



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

ANTONIA RAYLANE DE SOUSA LIMA

**O USO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE *Tetranychus*
glaveri BANKS (PROSTIGMATA: TETRANYCHIDAE)**

FORTALEZA
2025

ANTONIA RAYLANE DE SOUSA LIMA

O USO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE *Tetranychus gloveri*
BANKS (PROSTIGMATA: TETRANYCHIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Agronomia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de bacharel em
Agronomia.

Orientadora: Dr^a. Érica Costa Calvet

FORTALEZA

2025

L696u Lima, Antonia Raylane de Sousa.
O uso de fungos entomopatogênicos no controle de Tetranychus gloveri Banks (Prostigmata: Tetranychidae) / Antonia Raylane de Sousa Lima. – 2025.
28 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2025.
Orientação: Profa. Dra. Erica Costa Calvet.

1. Controle biológico. 2. Tetranychidae. 3. Metarhizium anisopliae. 4. Beauveria bassiana.. I. Título.
CDD 630

ANTONIA RAYLANE DE SOUSA LIMA

O USO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DE *Tetranychus gloveri*
BANKS (PROSTIGMATA: TETRANYCHIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Agronomia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de bacharel em
Agronomia.

Aprovada em: 27/02/2025.

EXAMINANDO O SISTEMA BANCÁRIO

Prof.^a Dra. Érica Costa Calvet (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Debora Barbosa de Lima
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Dra. Rosamara Souza Coelho
Pesquisadora Agrícola Famosa SA

A Deus.

A minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai Todo-Poderoso, que me guia com sua luz pelos caminhos da vida, me sustentando em momentos de incerteza e me dando força para continuar seguindo mesmo diante das adversidades.

Aos meu pais, meus irmãos e aos meus pais de coração, que sempre me apoiaram e são meu porto seguro nos dias difíceis. Essa conquista também pertence a vocês.

A minha prima Deisiane, que me deu total apoio no início da minha graduação e me incentivou a não desistir.

Aos amigos que conquistei durante a graduação, Valesca, Ramony, Yago, Marcelo, Nicole, Matheus, Karol, Edilaine, Wesley, Gabryellen, Kele, Sávio, Ray e a todos os outros que não consta o nome aqui, mas assim como os demais possuem a mesma importância. Saibam que vocês tornaram esta caminhada mais leve e divertida. Vocês são pessoas incríveis que levo para a vida inteira em meu coração.

A todos os membros dos laboratórios dos quais fiz parte, meu profundo agradecimento. Sou grata por todo o conhecimento que foram repassado e ajudaram na minha evolução acadêmica.

A Professora Dra. Érica Costa Calvet, minha orientadora, que me guiou nesta trajetória e inspirou a não ter medo de sonhar e arriscar. Sou grata pela sua paciência, dedicação e pelo apoio. Você me auxiliou não somente em meu crescimento acadêmico, mas na minha evolução pessoal. Obrigado por acreditar em mim e por me impulsionar a continuar seguindo sempre adiante.

A cada pessoa que fez parte da minha trajetória, minha eterna gratidão.

“Que aqueles que semeiam chorando façam a colheita com alegria! Aqueles que saíram chorando, levando a semente para semear, voltarão cantando, cheios de alegria, trazendo nos braços os feixes da colheita.” (Salmos 126:5-6).

RESUMO

Os ácaros da família Tetranychidae, como *Tetranychus gloveri* Banks, causam danos significativos em diversas culturas, reduzindo a produtividade e em casos mais severos ocasionam à morte da planta. O método de controle químico é o mais utilizados para realizar o controle de populações de ácaros-pragas. No entanto, o uso excessivo de acaricidas químicos tem gerado o aumento de resistência, tornando necessário a implementação de outros métodos de controle, como o controle biológico através de fungos entomopatogênicos. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito letal e subletal de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* em fêmeas adultas e imaturos de *T. gloveri* através da avaliação da taxa de mortalidade das fêmeas e imaturos, a taxa de oviposição e a preferência por local de oviposição das fêmeas. Para tal, os ácaros foram expostos ao resíduo da aplicação dos fungos nas concentrações de 1×10^8 conídios/ml. O fungo *Metarhizium anisopliae* demonstrou alta eficácia, causando 100% de mortalidade em fêmeas adultas e imaturos no 7 dia de avaliação. Adicionalmente, este reduziu significativamente a oviposição para 2 ovos/fêmea/dia e alterou o comportamento de escolha por local de oviposição da fêmea. Em contraste, a mortalidade no tratamento com o fungo *Beauveria bassiana* não diferiu do controle nos testes com fêmeas e imaturos, apenas reduziu a taxa de oviposição para cerca de 5,7 ovos/fêmea/dia. Assim, entre os fungos testados, *M. anisopliae* mostrou ter maior potencial como ferramenta de controle populacional de *T. gloveri* podendo ser empregada em uma estratégia de manejo.

Palavras-chave: Controle biológico; Tetranychidae; *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*.

ABSTRACT

The mites of the Tetranychidae family, such as *Tetranychus gloveri* Banks, cause significant damage to several crops, reducing productivity and, in more severe cases, causing the death of the plant. Chemical control is the most widely used method to control populations of pest mites. However, the excessive use of chemical acaricides has led to increased resistance, making it necessary to implement other control methods, such as biological control through entomopathogenic fungi. Thus, the objective of this study was to evaluate the lethal and sublethal effects of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* on adult and immature females of *T. gloveri* by evaluating the mortality rate of females and immatures, the oviposition rate, and the preference for oviposition site of females. For this purpose, the mites were exposed to the residue of the application of fungi at concentrations of 1×10^8 conidia/ml. The fungus *Metarhizium anisopliae* demonstrated high efficacy, causing 100% mortality in adult females and immatures on the 7th day of evaluation. Additionally, it significantly reduced oviposition to 2 eggs/female/day and altered the female's oviposition site choice behavior. In contrast, mortality in the treatment with the fungus *Beauveria bassiana* did not differ from the control in the tests with females and immatures, only reducing the oviposition rate to approximately 5.7 eggs/female/day. Thus, among the fungi tested, *M. anisopliae* showed greater potential as a population control tool for *T. gloveri* and can be used in a management strategy.

