, como umidade adequada e temperatura adequada. Os conídios de *Fusarium* variam em tamanho, forma e coloração, e são importantes para a disseminação e infecção de hospedeiros. Na reprodução sexual, o *Fusarium* produz estruturas reprodutivas denominadas peritécios, que contêm ascósporos. A produção de peritécios geralmente ocorre em resposta a condições ambientais específicas, como a presença de um hospedeiro adequado ou condições climáticas favoráveis. O processo de formação de peritécios e a produção de ascósporos são complexos e envolvem a fusão de gametas, meiose e mitose (LESLIE, J. F., & Summerell, B. A., 2006).

O *Fusarium* é um gênero de fungos encontrado em uma grande variedade de habitats, incluindo solo, plantas, água, ar, alimentos, ração animal e outros substratos orgânicos. Alguns *Fusarium* são sapróbios, ou seja, se alimentam de matéria orgânica morta, enquanto outros são patógenos de plantas e animais, causando doenças que podem levar a perdas significativas na agricultura e na pecuária (LESLIE, J. F., & Summerell, B. A., 2006).

2.2 AGROTÓXICOS NO BRASIL

O mercado brasileiro de agrotóxicos expandiu rapidamente na última década (190%), num ritmo de crescimento maior que o dobro do apresentado pelo mercado global (93%), o que coloca o Brasil em primeiro lugar no *ranking* mundial, desde 2008. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), na safra 2010/2011, o consumo foi de 936 mil toneladas, movimentando US\$ 8,5 bilhões entre dez empresas que controlam 75% desse mercado no país. A liberação do cultivo a partir de sementes transgênicas e sua difusão nas áreas agricultáveis estão

associadas ao aumento do consumo, tendo em vista o uso intenso de herbicidas, responsáveis por 45% do volume consumido, seguidos pelos fungicidas (14%) e inseticidas (12%). Os resultados do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos, desenvolvido pela ANVISA, indicam que em 2011 apenas 22% das 1.628 amostras analisadas estavam livres desses contaminantes. Chama a atenção a presença de pelo menos dois agrotóxicos que nunca foram registrados no Brasil: o azaconazol e o tebufempirade, sugerindo contrabando dos produtos e descontrole por parte das políticas públicas.

O modelo hegemônico do agronegócio está associado ao uso intensivo de agrotóxicos, gerando diversas externalidades negativas – ou seja, impactos sociais, ambientais e sanitários que não são incorporados pela cadeia produtiva e são pagos pela sociedade como um todo por meio de gastos públicos – e, mais importante, ocasionando doenças e mortes que poderiam ser evitadas (PORTO E SOARES, 2012). Traduzidos em números, são a cada ano, no mundo, pelo menos um milhão de pessoas intoxicadas por pesticidas, das quais entre três mil e vinte mil são levadas a óbito (SOARES E PORTO, 2007). Esse cenário ainda é pior em países periféricos e semiperiféricos, onde ocorrem pelo menos metade dessas intoxicações e 75% dessas mortes, tendo em vista o nível educacional associado aos poucos cuidados com o uso, assim como a regulamentação e os métodos de controle, frequentemente negligentes ou inexistentes (CARNEIRO *et al.*, 2015).

O crescimento do uso dos insumos químicos, somado a outras ferramentas tecnológicas para a agricultura, ficou conhecido como a ‘revolução verde’. No Brasil, segundo MOREIRA (2000), esse modelo – em particular nos anos 1960 e 1970 – veio atrelado ao subsídio de créditos agrícolas, às esferas agroindustriais, às empresas de maquinários e ao uso de agroquímicos (agrotóxicos e fertilizantes químicos), com a consolidação de uma agricultura de exportação. O aumento do uso de agrotóxicos se deveu também a uma política oficial de incentivo, reforçada, em 1975, pelo lançamento do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA) (ALMEIDA, G. F., 2018). Assim, a vinculação entre a ampliação do crédito agrícola subsidiado e a compra de agroquímicos foi um dos principais instrumentos voltados para ampliar a difusão desses insumos no país.

2.3 AGROTÓXICOS NO NORDESTE

A região do Nordeste brasileiro foi uma das que mais se desenvolveu com os avanços da modernização agrícola. Com a implantação de projetos de irrigação, criação de órgãos de pesquisa, programas governamentais, financiamento por meio de créditos rurais e instalação de empresas do agronegócio. A região se tornou uma das maiores produtoras agrícolas, tendo como destaque polos de agricultura dos perímetros irrigados como Vale São Francisco, Vale do Açu e Jaguaribe Apodi. Os avanços da modernização na agricultura foram relevantes para a expansão dos campos agrícolas, e com isso houve também o aumento tanto da produção quanto da utilização de insumos. Entre tais insumos os agrotóxicos são dos que mais se destacam por sua intensa utilização no combate às pragas e doenças. A utilização de agrotóxicos no Brasil é considerada preocupante, devido aos altos índices de consumo que tornam o país um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (CAMPANHOLA E BETTIOL, 2002).

O Nordeste do Brasil compõe atualmente uma das regiões brasileiras que mais tem sofrido com a expansão e a ocupação de lugares voltados para a produção de uma agropecuária atenta aos ditames do agronegócio (BEZERRA, 2008). Nesse cenário, o agronegócio tem se expandido no Nordeste do Brasil, centrado em monocultivos, e tem ensejado consequências sobre a produção agrícola associadas à exploração do trabalho de moradores e migrantes e à contaminação ambiental e humana, promovendo impactos à saúde, ocasionando mortes, intoxicações agudas e efeitos crônicos devido ao uso de agrotóxicos, dentre outros agravos (RIGOTTO, 2012).

Ressalta-se que os efeitos dos agrotóxicos sobre a saúde podem ser de dois tipos: efeitos agudos, que são aqueles mais visíveis e que aparecem durante ou após o contato da pessoa com o produto e apresentam características bem marcantes, em geral, acometem mais os trabalhadores agrícolas; e efeitos crônicos, que podem aparecer semanas, meses, anos, ou até mesmo gerações após o período de uso ou contato com o produto contaminado, com efeitos carcinogênicos tanto para moradores do campo como da cidade (AGRONEGÓCIO, 2017).

2.4 CONTROLE BIOLÓGICO NO BRASIL

Durante as décadas de 50 e 60 o Brasil passou por um processo de modernização da agricultura, gerando novos objetivos e métodos de exploração. O

crescente aumento da agricultura moderna vem causando impactos ao meio ambiente devido às formas de produção agrícola, baseadas na monocultura e pesticidas, além de não respeitar as limitações e capacidades do solo, ocasionando a degradação e reduzindo a capacidade produtiva do mesmo (BALSAN, 2006). Além disso, esse modelo de agricultura causa a contaminação da água, do homem e dos alimentos, além da redução da biodiversidade (EHLERS, 1999).

Os pesticidas constituem uma ampla gama de produtos químicos utilizados na agricultura e pecuária, visando o controle de pragas (insetos, doenças de plantas, ervas invasoras). Devido a sua eficiência, houve um aumento na demanda objetivando o crescimento da produtividade dos agroecossistemas para obtenção de alimentos, contudo, as consequências do seu uso foram por muito tempo negligenciadas sem ter devida relevância (VIEIRA *et al.*, 2001). Por outro lado, novas medidas de controle inseto-praga têm sido desenvolvidas, tendo em vista a preservação do ecossistema (MOREIRA *et al.*, 2005). O emprego do controle biológico melhora a qualidade do produto agrícola, atenua a poluição ao meio ambiente e ajuda na conservação dos recursos naturais, constituindo uma alternativa imprescindível para a sustentabilidade agrícola (SUJII *et al.*, 2002).

Os fungos foram relatados como os primeiros patógenos de insetos no Brasil, Robbs (1962) e Alves (1998) referiram-se ao *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin no controle de *Tomaspis* sp. Bitancourt (1934) observou a existência de fungos entomopatogênicos em pragas citrícolas. Alves (1998) relatou o controle das cigarrinhas-das-pastagens [*Deois flavopicta* Stal (Hemiptera: Cercopidae)] como um exemplo da utilização prática de fungos entomopatogênicos no controle de pragas. Em Alagoas, no período de 1977 a 1991, Marques (1992) constatou a pulverização de *M. anisopliae* em aproximadamente 670.000 ha de cana infestadas pela cigarrinha-da-folha, *Mahanarva posticata* Stal (Hemiptera: Cercopidae), ocorrendo uma redução de aproximadamente 72,0% na ocorrência desta praga. Inicialmente, a área tratada com inseticida químico era de 150.000 ha/ano, diminuindo para 30.000 ha após a aplicação do fungo.

Ao contrário das bactérias e vírus entomopatogênicos, os fungos desenvolveram mecanismos de penetração através do tegumento, devido à ação de enzimas em conjunto a pressão mecânica, logo em seguida a penetração ocorre à proliferação na hemocele e produção de toxinas, resultando na morte do hospedeiro (ALVES, 1998). A infecção dos fungos compreende fases sucessivas de

germinação, diferenciação, penetração, colonização, reprodução e disseminação (SCHRANK *et al.*, 1993).

A partir do momento que a temperatura e umidade se tornam favoráveis ocorre à formação do tubo germinativo pelo fungo, em sua extremidade forma-se uma dilatação, o apressório; logo em seguida, em sua porção inferior culminará uma saliência denominada grampo de penetração, na qual penetrará no tegumento do inseto. O mecanismo de penetração está atrelado a um processo físico, pelo qual a hifa rompe áreas membranosas pela pressão exercida, e um químico, resultante da produção de enzimas que promovem a facilitação da pressão mecânica. A hifa penetrante sofre ramificação e engrossamento e em seguida ocupa a cavidade geral, formando-se colônias fúngicas. A morte do inseto ocorre dentre quatro a cinco dias, no momento em que as hifas estão bem desenvolvidas e diversos órgãos estão comprometidos, as hifas envolvem o corpo do hospedeiro, formando um manto de micélio que perpassa toda a superfície do tegumento. Quando as condições se tornam favoráveis, sobrevém a produção de conídios que podem ser disseminados para outros insetos, recomeçando o ciclo (ALVES, 1998; BUTT *et al.*, 2016; GARCIA *et al.*, 2004; TIAGO *et al.*, 2011).

Uma das principais vantagens de se utilizar fungos entomopatogênicos é a sua grande variabilidade genética associada ao fato de poderem ser selecionados a partir de bioensaios adequados isolados com alto grau de virulência, visando o controle de pragas. Associado ao fato da capacidade de acometerem todos os estágios de desenvolvimento do inseto (ovo, larva, pupa, adulto) por diversas vias, ao contrário de outros grupos de patógenos que só entram no inseto por meio da via oral (ALVES, 1998). Os fungos entomopatogênicos compreendem cerca de 700 espécies conhecidas, entretanto poucas são utilizadas no controle, como principais destacam-se as do gênero *Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria*, *Verticillium*, *Nomuraea*, *Entomophthora* e *Aschersonia* (FINKLER, 2012).

Em sua maioria, os fungos entomopatogênicos incidem sobre pragas de interesse econômico, desempenhando papel fundamental na regulação da população das mesmas (ALVES, 1998). Além de possuírem uma grande variabilidade genética, sendo uma grande vantagem no controle microbiano de insetos, os fungos são considerados também uma alternativa viável para insetos sugadores, dentre os quais se destacam os da ordem Hemiptera, pois o seu modo de infecção ocorre através da cutícula (DOLINSK & LACEY, 2007). Todavia, são

necessários maiores conhecimentos dos fatores de virulência que facilitarão a criação de novas maneiras de cultivo, multiplicação e aplicação, a fim de aumentar a taxa de mortalidade concomitante a redução do uso de inseticidas químicos, prejudiciais para os animais e ambiente (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

2.5 CONTROLE BIOLÓGICO NO NORDESTE BRASILEIRO

A agricultura praticada na Região Nordeste é muito variada, seja quanto às culturas plantadas, seja em relação ao nível da tecnologia empregada na produção agrícola. A cana-de-açúcar é o principal produto agrícola da região, com lavouras concentradas principalmente em Alagoas, Pernambuco e Paraíba (nessa ordem), sendo também importantes os plantios de algodão (Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte), de soja (Bahia, Maranhão), milho, tabaco (Bahia), caju, uva, manga, melão e outros frutos para consumo interno e exportação. Nos vales do rio São Francisco (Bahia) e do Açú (Rio Grande do Norte) existe o cultivo irrigado de frutas para exportação. No sertão predomina a agricultura de subsistência, às vezes prejudicada pelas estiagens (COSTA *et al.*, 2012).