Keywords: Biological control; Tetranychidae; *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Família Tetranychidae	13
2.1.1	<i>Tetranychus gloveri</i> Banks.....	14
2.2	Controle Biológico	15
2.2.1	<i>Fungos entomopatogênicos</i>	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1	Obtenção e estabelecimento da criação de <i>Tetranychus gloveri</i> em laboratório	17
3.2	Determinação da viabilidade e concentração de conídios de fungos entomopatogênicos	17
3.2.1	<i>Fungos entomopatogênicos</i>	17
3.2.2	<i>Determinação das concentrações</i>	18
3.3	Efeito letal e Subletal de fungos entomopatogênicos em diferentes fases de desenvolvimento de <i>T. gloveri</i>	18
3.3.1	<i>Preparo da unidade experimental</i>	18
3.3.2	<i>Efeito letal e subletal em T. gloveri</i>	19
3.3.3	<i>Efeito subletal comportamental em T. gloveri</i>	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

Os ácaros fitófagos da família Tetranychidae são importantes para a agricultura, pois causam danos e perdas significativas em diversas culturas agrícolas. Esses ácaros comprometem a produtividade das plantas, ocasionando lesões foliares, redução no crescimento e, em casos de infestações severas, pode provocar a morte das plantas (Navajas et al., 1998; Ehara, 1999). A alta capacidade de reprodução dos tetraniquídeos, associada ao curto ciclo de vida e às elevadas taxas de oviposição, evidenciam seu alto potencial biótico (Van Leeuwen et al., 2010). Além disso, seu notável potencial adaptativo a diferentes condições ambientais, aliado à ampla distribuição geográfica em regiões tropicais, subtropicais e temperadas, torna o manejo dessas espécies particularmente desafiador (Van Leeuwen et al., 2010; Suzuki et al., 2018).

O manejo fitossanitário de ácaros-pragas é realizado predominantemente por meio de controle químico (Adesanya et al., 2021). No entanto, ao longo dos anos, esse método de controle tem apresentado falhas devido ao desenvolvimento de populações resistentes a acaricidas (Ullah; Gotoh 2013). Com o objetivo de evitar tais falhas, a adoção de outras ferramentas de controle, como a utilização de macro e micro agentes de biocontrole tem sido utilizada para regulação populacional de espécies pragas agrícolas (Van Lenteren et al., 2018; Adesanya et al., 2021).

O controle biológico tem se destacado como um método eficaz e sustentável para o manejo de pragas agrícolas, incluindo os ácaros da família Tetranychidae (Iskra; Woods, 2019). Dentre os agentes de biocontrole, os microbiológicos, como os fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae), *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae), têm demonstrado eficiência no controle de populações de tetraniquídeos (Meyling; Eilenberg, 2007; Hajek; Delalibera, 2010). Ambos os fungos são amplamente utilizados devido à sua elevada capacidade de infectar ácaros por meio da penetração na cutícula, causando uma infecção sistêmica e posteriormente a morte do hospedeiro (Hajek; St. Leger, 1994; Meyling; Eilenberg, 2007).

Dentre as espécies pertencentes a família Tetranychidae, *Tetranychus gloveri* Banks, destaca-se por possuir um alto potencial biótico, com adaptação a mais de 100 hospedeiros (Migeon e Dorkeld, 2025), ciclo em média de 9,9 dias e com a média de oviposição de 5,6 ovos por dia (Queiroz, 2025, dados não publicados). *Tetranychus gloveri* é uma praga relevante para diversas culturas como o algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), (Jeppson et al., 1975). No Brasil *T. gloveri* foi registrado em feijão na Bahia e em mamoeiro no Rio Grande do Norte (Migeon; Dorkeld, 2006; Mendonça, 2009) e recentemente

T. gloveri foi relatado na Índia causando danos em viveiros de banana (*Musa* sp.) (Swathi; Bhaskar, 2023). Apesar disso, no Brasil ainda não se tem nenhum método de controle registrado para manejo da espécie. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito letal e subletal de *Tetranychus gloveri* pela exposição residual aos fungos entomopatogênicos *M. anisopliae* e *B. bassiana*.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Família Tetranychidae

A família Tetranychidae (Prostigmata) possui importantes espécies de ácaros-pragas de importância agrícola (Helle e Sabelis, 1985). Os ácaros dessa família são caracterizados pelo processo “unha dedão” nos palpos e pela genitália enrugada da fêmea. As espécies podem possuir tamanhos e coloração variáveis, com as fêmeas com formato ovóides e maiores que os machos, esses são pontiagudos (Swathi; Bhaskar, 2023). Uma característica importante do grupo é a produção de teias que tem como intuito proteger a população de fatores abióticos e bióticos (NAPPO, 2014). O desenvolvimento dos tetraniquídeos incluem estágios de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adultos, sendo, portanto, considerado um ciclo de vida curto que favorece a rápida multiplicação (NAPPO, 2014). Ademais, a reprodução ocorre tanto de forma sexuada quanto por meio da partenogênese (Flechtmann et al., 1983; Helle; Sabelis, 1985).

Os tetraniquídeos são ácaros fitófagos, alimentando-se através de estiletes que perfuram as células do parênquima e mesênquima sugando o conteúdo celular reduzindo a capacidade fotossintética das folhas (Reis et al., 1997). As injúrias da infestação são pontuações esbranquiçadas que posteriormente necrosam causando queda prematura das folhas (Jeppson; Keifer; Baker, 1975).

2.1.2 *Tetranychus gloveri*

Tetranychus gloveri Banks é um ácaro pertencente à família Tetranychidae. A fêmea possui o tarso I com dois conjuntos de cerdas duplex bem separados e empório das pernas dividido distalmente, tipicamente de coloração vermelho intenso. O macho tem o edeago curvado dorsalmente com sua parte posterior estreita e pontiaguda (Sawthi; Bhaskar, 2023). A espécie apresenta ampla capacidade adaptativa, com mais 100 hospedeiros registrados (Jeppson et al., 1975; INRAE, 2025).