Alguns produtores voltaram-se para os métodos alternativos de controle que, se utilizados corretamente, podem manter a população da praga em níveis satisfatórios, ou seja, níveis abaixo daqueles que causariam danos econômicos (FERNANDES E CARNEIRO, 2006). Alguns produtos alternativos utilizados no controle de pragas podem ser produzidos pelo próprio agricultor, gerando economia de insumos externos e contribuindo para o desenvolvimento social da família e ainda, promovendo melhorias para a agrobiodiversidade (FREITAS, 2013). Dentre as técnicas utilizadas no controle alternativo de pragas destaca-se o controle biológico, que é um processo natural e de importância fundamental para o equilíbrio das populações, como a traça-do-tomateiro, a traça-das-crucíferas, a lagarta-do-cartucho do milho, além da vaquinha, mosca-branca e os pulgões (BRECHELT, 2004).

O controle biológico é uma das mais importantes ferramentas na redução do uso de agrotóxicos na agricultura (SIMONATO *et al.* 2014). Além disso, a utilização dessa técnica consiste também no uso de micro-organismo isolado e/ou combinado com princípios ativos extraídos de vegetais frente às populações consideradas pragas (BRECHELT, 2004). O controle biológico é mais seletivo, apresenta menor risco de atingir organismos não-alvo, não deixa resíduos tóxicos na lavoura, nas

águas, ou no solo e, por consequência, não causa desequilíbrios e evita o risco de intoxicação do consumidor (SANTOS *et al.* 2015).

2.6 INSETOS-PRAGAS

Os insetos representam cerca de 70% das espécies de animais conhecidas, habitam praticamente todos os ambientes e possuem os mais variados hábitos alimentares (SILVA *et al.* 2008). A maioria das espécies de insetos é benéfica ou útil ao homem e desempenha papel importante para o equilíbrio dos ecossistemas (FINKLER, 2012). Os insetos exercem um papel fundamental na existência de outros seres como no processo de fecundação das plantas por meio da polinização, pois muitas plantas dependem exclusivamente de insetos polinizadores para sua reprodução e disseminação (ARAÚJO *et al.* 2007). No entanto, alguns insetos também podem atuar como vetores de doenças e pragas na agricultura (MARANGONI *et al.* 2012). O termo praga pode ser utilizado para designar organismos que, quando se proliferam de forma desordenada ou fora de seu ambiente natural, podem causar algum tipo de dano ao ambiente, às pessoas ou à economia (BRECHELT, 2004).

Geralmente tornam-se pragas as espécies não nativas de um local que ao serem introduzidas reproduzem-se de forma a prejudicar o equilíbrio ecológico, podendo ocasionar até mesmo a extinção de espécies nativas como a Palma (ALMEIDA *et al.* 2011). As espécies-pragas geralmente são animais bem adaptados ao ambiente com características de interferência humana, seu porte corporal é de tamanho pequeno, são capazes de voar indicando uma alta capacidade de dispersão, se reproduzem com facilidade mostrando que a sua estratégia demográfica é “R estrategista” (elevados número de descendentes) e podem causar infestações cruzadas muito em função do modo que se alimentam caso tenham acesso à matéria prima desejada (MARANGONI *et al.* 2012).

Os insetos-praga estão entre os organismos que mais limitam o rendimento no setor agrícola, chegando a ocasionar perdas de 25 a 40% no total da produção de alimentos (SOBHY *et al.*, 2014). Os prejuízos são em decorrência do ataque de insetos em diferentes partes do vegetal, o que ocasiona a diminuição no valor comercial, redução na produção e posteriormente a morte da planta (IMENES E IDE, 2002). Para controlar estes organismos, na maioria das vezes, são utilizados inseticidas químicos, sendo que o uso contínuo destes agroquímicos acarreta

consequências não desejadas, como a ressurgência da praga, ocasionada pelo desenvolvimento de resistência, o surgimento de pragas secundárias devido aos efeitos tóxicos sobre inimigos naturais da praga alvo, a acumulação de resíduos tóxicos nos alimentos, além de sérios impactos ambientais, intoxicação por manipulação do produto e elevados custos relacionados a esse tipo de controle (RIBEIRO *et al.*, 2014).

3 RESULTADOS

3.1 *Fusarium* USADO COMO CONTROLE BIOLÓGICO

Os complexos de espécies de *Fusarium*, aos quais alguns dos isolados estudados pertencem, são relatados na literatura como os mais ricos em linhagens insetícolas (O'DONNELL *et al.* 2012). Fungos isolados de insetos são mais virulentos que outros isolados obtidos de formas diversas, e além disso, são mais eficazes no controle de pragas (SILVA, 2015). Alguns isolados fúngicos que pertencem aos complexos de espécies *Fusarium* podem oferecer oportunidades interessantes quando usados no controle de pragas, visto que estudos vêm comprovando a sua eficácia em causar a morte aos insetos, sua rapidez de ação e abundante esporulação são elementos que despertam interesse particular, além de sua capacidade de produzir toxinas inseticidas (QUINTELA *et al.* 2016).

Espécies do gênero *Fusarium* são úteis na agricultura por serem usadas para controle biológico, principalmente de pragas que infectam culturas agrícolas importantes economicamente. No Brasil, o uso de *Fusarium* no controle biológico ainda é pouco explorado, mas há potencial para o seu uso em diversas culturas (LIMA *et al.*, 2019). São escassas as pesquisas sobre o controle biológico utilizando fungos entomopatogênicos, do gênero *Fusarium* na região nordeste. Nesse levantamento, obtivemos 11 estudos usando algumas espécies de *Fusarium* e o estado mais promissor foi Pernambuco.

Tabela 1 – Principais trabalhos relatando o gênero *Fusarium* no controle biológico no nordeste brasileiro

Espécie e/ou complexo	Praga	Cultura	Local do estudo	Referência
-----------------------	-------	---------	-----------------	------------

<i>Fusarium incarnatum-equiseti</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Pernambuco	SANTOS, 2015
<i>Fusarium caatingaense</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Pernambuco	SANTOS <i>et al.</i> 2016
<i>Fusarium proliferatum</i>	<i>Thaumastocoris peregrinus</i>	Eucalipto	Sergipe	JÚNIOR, 2017
<i>Fusarium caatingaense</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i> (Hemiptera)	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Pernambuco	CARNEIRO-LEÃO <i>et al.</i> 2017
<i>Fusarium caatingaense.</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Pernambuco	VELEZ <i>et al.</i> 2019
<i>Fusarium sulawesiense</i>	<i>Nasutitermes corniger</i> (Blattodea)	Madeira	Pernambuco	DINIZ <i>et al.</i> 2020
<i>Fusarium pernambucanum</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i> (Lepidoptera)	Milho	Pernambuco	DINIZ <i>et al.</i> 2020

<i>Fusarium inflexum</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	Coentro	Pernambuco	LIRA, 2020
<i>Fusarium caatingaense</i>	<i>Nasutitermes corniger</i> e <i>Spodoptera frugiperda</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Pernambuco	DINIZ et al. 2020
<i>Fusarium caatingaense</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Pernambuco	DINIZ et al. 2020
<i>Fusarium spp</i>	Diferentes ordens	—	Pernambuco	SANTOS et al. 2020
<i>Fusarium pernambucanum</i> <i>Fusarium sulawesiense</i>	<i>Aphis craccivora</i> Koch	Seiva floemática	Pernambuco	DINIZ, 2020
<i>Fusarium volatile</i>	<i>Aleurocanthus woglumi</i>	Citrus	Pernambuco	Barbosa et al. 2021
<i>Fusarium fujikuroi</i>	<i>Nasutitermes corniger</i>	Árvores ornamentais	Pernambuco	MELO, 2022

Diniz et al. (2020) testaram a ação das espécies *Fusarium sulawesiense*, *F. pernambucanum* e *F. caatingaense* sobre *N. corniger* em laboratório e comprovaram a eficiência das espécies de *Fusarium* no controle da Cochonilha. Ainda, relataram a não patogenicidade das espécies contra o *S. frugiperda*, evidenciando a especificidade de *Fusarium* em certos hospedeiros. No estudo de Carneiro-Leão et al. (2017), três isolados de *F. caatingaense* foram testados contra a *D. opuntiae* em experimentos realizados em campo, sendo que os fungos apresentaram uma mortalidade confirmada de 14-42,66%. Além dos fungos entomopatogênicos e dos extratos vegetais utilizados individualmente, outra opção de controle é a combinação desses agentes aplicados simultaneamente, os quais têm apresentado resultados promissores, principalmente contra a cochonilha do carmim. No estudo de Santos et al. (2016), os extratos aquosos e hidroetanólicos de *Ricinus communis* L. (mamona) e *Poincianella pyramidalis* Tul. L. P. Queiroz (catingueira) foram avaliados em laboratório quanto ao seu efeito inseticida contra *D. opuntiae*. Os valores de mortalidade corrigidos variaram de 61,23-100%. De acordo com os autores, o resultado mais promissor foi a combinação do isolado *F. caatingaense* URM6778 com o extrato aquoso de *R. communis* 5%, que resultou em 100% de mortalidade dos insetos. Após experimentos em laboratório e casa de vegetação, Diniz et al. (2020) sugeriram que a melhor combinação para o controle da cochonilha do carmim foi *F. caatingaense* URM6779, combinado ao extrato aquoso de *Nicotiana tabacum* 10%, que ocasionou uma mortalidade de 98,67% dos insetos.

Rotylenchulus reniformis, um dos maiores problemas fitossanitários da cultura do coentro e do feijoeiro caupi, parasita mais 300 espécies de plantas, ocasionando expressiva redução na produtividade de várias culturas. Existem diversos métodos de controle de fitonematoides, mas, no caso do coentro e de outras culturas de ciclo curto, a opção mais favorável é o controle biológico. Lira (2020) avaliou o efeito de filtrados de 17 fungos na mortalidade e eclosão de *R. reniformis* por meio de teste in vitro e em plantas de coentro e de feijoeiro caupi e um deles foi o *Fusarium inflexum*. Os filtrados que apresentaram os mais altos efeitos nematicidas, tanto in vitro quanto in vivo, tiveram seus compostos ativos semi purificados e os grupos metabólicos identificados por cromatografia em camada delgada. O grupo dos compostos fenólicos, os quais estão incluídos os flavonóides e derivados cinâmicos, foi o mais abundante nesses extratos fúngicos e apresentaram efeitos antagônicos ao nematoide em estudo. Em teste com plantas de coentro e feijoeiro caupi, esses

filtrados reduziram significativamente o número de massas de ovos e o fator de reprodução do patógeno, apresentando-se como alternativa viável de controle do nematoide reniforme. O estudo mostrou a eficiência de filtrados produzidos a partir de culturas fúngicas como forma de controle alternativo para prevenir perdas ocasionadas por *Rotylenchulus reniformis*. (LIRA. 2020).

3.1.1 *Fusarium* COMO FITOPATÓGENO

Embora *Fusarium* possa ser utilizado como agente de controle biológico para doenças de plantas, o gênero é amplamente conhecido como patógeno causando várias doenças em plantas. Esse fungo pode infectar uma grande variedade de culturas e plantas ornamentais, causando perda significativa de produtividade e qualidade. As espécies de *Fusarium* são habitantes comuns do solo e podem causar várias doenças em plantas, animais, e seres humanos. Produzem uma vasta gama de micotoxinas e podem colonizar muitos hospedeiros diferentes, resultando em perdas econômicas significativas e ameaças à saúde humana (LESLIE E SUMMERELL, 2006).

Fusarium oxysporum é capaz de infectar tanto monocotiledôneas quanto dicotiledôneas e possui um diverso arsenal de fatores de virulência que permitem a colonização e a causa de doenças nas plantas hospedeiras. No entanto, o *Fusarium oxysporum* também tem potencial como agente de biocontrole contra alguns patógenos de plantas, e seu uso em estratégias de manejo integrado de pragas está sendo investigado. *Fusarium oxysporum* é um agente patogênico destrutivo do solo que causa doenças vasculares murchas numa vasta gama de culturas economicamente importantes em todo o mundo (MENZIES E HUGHES, 2014).