A alimentação de *T. gloveri* pode resultar em redução da taxa fotossintética das plantas hospedeiras, comprometendo o rendimento agrícola e a qualidade dos produtos que serão colhidos (Jeppson et al., 1975; Vacante et al. 2016). Swathi e Bhaskar (2023) relataram os danos severos causados por esse ácaro em viveiros de mudas de banana. Mattupuratha e Bhaskar (2023), relatam infestações em viveiros de Rosa-do-deserto (*Adenium obesum*) com populações

de *T. gloveri* resistentes aos inseticidas/acaricidas fenazaquin e espiromesifeno, representando um desafio adicional para o controle dessa praga.

Embora constem relatos sobre *T. gloveri* afetando espécies agrícolas na Austrália, Estados Unidos, Índia e Brasil, existem poucos estudos referentes a essa espécie, o que consequentemente limita os conhecimentos sobre sua biologia, comportamentos e métodos de controle (Mendonça et al., 2011).

2.2 Controle Biológico

O controle biológico consiste na utilização de organismos vivos para reduzir populações de pragas agrícolas (Parra et. al., 2002). Segundo Polanczyk (2015) esse método de controle tem sido aplicado há décadas na agricultura, no entanto, somente em 1919 Harry Smith o definiu como “a supressão de populações de insetos pela ação de seus inimigos naturais sejam esses nativos ou introduzidos” (Smith, 1919). Nos últimos anos o controle biológico tem ganhado maior espaço dentro da agricultura com aumento das espécies de agentes de biocontrole, melhoria das formulações e formas de aplicação desses produtos em campo.

O controle biológico pode ser classificado de quatro principais formas: controle biológico natural, clássico, aumentativo e conservativo (Fontes et al., 2020). O controle biológico natural ocorre sem qualquer intervenção humana direcionada, constituindo, em termos econômicos, a maior contribuição do controle biológico para os cultivos. No método clássico, parte-se do pressuposto que o inimigo natural de pragas exóticas está no centro de origem da praga, ocorrendo, portanto, a prospecção e introdução de agentes de biocontrole também exóticos. O método aumentativo, consiste no aumento artificial e liberação massiva de inimigos naturais no ambiente para conter infestações de pragas. Já o método conservativo, por sua vez, busca o manejo do ambiente para favorecer a manutenção e permanência de inimigos naturais presentes no ambiente (Fontes et al., 2020).

Os agentes de controle biológico são classificados em entomófagos, como os parasitoides e predadores, e entomopatógenos, como vírus, bactéria, nematoides e fungos (Zimmermann, 2008). Os entomopatógenos causam doenças no seu hospedeiro, sendo utilizados no campo através de caldas de pulverização o que favorece a aceitação de uso e compatibilidade no campo. Dentre os microrganismos entomopatogênicos, os fungos têm se destacado na supressão de diversas espécies pragas da agricultura, por exemplo, os fungos *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) e *Beauveria bassiana* (Balsamo) que são fungos generalistas sendo relatados suprimindo populações de diversas espécies pragas agrícolas (Vega

et al., 2012; Lacey et al., 2015; Valadares-Inglis et al., 2020), incluindo ácaros tetraniquídeos (Tamai et al., 2002).

2.2.1 Fungos entomopatogênicos

Os fungos entomopatogênicos pertencem ao grupo dos fungos filamentosos e são utilizados no controle biológico devido a sua capacidade de causar doenças em artrópodes pragas (Faria; Wraight, 2007). Esses fungos são classificados principalmente dentro do filo Ascomycota, na classe Sordariomycetes da ordem Hypocreale com gêneros como *Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria* e *Lecanicillium*. Eles são encontrados em solos e sobre hospedeiros infectados (Hajek; St. Leger, 1994). O mecanismo de ação desses fungos inicia por meio da adesão de esporos na cutícula do hospedeiro, processo esse que é facilitado por interações eletrostáticas e pela presença de proteínas como as hidrofobinas e adesinas (Valadares-Inglis et al., 2020). Após a adesão, a germinação ocorre em um período variável, geralmente entre 24 e 72 horas (Faria et al., 2010). Em seguida, ocorre a penetração do fungo no corpo do inseto ou ácaro por meio do apressório, durante esse processo, os fungos produzem enzimas hidrolíticas que degradam a cutícula do hospedeiro, permitindo sua colonização interna e a absorção de nutrientes (Valadares-Inglis et al., 2020). No processo de colonização, ocorre a produção de micotoxinas, como a destruxina que é produzida por *Metarhizium spp.* (Meng et al., 2013) e a beauvericina que é produzida por *Beauveria spp.* (Suzuki et al., 1977). Esses metabólitos tóxicos comprometem o sistema imunológico do hospedeiro e aceleram sua morte (Lacey et al., 2015).

Metarhizium anisopliae pertencente à família Clavicipitaceae, e *Beauveria bassiana* pertencente à família Cordycipitaceae. Estes são fungos bastante utilizados para o controle de artrópodes pois infectam uma ampla gama de hospedeiros e apresentam eficiência sob diferentes condições ambientais (Vega et al., 2012; Lacey et al., 2015). Para que esses fungos se desenvolvam bem é necessário que haja umidade em seus hospedeiros, por essa razão o processo de infecção inicia-se principalmente pela boca, ânus e orifícios respiratórios do artrópode (Valadares-Inglis et al., 2020).

A utilização de fungos entomopatogênicos na agricultura tem boa aceitabilidade, principalmente devido à sua forma de aplicação prática por meio de pulverização de caldas. Os fungos podem ser formulados tanto como pós-molháveis, óleo dispersível e suspensões aquosas o que facilita seu preparo em campo. Outra forma que vem sendo avaliada recentemente é o uso de microencapsulados, visando a proteção dos propágulos fúngicos de fatores abióticos

deletérios e prolongando assim a sua atividade em campo (Meirelles et al., 2023). A eficiência desses agentes biológicos em campo é afetada por diversos fatores sendo necessário adotar medidas de proteção a degradação por radiação ultravioleta, atenção a umidade relativa do ar e temperatura que podem reduzir a taxa de infecção dos fungos sobre as pragas (Rangel et al., 2005; Faria et al., 2010; Valadares-Inglis et al., 2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Obtenção e estabelecimento da criação de *T. gloveri* em laboratório