A fusariose da espiga, causada por *Fusarium graminearum* ataca em várias culturas importantes, incluindo trigo, cevada e milho. Esse fungo é um patógeno de plantas que pode produzir micotoxinas, incluindo deoxinivalenol (DON), que podem afetar a saúde humana e animal. Essa espécie é capaz de infectar a planta hospedeira através das flores e das feridas nas partes aéreas. A doença pode se espalhar através do vento e das sementes infectadas. Além disso, o *Fusarium graminearum* pode afetar a qualidade do grão, reduzindo o rendimento e a capacidade de armazenamento. O controle da doença envolve o uso de práticas culturais, como rotação de culturas e seleção de sementes saudáveis, além do uso de

fungicidas quando necessário. *Fusarium graminearum* é um patogénico notório do trigo e da cevada, causando a doença *Fusarium head blight* (FHB), que resulta em graves perdas de rendimento e contaminação dos grãos com micotoxinas, representando uma ameaça para a saúde humana e animal (BAI *et al.*, 2019).

Fusarium verticillioides, também encontrado no solo, pode causar uma doença conhecida como podridão do pé em várias culturas importantes, incluindo milho, sorgo e cana-de-açúcar. É um patógeno de plantas que pode produzir micotoxinas, incluindo fumonisinas, que podem afetar a saúde humana e animal, sendo capaz de colonizar a planta hospedeira através das raízes e das sementes, e a doença pode se espalhar através do solo e das sementes infectadas. Além disso, o *Fusarium verticillioides* também pode afetar a qualidade do grão de milho e sorgo, reduzindo o valor nutricional e a capacidade de armazenamento dos grãos. O controle da doença envolve o uso de práticas culturais, como rotação de culturas e seleção de sementes saudáveis, além do uso de fungicidas quando necessário. *Fusarium verticillioides* é um agente patogénico das plantas que causa a doença da podridão das espigas no milho, resultando em perdas económicas significativas devido à redução do rendimento e da qualidade dos grãos, bem como a contaminação com a fumonisina cancerígena da micotoxina (BACON *et al.*, 2017).

Uma das espécies mais comum, *Fusarium solani*, no solo, pode causar uma série de doenças em plantas, incluindo podridão das raízes e murcha vascular em várias culturas importantes, como tomate, batata e feijão. É um patógeno de plantas que pode produzir micotoxinas, mas em menor quantidade do que outros *Fusarium*. *Fusarium solani* é capaz de infectar a planta hospedeira através das raízes e das feridas nas partes aéreas. Além disso, por se tratar de um patógeno oportunista, pode causar infecções fúngicas em humanos e animais, especialmente em pessoas com sistema imunológico comprometido. O controle da doença envolve o uso de práticas culturais, como rotação de culturas e seleção de sementes saudáveis, além do uso de fungicidas quando necessário. *Fusarium solani* é um agente patógeno comum no solo que provoca o amorteamento, apodrecimento das raízes e outras doenças numa vasta gama de culturas e plantas ornamentais, levando a perdas de rendimento significativas e à redução da qualidade das culturas (NAEIMI *et al.*, 2019).

O controle do *Fusarium* como patógeno em plantas geralmente envolve uma combinação de práticas culturais, como rotação de culturas, controle de irrigação, manejo de nutrientes e práticas de controle químico, bem como o uso de variedades resistentes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gênero *Fusarium* tem sido estudado como agente de controle biológico para várias pragas causadoras de doenças em plantas. Algumas das vantagens do uso do *Fusarium* no controle biológico são o amplo espectro de atividade, sua versatilidade, baixa toxicidade, adaptação a diferentes ambientes, melhor custo-benefício e melhoria da qualidade da colheita. Por outro lado, *Fusarium* é um gênero muito comum na fitopatologia causando várias doenças em plantas de importância econômica, além de afetar as plantas, algumas espécies de *Fusarium* também podem causar infecções em animais e seres humanos e são geralmente resultado de uma imunidade comprometida e podem levar a uma variedade de sintomas, como lesões na pele, infecções oculares, infecções respiratórias e invasão de órgãos internos. Em resumo, o *Fusarium* é um gênero de fungos que pode causar doenças em plantas, animais e seres humanos. A prevenção e o controle da infecção por *Fusarium* são importantes para a saúde e para a produção agrícola. No entanto, é importante que o uso seja feito de forma criteriosa e em conjunto com outras técnicas de manejo integrado de pragas e doenças. Porém, seu uso benéfico como fungo entomopatogênico é evidenciado nessa revisão de literatura e embora ainda sejam poucos os estudos utilizando *Fusarium*, destacamos sua eficácia no controle biológico, o tornando um gênero promissor para mais pesquisas voltadas a essa finalidade.

REFERÊNCIAS

- ADDARIO, E., Turchetti, T. Parasitic fungi on *Dryocosmus kuriphilus* in *Castanea sativa* necrotic galls. *Bulletin of Insectology* 64 (2): 269-273. 2011.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). Relatório de Atividades de 2011 e 2012. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária; 2013.
- AGRONEGÓCIO E AGROTÓXICOS: IMPACTOS À SAÚDE DOS TRABALHADORES AGRÍCOLAS NO NORDESTE BRASILEIRO. <https://doi.org/10.1590/1981-7746-sol00043>, scielo, 2017.
- ALEXOPOULOS, C.J., Mims, C.W., Blackwell, M. *Introductory Mycology*. New York, John Wiley. 1996.
- ALMEIDA, A.A., SILVA, R.A., ARAÚJO, W.L., OLIVEIRA, A.V.B., LEITE, D.T. 2011. Problemas Fitossanitários Causados pela Cochonilha do Carmim a Palma Forrageira no Cariri Ocidental Paraibano. *Revista Verde* 6 (3): 98-108.
- ALMEIDA, G. F. (2018). *Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida*. Rio de Janeiro: FASE.
- ALVES, S. B. Produção de fungos entomopatogênicos. In: Alves, S. B. (Ed.) *Controle Microbiano de Insetos*. Piracicaba: FEALQ, 845-869. 1998.
- ANAND, R.; Tiwary, B.N. Pathogenicity of entomopathogenic fungi to eggs and larvae of *Spodoptera litura*, the common cutworm. *Biocontrol Science and Technology*, v.19, p.919- 929, 2009.
- ARAÚJO, J.L.O., QUIRINO, Z.G.M., NETO, P.C.G., ARAÚJO, A.C. 2007. Síndromes de polinização ocorrentes em uma área de mata atlântica, Paraíba, Brasil. *Anais VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, Caxambu, MG.
- BAI, G., Shaner, G., and Ohm, H. (2019). *Fusarium head blight management: A review of current strategies and future directions*. *Crop Journal*, 7(2), 131-142.
- BACON, C.W., Hinton, D.M., and Mitchell, T.R. (2017). *Fusarium verticillioides: A review of its biology and role in maize production, mycotoxin contamination, and control*. *Plant Health Progress*, 18(1), 16-29.

- BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. *Revista de Geografia Agrária*, v. 1, n. 2, p. 123-151. 2006.
- BASTOS, C. N., Vieira, R. F., & Pereira, O. L. (2017). *Fusarium* spp. no controle biológico de fitopatógenos: uma revisão. *Summa Phytopathologica*, 43(1), 1-12.
- BEZERRA, Juscelino. Agronegócio e a nova divisão social e territorial do trabalho agropecuário formal no Nordeste. 2008. 260 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza 2008.
- BRECHELT, ANDREA. 2004. Manejo Ecológico de Pragas e Doenças. Santiago de Chile: Rede de Ação em Praguicidas e suas Alternativas para a América Latina. 33p.
- BITANCOURT, A. A. Relação das doenças e fungos parasitas observados na secção de Fitopatologia durante os anos de 1931 e 1932. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.5, p.185- 196, 1934.
- BUTT, T.M., Coates, C.J., Dubovskiy, I.M., Ratcliffe, N.A. Entomopathogenic Fungi: New insights into host-pathogen interactions. *Advances in Genetics*, v.94, 2016.
- CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil. In: Ministério do Meio Ambiente (org.). Fórum Nacional de Secretários de Agricultura. Programa de Defesa Ambiental Rural – textos orientadores. 2002.
- CARNEIRO, Fernando et al. Dossiê Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.
- CARNEIRO-LEÃO, M. P. et al. *Dactylopius opuntiae*: control by the *Fusarium incarnatum*–*equiseti* species complex and confirmation of mortality by DNA fingerprinting. *Journal of Pest Science*, Berlin, v. 90, n. 3, p. 925-933, 2017
- COSTA, J. H., Andrade, D. O. B., Souza, L. R., Rodrigues, F. A., & Alves, E. (2015). *Fusarium oxysporum* como agente de biocontrole de nematóides de galhas. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 5(1), 74-81.
- DEBACH, P., Rosen, D. Biological control by natural enemies. 2th ed. Cambridge: University Press, 386 p. 1991.
- DE OLIVEIRA, Alan Martins et al. Controle biológico de pragas em cultivos comerciais como alternativa ao uso de agrotóxicos. 2006.

DINIZ, A. G. et al. Bio-insecticide effect of isolates of *Fusarium caatingaense* (Sordariomycetes: Hypocreales) combined to botanical extracts against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Biocontrol Science and Technology*, Abingdon, v. 30, n. 4, p. 384-395, 2020.

DOLINSKI C., Lacey, L.A. Microbial control of arthropod pests of tropical tree fruits. *Neotropical Entomology*, v.36, n.2, p.161-179. 2007.

DUNLAP, J.C., BORECKI, I.B., LABRIE, S.T., FERGUSON, J.A. *Microbial Ecology: Principles and Applications*, 1st ed.; Wiley-Blackwell: Ames, Iowa, 2010.

EHLERS E. *Agricultura sustentável: Origens e perspectivas de um novo paradigma*. 2.ed., Guaíba: Agropecuária, 157 p. 1999.

FERNANDES, O.A., CARNEIRO, T.R. 2006. Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* no Brasil, p. 75-82. In: Pinto, A. S.; Nava, D. E.; Rossi, M. M.; Malerbo-Souza, D. T. (Eds.). *Controle Biológico na Prática*. ESALQ/USP, Piracicaba: CP 2, 287p.

FINKLER, C.L.L. 2012. Controle de insetos: uma breve revisão. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica* 8 e 9: 169-189.

FREITAS, T. Pragas 'importadas' ameaçam lavouras. *Folha de São Paulo, Caderno Mercado*, 21 de julho 2013. Disponível em: < <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/07/1314258-pragas-importadas-ameacam-lavouras.shtml> >. Acesso em: 12 jan. 2019.

GALLO, DOMINGOS et al. Métodos de controle de pragas. **D. Gallo et al. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ. 920p**, p. 243-359, 2002.

GARCIA, M.V., Monteiro, A.C., Szabó, M.P.J. Colonização e lesão em fêmeas ingurgitadas do carrapato *Rhipicephalus sanguineus* causadas pelo fungo *Metarhizium anisopliae*. *Ciência Rural*, v.34, n.5. 2004.

GARDIANO, C.G., Ferraz, S., Lopes, E.A., Ferreira, P.A., Amora, D.X., Freitas, L.G. Avaliação de extratos aquosos de várias espécies vegetais, aplicados ao solo, sobre *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood. *Ciências Agrárias* 30 (3): 551-556. 2009.