A população de *T. gloveri* foi coletada em janeiro de 2024 em folhas de rosa-do-deserto (*Adenium sp.*) cultivada em casa de vegetação da Universidade Federal do Ceará. A identificação da espécie foi realizada por meio da confecção de lâminas de montagem contendo fêmeas e machos, as quais foram enviadas ao Laboratório de Acarologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Arenas de criação foram estabelecidas em bandejas plásticas (18 cm x 10 cm x 3,5 cm), contendo espuma de polietileno (1 cm de espessura) saturada com água e coberta com um papel filtro de dimensões similares ao recipiente. Sob o papel filtro foi disposta uma folha de feijão-de porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC.) delimitadas lateralmente com algodão hidrófilo umedecido com água afim de prevenir a fuga dos ácaros. As arenas de criação foram mantidas em condições de laboratório, sob temperatura de 25 ± 1 °C, U.R. 70% e fosfatase de 12h. Para os ensaios, a 3ª geração estabelecida em laboratório foram utilizados ácaros após.

3.2 Determinação da viabilidade e concentração de conídios de fungos entomopatogênicos:

3.2.1 Fungos entomopatogênicos:

Foram utilizados dois fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* isolado IBCB 425 (Nat Fungi® Produto Microbiológico, 50 g/Kg (5% m/m) $0,84 \times 10^9$ conídios/g, Pó Molhável, Agropaulo Agroindustrial S.A., Jaguaruana, Ceará, Brasil) e *Beauveria bassiana* isolado IBCB 66 (Nat Beauveria® Produto Microbiológico, 23,0 g/kg (2,3 % m/m) $1,31 \times 10^9$ conídios/g, Pó Molhável, Agropaulo Agroindustrial S.A., Jaguaruana, Ceará, Brasil).

Inicialmente, foram realizados pré-testes, para ambos os fungos. para determinar a viabilidade dos conídios, adaptando a metodologia proposta pela Embrapa (2022). Para isso, foi preparado uma calda com 1g do produto comercial diluído em 9 mL de água destilada (1:9), a qual foi agitada em Vórtex por 1 minuto. Aliquotas dessa suspensão foram retiradas e inoculadas em placa contendo meio de cultura BDA (Agar Batata Dextrose), com o objetivo de observar o crescimento fúngico. As placas foram mantidas em ambiente controlado, com temperatura de 25 ± 1 °C, U.R. 70%, em condições de baixa iluminação, favoráveis ao crescimento. Após 48 horas, constatou-se, com o auxílio de um microscópio, a presença de tubos germinados nos conídios, indicando que houve crescimento fúngico.

3. 2. 2 Determinação das concentrações:

Para determinar a concentração dos conídios, foi preparado uma suspensão com 1g do produto diluído em 9 mL de água destilada em tubo falcon de 50ml e mantido sob agitação em Vortex por 1 minuto. Após a agitação, realizou-se uma diluição seriada até 10^{-3} para o fungo *B. bassiana* e de 10^{-2} para o fungo *M. anisopliae*. Em seguida, retirou-se uma alíquota da suspensão de conídios e realizou-se a contagem em uma câmara de Neubauer. Para calcular a concentração de conídios presentes utilizou-se a fórmula: $N^{\circ} \text{ médio de esporos em c} \times 2,5 \times 10^5 = \text{esporos/ml}$. (Tanaka, 1987)

Após obter a concentração dos conídios para ambos os fungos, determinou-se a utilização da concentração de 1×10^8 conídios/ml para os ensaios de letalidade e subletalidade.

3.3. Efeito letal e subletal de fungos entomopatogênicos em diferentes fases de desenvolvimento de *T. gloveri*:

Para todos os ensaios foram utilizadas a unidade experimental descrita abaixo e a metodologia adotada para avaliação do efeito letal e subletal foi adaptada ao Método 003 do Comitê de Ação à Resistência a Inseticidas Brasil – IRAC.

3.3.1 Preparo da Unidade experimental

A unidade experimental consistiu em placas de Petri de 8 cm, onde continham uma espuma de polietileno (1 cm de espessura) saturada com água destilada, um disco de papel filtro de 7 mm e um fragmento de folha de feijão-de-porco recortadas em dimensões de 4x4 cm. As

folhas foram delimitadas lateralmente com algodão hidrófilo umedecido com água destilada afim de evitar a fuga dos ácaros.

Os fragmentos de feijão-de-porco foram pulverizados com 100 µL da suspensão (*B. bassiana* ou *M. anisopliae*) com o auxílio de um aerógrafo (pressão de trabalho 15psi) e deixados em condições de laboratório para total secagem. Após a secagem foi confeccionada a unidade experimental. Foram realizados três tratamentos, Controle (água destilada), *B. bassiana* (1×10^8 conídios/ml) e *M. anisopliae* (1×10^8 conídios/ml). Todos os ensaios foram realizados sob temperatura de 25 ± 1 °C, U.R 70% e fosfatase de 12h.

As avaliações foram realizadas diariamente durante 8 dias, onde se observou a mortalidade e a taxa de oviposição.

3.3.2 Efeito letal e subletal em *T. gloveri*

Para avaliar o efeito em adultos, fêmeas foram selecionadas em estágio deutoninfas quiescentes (fase no qual o macho apresenta comportamento de guarda próximo a deutoninfa fêmea) e foram isoladas em arenas de criação juntamente a machos com a finalidade de se obter fêmeas de até 48h de emergência. Cada unidade experimental recebeu uma fêmea, constituindo uma repetição, totalizando 20 repetições para cada tratamento. As fêmeas foram avaliadas por oito dias sendo registrado mortalidade (as fêmeas foram consideradas mortas quando já não conseguiam mais se movimentar ativamente) e oviposição diária.

Para os ensaios de efeito em imaturos, foram transferidas 3 fêmeas de idade desconhecida da criação estabelecida de *T. gloveri* para unidades experimentais já tratadas com as suspensões dos fungos ou com água destilada (controle). Após 24 horas, retirou-se as fêmeas, assim como o excesso de ovos, deixando somente 5 ovos por arena. A avaliação foi realizada diariamente durante 10 dias observando-se o tempo de desenvolvimento dos ácaros e mortalidade.