GEISER, D. M., Jime'nez-Gasco, M. M.; Kang, S., Makalowska, I., Veeraraghavan, N. Ward, T.J., Zhang, N., Kuldau, G.A., O'Donnell, K.. FUSARIUM-ID v. 1.0: A DNA sequence database for identifying *Fusarium*. *European Journal of Plant Pathology* 110: 473–479. 2004

Hibbett, D.S.; Binder, M.; Bischoff, J.F.; Blackwell, M.; Cannon, P.; Eriksson, O.; Huhndorf, S.; James, T.; Kirk, P.M.; Lücking, R.; Thorsten, H.; Lutzoni, F.; Matheny, P.; McLaughlin, D.; Powell, M.; Redhead, S.; Schoch, C.L.; Spatafora, J.; Stalpers, J.; Vilgalys, R.; Aime, M.; Aptroot, A.; Bauer, R.; Begerow, D.; Benny, G.; Castlebury, L.; Crous, P.; Dai, Y-W.; Gams, W.; Geiser, D.; Griffith, G.; Gueidan, C.; Hawksworth, D.; Hestmark, G.; Hosaka, K.; Humber, R.; Hyde, K.; Ironside, J.; Ko Ljalg, U.; Kurtzman, C.; Larsson, K.H.; Lichtwardt, R.; Longcore, J.; Dlikowska, M.; Miller, A.; Moncalvo, J-M.; Mozley Standridge, S.; Oberwinkler, F.; Parmasto, E.; Reeb, V.; Rogers, J.; Roux, C.; Ryvarden, L.; Sampaio, J.P.; Schußler, A.; Sugiyama, J.; Thorn, R.; Tibell, L.; Untereiner, W.; Walker, C.; Wang, Z.; Weir, A.; Weiss, M. White, M.; Winka, K.; Yao, Y-J.; Zhang, N. 2007. A Higher-level Phylogenetic Classification of the Fungi. *Mycological Research* 111: 509-547.

HUSSEIN, H. M. A., & Mousa, A. S. (2020). *Fusarium* spp.: A potential biocontrol agent against malaria parasites and Chagas disease. *Journal of King Saud University-Science*, 32(1), 117-122.

IMENES, S. D. L.; IDE, S. Principias grupos de insetos pragas em plantas de interesse econômico. *O Biológico*, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 235-238, 2002.

LAZO, M. L. S. R. Caracterização e patogenicidade de fungos entomopatogênicos isolados do percevejo-bronzeado do eucalipto, (Hemiptera: Thaumastocoridae). 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2012.

LESLIE, J.F., Summerell, B.A. *The Fusarium laboratory manual*. Blackwell Professional Ames, Iowa. 2006.

LIMA, G. M. M. et al. *Fusarium* spp. como agentes de controle biológico. In: DOURADO, D. M. et al. (Eds.). *Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas*. Springer, 2019. p. 171-194.

LIRA, Vanessa Lopes. Diagnóstico taxonômico do nematoide reniforme e potencialidade de filtrados fúngicos para o controle biológico. 2020. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

LOPES, R. B., Faria, M. R., Souza, D. A., & Pereira, R. B. (2015). *Fusarium solani*: uma alternativa para o controle biológico de pragas e doenças em plantas. Embrapa Agrobiologia-Artigo em periódico indexado (ALICE), 10.

MARANGONI, C., MOURA, N.F., GARCIA, F.R.M. 2012. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. Revista de Ciências Ambientais, Canoas, v.6, n.2, p. 95 a 112, ISSN 1981-8858.

MARQUES, E.J. Controle microbiano de cigarrinhas (Hemíptera: Cercopidae) com *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok.: Eficiência e limitações. In: Simpósio de controle biológico, Anais, p.312. 1992.

MARQUES, R.P., Monteiro, A.C., Pereira, G.T. Crescimento, esporulação e viabilidade de fungos entomopatogênicos em meios contendo diferentes concentrações do óleo de Nim (*Azadirachta indica*). Ciência Rural, Santa Maria, v.34, 6: 1675-1680. 2004.

MARQUES, E.J. Controle microbiano de cigarrinhas (Hemíptera: Cercopidae) com *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok.: Eficiência e limitações. In: Simpósio de controle biológico, Anais, p.312. 1992.

MARTINS, M.K. Variabilidade genética de isolados de *Fusarium* spp. e estudo da interação com a planta hospedeira. 124f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.

MELO, I.S., Azevedo, J.L. Controle microbiano de inseto-praga e seu melhoramento genético. In: Azevedo, J.L. Controle biológico. SP: EMBRAPA, 1998.

MENZIES, J.G., and Hughes, K.A. (2014). *Fusarium oxysporum*: Disease-causing ability and mechanisms. In Molecular Plant Pathology (pp. 109-120). Humana Press.

MOREIRA, Roberto. Críticas ambientalistas à revolução verde. Estudos Sociedade e Agricultura, Rio de Janeiro, n. 15, p. 31-34, 2000.

MOREIRA, M.D., Picanço, M.C., Silva, E.M., Moreno, S.C., Martins, J.C. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. Controle alternativo. p.1-27. 2005.

NAEIMI, S., Okhovvat, S.M., and Khodakaramian, G. (2019). *Fusarium solani*, an important pathogen in agricultural crops and ornamental plants: A review. *Journal of Plant Pathology*, 101(4), 915-925.

O'DONNELL, K., KISTLER, H.C., CIGELNIK, E., PLOETZ, R.C. 1998. Multiple evolutionary origin of the fungus causing Panama disease of banana; concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95: 2044-2049.

O'Donnell, K., Sutton, D. A., Rinaldi, M.G., Sarver, B.A.J., Balajee, S.A., Schroers, H.J., Summerbell, R.C., Robert, V.A.R.G., Crous, P.W., Zhang, N., Aoki, T., Jung, K., Park, J., Lee, Y., Kang, S., Park, B., Geiser, D.M. Internet-Accessible DNA Sequence Database for Identifying Fusaria from Human and Animal Infections. *Journal of Clinical Microbiology* 48(10): 3708-3718. 2010.

O'DONNELL, K., Humber, R.A., Geiser, D.M., Kang, S., Park, B., Robert, V.A.R.G., Crous, P.W., Johnston, P.R., Aoki, T., Rooney, A.P., Rehner, S.A. Phylogenetic diversity of insecticolous Fusaria inferred from multilocus DNA sequence data and their molecular identification via FUSARIUM-ID and Fusarium MLSTL. *Mycologia* 104: 427-445. 2012.

OLIVEIRA, Alan Martins de et al. Aspectos técnicos e ambientais da produção de melão na Zona Homogênea Mossoroense, com ênfase ao controle da mosca-branca e da mosca-minadora. 2008.

OLIVEIRA, F.T., Souto, J.S., Silva, R.P., Andrade Filho, F.C., Pereira Júnior, E.B. Palma forrageira: adaptação e importância para ecossistemas áridos e semiáridos. *Revista Verde*, v.5, n.5, p.27-37. 2010.