A análise dos dados de mortalidade e taxa de oviposição assim como o efeito subletal dos fungos entomopatogênicos em adultos e imaturos foi realizada pelo teste não paramétrico Kruskal-Wallis. Caso o teste de Kruskal-Wallis indicasse diferenças significativas, aplicou-se o teste de Dunn para comparações múltiplas entre grupos. O ajuste de Holm foi utilizado para controle do erro tipo I. utilizando o software R version 4.4.0 (R Core Team, 2023).

3.3.3 Efeito de subletal comportamental em fêmea de *T. gloveri*

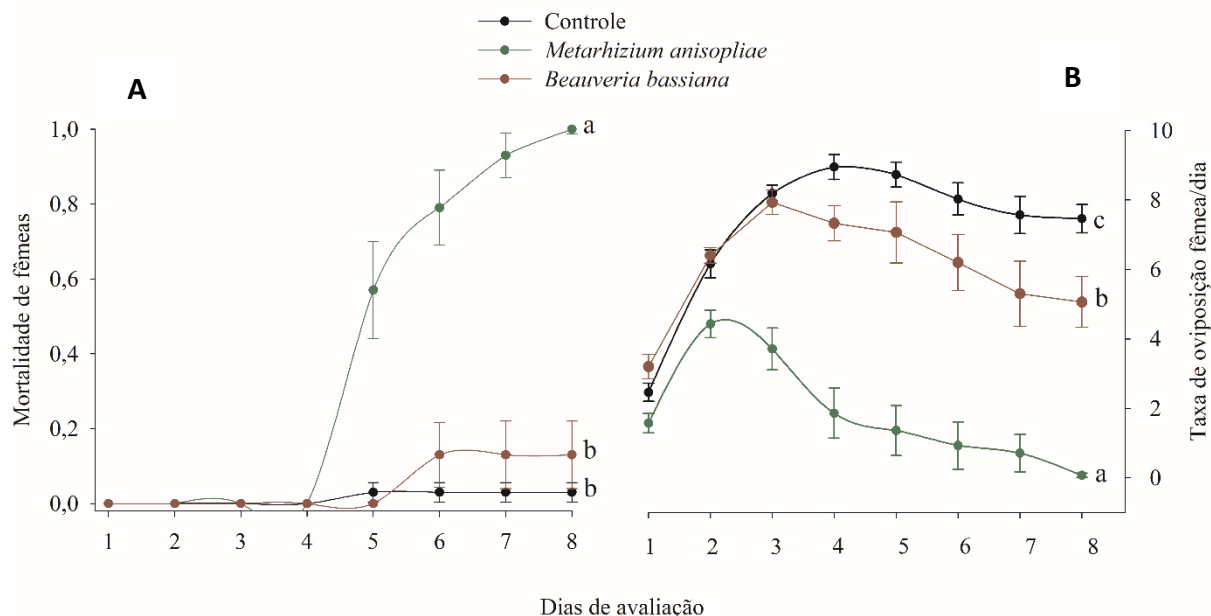
Para o efeito comportamental de preferência de local e oviposição, apenas metade da arena dos fragmentos de feijão-de-porco foram tratados com as suspensões de fungos ou com água destilada (controle). Após a secagem, uma fêmea foi transferida para cada unidade experimental. A avaliação foi realizada após 24 horas do confinamento e observou-se em que local da arena a fêmea estava, o número de ovos e o local da oviposição.

Para determinar efeito de repelência comportamental dos fungos entomopatogênicos as frequências da localização das fêmeas foram analisadas pelo teste Chi-quadrado utilizando o software R version 4.4.0 (R Core Team, 2023).

4 RESULTADOS

As fêmeas de *T. gloveri* apresentaram diferentes respostas a exposição dos fungos entomopatogênicos testados (Figura 1 A) ($\chi = 140,09$; $df = 2$; $p < 0,001$). O tratamento com *B. bassiana* apresentou baixas taxas de mortalidade alcançando até 5% de mortalidade, não diferindo do tratamento controle (Figura 1 A). No entanto houve redução significativa da taxa de oviposição ($\chi = 104,09$; $df = 2$; $p < 0,001$) a partir do terceiro dia de exposição ao fungo (Figura 1 B), apresentando uma média 5,7 ovos fêmea/dia. Já para o tratamento com *M. anisopliae*, a partir do quinto dia de avaliação as fêmeas de *T. gloveri* apresentaram mortalidade de 60% ($\chi = 67,121$; $df = 7$; $p < 0,001$), alcançado 100% ao final do período avaliativo (Figura 1 A) ($\chi = 140,09$; $df = 2$; $p < 0,001$). Além do efeito letal, também foi observado redução da taxa de oviposição a partir do terceiro dia de avaliação ($\chi = 67,121$; $df = 7$; $p < 0,001$) obtendo média de 2 ovos fêmea/dia ($\chi = 171,95$; $df = 2$; $p < 0,001$) (Figura 1 B).

Figura 1: A: Proporção da mortalidade das fêmeas de *Tetranychus gloveri* quando expostas aos fungos *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* ou a água destilada (controle). B: Taxa de oviposição das fêmeas de *T. gloveri* quando expostas aos fungos e o controle. Letras iguais indicam que não diferem significativamente entre si.