PELIZZA, S.A., Stenglein, S.A., Cabello, M.N., Dinolfo, M.I., Lang, C.E. First record of *Fusarium verticillioides* as an entomopathogenic fungus of grasshoppers. *Journal of Insect Science*. 11:70. 2011.

PERNAMBUCO, D. DE. Liberação de agrotóxicos batem recorde em 2022. Disponível

em:<<https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/economia/2023/02/liberacoes-d-e-agrotoxicos-batem-recorde-em-2022.html>>. Acesso em: 22 fev. 2023.

PIMENTEL, I. C.; DIONISIO, J. A.; SIGNOR, D. Fungos. In: DIONISIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D.; PAULA, A. M. de; MACEDA, A.; MATANNA, A. L. Guia prático de biologia do solo. Curitiba: SBCS: NEPAR, 2016. cap. 5, p. 27-32.

PORTO, Marcelo; SOARES, Wagner. 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, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 46-49, 2012.

QUINTELA, E.D., ABREU, A.G., LIMA, J.F.D.S., MASCARIN, G.M., SANTOS, J.B., BROWN, J.K. 2016. Reproduction of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) B biotype in maize fields (*Zea mays* L.) in Brazil. Pest management science, v. 72, n. 11, p. 2182-2187.

RIBEIRO, L. P. et al. In Vitro Compatibility of an Acetogenin-Based Bioinsecticide with Three Species of Entomopathogenic Fungi; BioOne; Florida Entomological Society, v. 97, n. 4, p. 1395-1403, 2014.

RIGOTTO, Raquel et al. O verde da economia do campo: desafios à pesquisa e às políticas públicas para a promoção da saúde no avanço da modernização agrícola. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1.533-1.542, 2012.

ROBBS, C.F. Combate biológico por intermédio de micro-organismos. Primeiro Simpósio Brasileiro sobre Controle Biológico. Boletim do Instituto de Ecologia e Agricultura, v.21, p.41-46, 1962.

SAHAYARAJ, K., Namasivayam, S.K.R., Rathi, J.M.. Compatibility of entomopathogenic fungi with extracts of plants and commercial botanicals. African Journal of Biotechnology. v.10. 6: 933-938. 2011.

SANTOS, A.C.S. Associação de isolados de *Fusarium* entomopatogênicos aos extratos de *Caesalpinia pyramidalis* e *Ricinus communis* visando o controle de *Dactylopius opuntiae* em *Opuntia ficus-indica*. 63 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos) - Centro de Ciências Biológicas (Departamento de Micologia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE. 2015.

SANTOS, A.C.S., OLIVEIRA, R.L.S., COSTA, A.F., TIAGO, P.V., OLIVEIRA, N.T. 2015. Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium incarnatum-equiseti* species

complex and extracts of *Ricinus communis* and *Poincianella pyramidalis*. Journal of Pest Science. Volume 89, Issue 2, pp 539-547. DOI 10.1007/s10340-015-0689-4.

SCHRANK, A., Bassanesi, M.C., Pinto, J.R., Costa, S.V., Bogo, M.R., Silva, M.S.N. Superoxide dismutases in entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Ciências e cultura, v.45, p.200-205. 1993.

SCOPEL, Wanessa; ROZA-GOMES, Margarida Flores. Programas de controle biológico no Brasil. **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 2, n. 2, p. 215-223, 2011.

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

SILVA, MG., HEFLER, S.M., PAULA, M.C.Z., ZIMMERMANN, M.L. 2008. Estudo das interações entre insetos e *Pyrostegia venusta* (KER GAWL.) MIERS (Bignoniaceae) em um remanescente de floresta estacional semidecidual, no campus da pontifícia universidade católica do paraná, toledo, brasil. Estud Biol. jan/dez;30(70/71/72):71-6.

SIMONATO, J., GRIGOLLI, J.F.J., HARLEY, N.O. Controle Bi gico capitulo 08 de Insetos-Praga na Soja Embrapa 2014.

SOARES, Wagner; PORTO, Marcelo. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 38-43, 2007.

SOBHY, I. S.; ERB, M.; LOU, Y.; TURLINGS, T. C. The prospecto of applying chemical elicitors and plant strengtheners to enhance the biological controlo f crop pests. Philosophical 57 Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, London, v. 369, n. 1639, p. 2012- 2083. 2014.

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 bi gico de insetos-praga na soja org. 2002.

TAVARES M.A.G.C.; Vendramim J.D. Atividade inseticida da erva-de-santa-maria *Chenopodium ambrosioides* L. (chenopodiaceae) em relação a *Sitophilus zeamais* mots., 1855 (Coleoptera: curculionidae). Arquivo Instituto de Biologia, São Paulo, v.72, 1: 51-55. 2005.

TEETOR-BARSCH G.H, Roberts D.W. Entomogenous *Fusarium* species. Mycopatologia 84, 3-16. 1983.

THOMAZINI, A.P. de B.W., Vendramim, J.D., Lopes, M.T.do R. Extratos aquosos de *Trichilia pallida* e a traça-do-tomateiro. *Sciência Agrícola*. 57: 13-17. 2000.

TIAGO, P.V., Souza, H.M.L., Moysés, J.B., Oliveira, N.T., Lima, E.A.L.A. Differential pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and the control of the sugarcane root spittlebug *Mahanarva fimbriolata*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.54, n.3. 2011.

TORTORA, Gerard J. Microbiologia: fungos. *In: MICROBIOLOGIA*. Editora metha: [s. n.], 2013.

TORTORA, Gerard J. *et al.* Microbiologia: fungos. *In: MICROBIOLOGIA*. Editora metha: [s. n.], 2013.

VELEZ, P. A. V. (2016). Fungos entomopatogênicos como alternativa para o controle biológico da cochonilha do carmim *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Pernambuco).

VIEIRA, L.M., Galdino, S., Padovani, C.R. Utilização de Pesticidas na Agropecuária dos Municípios da Bacia do Alto Taquari de 1988 a 1996 e Risco de Contaminação do Pantanal, MS, Brasil. Circular Técnica EMBRAPA Pantanal, 27, 2001.