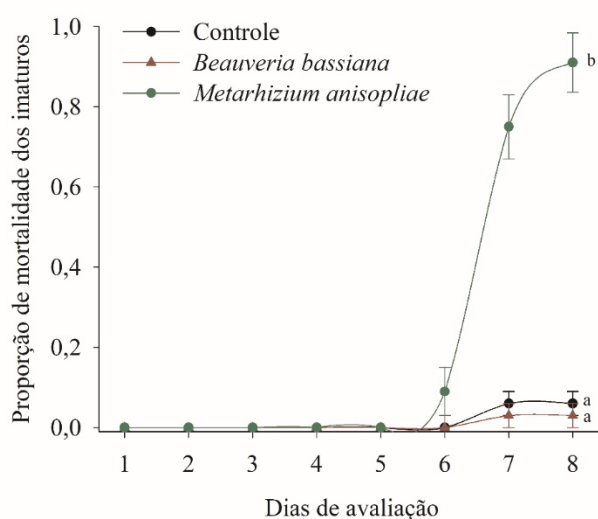
Nossos estudos demonstraram que *M. anisopliae* é eficiente no controle de *T. gloveri*, exterminando toda a população testada após 8 dias de avaliação. Estudos realizados por Mariam et al., (2016) demonstraram que *T. urticae* quando tratado com suspensão de conídios de *M. anisopliae* na concentração de 10^8 conídios/ml, apresentou taxa de mortalidade de 91,8% no 7º dia de avaliação. Esses resultados evidenciam a alta eficiência de *M. anisopliae* no controle de tetraniquídeos, apesar de seu tempo de ação ser mais prolongado em comparação com inseticidas químicos. O maior tempo requerido para resposta letal dos fungos pode ser explicada pelo seu modo de ação, onde é necessário o processo de infecção, germinação e penetração que pode levar até 6 dias a depender da espécie de fungo (Asaff et al., 2002; Mora et al., 2016; EMBRAPA, 2022). Após a infecção, o fungo se estabelece na hemolece, onde inicia a produção de micotoxinas, sendo as destruxinas os principais metabólitos tóxicos associados a *M. anisopliae*. Essas toxinas desempenham um papel importante na virulência do fungo ao hospedeiro, pois inibem a resposta imunológica do artrópode levando à sua morte (Fontes et al., 2020). Embora o tempo para atingir a letalidade seja maior em comparação com métodos químicos, o presente estudo observou redução na oviposição já no dia 3º dia, indicando que o desenvolvimento populacional da praga é comprometido antes mesmo de se completar seu ciclo.

Beauveria bassiana não teve efeito letal em adultos e subletal em imaturos, sendo seu único efeito a redução da taxa de oviposição a partir do 4º dia. Tal efeito, pode estar relacionado a virulência do fungo entomopatogênicos que é influenciada desde condições ambientais e

formulações até fatores intrínsecos do fungo e do hospedeiro. Bugeme et al., (2009), por exemplo, analisaram 23 isolados *M. anisopliae* e 3 isolados de *B. bassiana*, contra *Tetranychus urticae* Koch (Prostigmata: Tetranychidae), constatando que embora todos tenham se mostrado patogênicos, houve variações significativas na virulência entre eles. Desse modo, é possível que a baixa virulência de *B. bassiana* nos ensaios com *T. gloveri* esteja associado a formulação do produto comercial ou a fatores intrínsecos entre o fungo e hospedeiro.

Os dados obtidos no ensaio de efeito imaturo apresentaram a mesma tendência de mortalidade que os adultos de *T. gloveri* havendo diferença entre os tratamentos ($\chi = 74,308$; $df = 2$; $p < 0,001$) (Figura 2). O tratamento com *B. bassiana* não apresentou mortalidade significativa de imaturos quando comparado ao tratamento controle onde ambos apresentaram menos de 10% de mortalidade. O tratamento com *M. anisopliae* alcançou 80% de mortalidade dos imaturos a partir do 7º dia de avaliação ($\chi = 76,182$; $df = 7$; $p < 0,001$) e posteriormente alcançando 100% de mortalidade ($\chi = 74,308$; $df = 2$; $p < 0,001$). A elevada mortalidade de imaturos expostos a *M. anisopliae* contribui para a redução populacional em campo, as fêmeas tiveram a capacidade de oviposição afetadas a partir do 3º, assim com a redução na oviposição e mortalidade de imaturos o fungo *M. anisopliae* apresenta bom potencial como método de controle de *T. gloveri*.

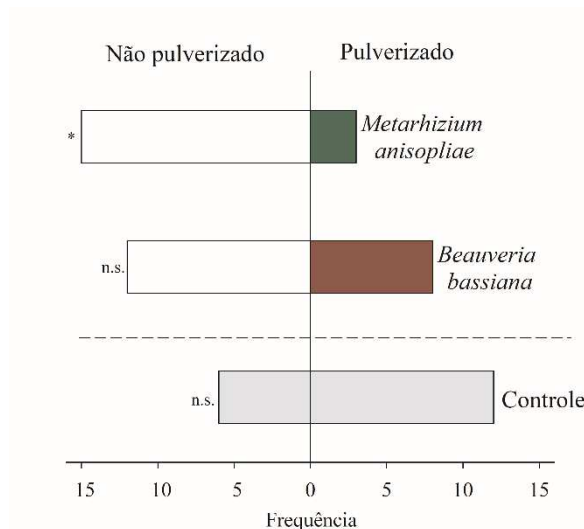
Figura 2: Proporção de mortalidade dos imaturos de *Tetranychus gloveri* quando expostos aos fungos *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* ou a água destilada (controle). Letras iguais indicam que não diferem significativamente entre si.



Os resultados do teste comportamental de preferência de local e oviposição a mostraram que *B. bassiana* não causou efeito repelente em *T. gloveri* ($\chi = 0,8$; $df = 1$; $p < 0,3711$) (Figura 3) nem para oviposição ($\chi = 4$; $df = 1$; $p = 0,05$). Enquanto a exposição a *M.*

anisopliae causou repelência em *T. gloveri* tanto por evitar local de oviposição ($\chi = 9,9412$; $df = 1$; $p < 0,0016$) quanto se encontrar do lado não pulverizado durante a avaliação ($\chi = 8$; $df = 1$; $p < 0,0046$) (Figura 3). Meyling & Pell (2006) investigaram a capacidade de detecção do predador generalista *Anthocoris nemorum* L. (Hemiptera: Anthocoridae) ao fungo *Beauveria bassiana*, seu estudo demonstrou comportamento de repelência do predador quando este estava em contato com superfícies foliares tratadas com o fungo. Esse comportamento sugere que alguns artrópodes podem identificar um ambiente impróprio para seu desenvolvimento e seus descendentes (Meyling e Pell, 2006). O reconhecimento da área tratada com fungo por artrópodes parece estar associado aos compostos voláteis que são produzidos pelos fungos, estes podem possuir propriedades atraentes, antifúngicas, inseticidas e repelentes para artrópodes (Kandasamy et al. 2016; Dalbon et al. 2021). Neste estudo *T. gloveri* responde ao estímulo da área tratada com *M. anisopliae* e não responde a *B. bassiana*. Isso indica que *M. anisopliae* apresentou maior virulência quando comparado a *B. bassiana*, visto que causou tanto efeito letal como subletal, enquanto *B. bassiana* causou somente efeito letal em imaturos. Esses resultados reforçam o potencial do *M. anisopliae* não apenas como agente patogênico, mas também como uma ferramenta complementar para ser utilizada no MIP, contribuindo desse modo para a redução das populações ao influenciar na sua distribuição (Hajek & Delalibera, 2010; Van Lenteren et al., 2018).

Figura 3: Efeito de repelência em fêmeas de *Tetranychus gloveri* quando expostas aos fungos *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* ou a água destilada (controle) após 24 horas.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou que *M. anisopliae* é uma ferramenta promissora no controle de *T. gloveri*, sob condições controladas, podendo ser uma ferramenta potencialmente importante na regulação dos indivíduos em campo. O fungo *B. bassiana* causou menor mortalidade de fêmeas adultas quando comparado a *M. anisopliae*. Embora tanto *M. anisopliae* quanto *B. bassiana* tenham promovido redução na taxa de oviposição, *M. anisopliae* alterou o comportamento de *T. gloveri* quando em condição de preferência de local e oviposição pela área não tratada com o fungo. É necessário ainda avaliações de outros parâmetros de campo para efetiva adequação do método de controle.

REFERÊNCIAS

ALVES, Roberto. T; FARIA, Marcos. Pequeno manual sobre fungos entomopatogênicos. **Planaltina (DF), Embrapa Cerrados**, p. 26-31, 2010.

ALVES, Sérgio B. Produção de fungos entomopatogênicos. **Controle microbiano de insetos**. São Paulo, 1986.

ASAFF, T. A.; REYES, V. Y.; LOPEZ, L. V. E.; de la Torre, M. M. Guerra entre insectos y microorganismos: una estrategia natural para el control de plagas. **Avance y Perspectiva**, v.21, p. 291-295, 2002.

BOLLAND, Hans R.; GUTIERREZ, Jean; FLECHTMANN, Carlos HW. World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). **Brill**, 1998.

BUGEME, D. M., KNAPP, M., BOGA, H. I., WANJOYA, A. K. & MANIANIA, N. K. 2009. Influence of temperature on virulence of fungal isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to the TwoSpotted Spider Mite *Tetranychus urticae*. **Mycopathologia**, 167: 221-227

CAMARGO M. G. et al. Effect of oil-based formulations of entomopathogenic fungi to control *Rhipicephalus microplus* ticks. **Veterinary Parasitology**, 188:140-147, 2012.

CHARNLEY, A. K; COLLINS, S. A (2007). Fungos entomopatogênicos e seu papel no controle de pragas. Em CP Kubicek, & IS Druzhinina (Eds.), *The Mycota IV: Environmental and Microbial Relationships*. 2ª edição. **Springer**, 2007. P. 159-187.

DALBON, Viviane Araujo et al. Respuesta comportamental y electrofisiológica de *Rhynchophorus palmarum* (L. 1764) (Coleoptera: Curculionidae) a compuestos volátiles de hongos entomopatógenos nativos. In: *Anales de Biología*. **Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia**, 2021. p. 65-77.

DE FARIA, Marcos R.; WRAIGHT, Stephen 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.

FANG, Weiguo; AZIMZADEH, Philippe; S.T LEGER, Raymond J. Strain improvement of fungal insecticides for controlling insect pests and vector-borne diseases. **Current opinion in microbiology**, v. 15, n. 3, p. 232-238, 2012.

FARGUES, J., GOETTEL, MS, SMITS, N., OUEDRAOGO, A., & ROUGIER, M. Efeito da temperatura no crescimento vegetativo de isolados de *Beauveria bassiana* de diferentes origens. **Mycologia**, v. 89, n. 3, p. 383–392, 1997.
<https://doi.org/10.1080/00275514.1997.12026797>

FERNANDES, Everton K. K; BITTENCOURT, Vânia R. E. P. Entomopathogenic fungi against South American tick species. **Experimental and Applied Acarology**, v. 46, p. 71-93, 2008.

FLECHTMANN, C. Ácaros de importância agrícola. São Paulo: **Nobel**, 1989. p. 50-190.

FLECHTMANN, Carlos H. W; KNIHINICKI, Danuta K. New species and new record of *Tetranychus* Dufour from Australia, with a key to the major groups in this genus based on females (Acari: Prostigmata: Tetranychidae). **Australian Journal of Entomology**, v. 41, n. 2, p. 118-127, 2002.

FONTES, Eliana M. G; VALADARES-INGLIS, M. C. Controle biológico de pragas da agricultura. **EMBRAPA**, 2020.

GONZALEZ, F., TKACZUK, C., DINU, MM et al. Novas oportunidades para a integração de microrganismos em sistemas de controle biológico de pragas em culturas de estufa. **Journal of Pest Science**, v. 89, p. 295–311, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0751-x>

GRBIĆ, M., VAN LEEUWEN, T., CLARK, R. et al. The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. **Nature** v. 479, p. 487–492, 2011.

GROSTAL, P & DICKE M. 2000. Recognising one's enemies: a functional approach to risk assessment by prey. **Behavioral Ecology and Sociobiology** 47: 258-264.

<https://doi.org/10.1007/s002650050663>

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

HAJEK, Ann E.; DELALIBERA, Italo. Fungal pathogens as classical biological control agents against arthropods. **BioControl**, v. 55, p. 147-158, 2010.

HELLE, W.; SABELIS, Mouringh W. (Ed.). Spider mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam, **Elsevier**, 1985.

INGLIS, G. DOUGLAS et al. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential. **Wallingford UK: CABI publishing**, 2001. p. 23-69.

ISKRA, A. E.; WOODS, J. L.; GENT, D. H. Stability and resiliency of biological control of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) in hop. **Environmental Entomology**, v. 48, n. 4, p. 894-902, 2019. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz071>

JEPPSON, Lee R.; KEIFER, Hartford H.; BAKER, Edward William. Mites injurious to economic plants. **Univ of California Press**, 1975.

KANDASAMY, Dineshkumar; GERSHENZON, Jonathan; HAMMERBACHER, Almuth. Volatile organic compounds emitted by fungal associates of conifer bark beetles and their potential in bark beetle control. **Journal of Chemical Ecology**, v. 42, p. 952-969, 2016. 2016, 42, 952–969, doi:10.1007/s10886-016-0768-x

LACEY, L.; GRZYWACZ, D.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; FRUTOS, R.; GOETTEL, M. S.; BROWNBRIDGE, M. Insect pathogens as biological control agents: back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 132, p. 1-41, Nov. 2015.

MARIAM, G. Habashy et al. Efficacy of Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* and *Cladosporium cladosporioides* as Biocontrol Agents against Two Tetranychid mites (Acari: Tetranychidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 26, n. 2, 2016.

MATTUPURATH, Sreesha et al. Susceptibility to acaricides and detoxifying enzyme activity in *Tetranychus gloveri* Banks (Acari: Tetranychidae) populations from India. **International Journal of Acarology**, v. 49, n. 2, p. 105-111, 2023.

MCMURTRY, J. A.; CROFT, B. A. Lifestyles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual review of entomology**, v. 42, n. 1, p. 291-321, 1997.

MEIRELLES, Laura. N. et al. Encapsulation of entomopathogenic fungal conidia: evaluation of stability and control potential of *Rhipicephalus microplus*. **Ticks and Tick-Borne Diseases**, v. 14, n. 4, p. 102184, 2023.

MENDONÇA, Renata S. Estudos taxonômicos de ácaros Tetranychidae no Brasil e filogenia e estrutura genética do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch, inferidas a partir de sequências do DNA ribossômico e mitocondrial. 2009.

MENDONÇA, Renata S. et al. South American spider mites: new hosts and localities. **Journal of Insect Science**, v. 11, n. 1, p. 121, 2011.

MENG, X.; HU, J.; XU, X.; WANG, Z.; HU, Q.; JIN, F.; REN, S. Toxic effect of destruxin A on abnormal wing disc-like (SLAWD) in *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). **Plos ONE**, v. 8, n. 2, Feb. 2013.

MEYLING NV & PELL JK. 2006. Detection and avoidance of an entomopathogenic fungus by a generalist insect predator. **Ecological Entomology**, 31(2): 162-171.
<https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2006.00781.x>

MEYLING, Nicolai. V.; EILENBERG, Jørgen. 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.

MIGEON, Alain; DORKELD, Franck. **Spider Mites Web**: a comprehensive database for the Tetranychidae, 2025. Disponível em <https://www1.montpellier.inrae.fr/CBGP/spmweb> (Acesso 27/01/2025).

NAPPO. 2014. Morphological Identification of Spider Mites (Tetranychidae) Affecting Imported Fruits. **The Secretariat of the North American Plant Protection Organization, Ontario**, Canada. 34p.

PENG, Guoxiong; XIA, Yuxian. The mechanism of the mycoinsecticide diluent on the efficacy of the oil formulation of insecticidal fungus. **BioControl**, v. 56, p. 893-902, 2011.

PERINOTTO, W. M. S. et al. Efficiency of *Beauveria Bassiana* Commercial Formulation in Control of *Rhipicephalus Microplus* under Laboratory Conditions. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, [S. l.], v. 34, n. Supl.1, p. 95–101, 2012.

R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

REIS, P. R.; ALVES, E. B.; SOUSA, E. O. Biologia do ácaro vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, n. 3, p. 260-266, jul. /Set. 1997.

SABELIS, M.W.; BAKKER, F.M. How predatory mites cope with the web of their tetranychid prey: a functional view on dorsal chaetotaxy in the Phytoseiidae. **Experimental and Applied Acarology**, v.16, p.203-225, 1992. DOI: 10.1007/BF01193804.

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

SHAH, P. A, PELL, J. K Fungos entomopatogênicos como agentes de controle biológico. **Appl Microbiol Biotechnol** 61, 413–423 (2003). <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1240-8>

SMITH, H. S. On some phases of insect control by the biological method. **Journal of Economic Entomology**, v. 12, n. 47, p. 288-292, Aug 1919.

SUZUKI, A.; KANAOKA, M.; ISOGAI, A.; TAMURA, S.; MURAKOSHI, S.; ICHINOE, M. Bassianolide, a new insecticidal cyclodepsipeptide from *Beauveria bassiana* and *Verticillium lecanii*. **Tetrahedron Letters**, v. 18, n. 25, p. 2167-2170, 1977.

SWATHI, PENUBALLI; BHASKAR, HASEENA. *Tetranychus gloveri* (Acari: Tetranychidae): an emerging threat to tissue culture banana plantlets in nurseries. **Pest Management in Horticultural Ecosystems**, v. 29, n. 2, 2023.

TAMAI, M.A.; ALVES, S.B.; ALMEIDA, J.E.M. de; FAION, M. Avaliação de fungos entomopatogênicos para o controle de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.69, n.3, p.77-84, 2002.

ULLAH, M. S.; GOTOH, T. Laboratory-based toxicity of some acaricides to *Tetranychus macfarlanei* and *Tetranychus truncatus* (Acari: Tetranychidae). **International Journal of Acarology**, v. 39, n. 3, p. 244-251, 2013.

VAN LEEUWEN, Thomas et al. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 40, n. 8, p. 563-572, 2010.

VAN LENTEREN, Joop C. et al. biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, p. 39-59, 2018.

VAN LENTEREN, Joop C.; ROSKAM, Michel M.; TIMMER, Radboud. Commercial mass production and pricing of organisms for biological control of pests in Europe. **Biological Control**, v. 10, n. 2, p. 143-149, 1997.

VEGA, Fernando E. et al. Fungal entomopathogens. **Insect pathology**, v. 2, p. 171-220, 2012.

VENZON M, JANSSEN A, PALLINI AE, SABELIS MW. 2000. A dieta de um predador de artrópodes polifágico afeta a busca de refúgio de suas presas tripes. **Comportamento Animal** 60: 369 – 375.

ZIMMERMANN, G. The entomopathogenic fungi *Isaria farinose* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. **Biocontrol Sci. Technol.**, v.18, p.865-901, 2008.