



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
DOUTORADO EM AGRONOMIA
EXAME DE DEFESA

CAMILA TAVARES FERREIRA

**MANEJO DE *Aceria guerreronis* Keifer (ACARI: ERIOPHYIDAE) EM COQUEIRO,
NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

BELÉM

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F383m Ferreira, Camila Tavares
MANEJO DE *Aceria guerreronis* Keifer (ACARI: ERIOPHYIDAE) EM COQUEIRO, NA
AMAZÔNIA ORIENTAL / Camila Tavares Ferreira. - 2023.
94 f. : il. color.
- Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Campus Universitário de
Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.
Orientador: Profa. Dra. Telma Fátima Vieira Batista
Coorientador: Profa. Dra. Aloyséia Cristina da Silva Noronha.
1. Cocos nucifera, ácaro-da-necrose-do-coqueiro, controle biológico de pragas, ácaros predadores,
fungos entomopatogênicos. I. Batista, Telma Fátima Vieira , *orient.* II. Título
-

632.9609811

CDD

CAMILA TAVARES FERREIRA

**MANEJO DE *Aceria guerreronis* Keifer (ACARI: ERIOPHYIDAE) EM COQUEIRO,
NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia para obtenção do título de Doutora.

Área de concentração: Agronomia

Orientadora: Profa. Dra. Telma Fátima Vieira Batista.

Coorientadora: Aloyséia Cristina da Silva Noronha.

Belém

2023

CAMILA TAVARES FERREIRA

**MANEJO DE *Aceria guerreronis* Keifer (ACARI: ERIOPHYIDAE) EM COQUEIRO,
NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doutora. Área de concentração: Agronomia.

29/09/2022

Data de aprovação

Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 TELMA FATIMA VIEIRA BATISTA
Data: 22/03/2023 19:33:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Orientadora)

Prof. Dra. Telma Fátima Vieira Batista
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Documento assinado digitalmente
 JOSE WAGNER DA SILVA MELO
Data: 04/04/2023 11:10:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Membro 1)

Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo - Externo
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Paulo Manoel Pontes Lins

(Membro 2)

Dr. Paulo Manoel Pontes Lins - Externo
SOCOCO S.A. Agroindústria da Amazônia

Documento assinado digitalmente
 MARCOS ANTONIO SOUZA DOS SANTOS
Data: 22/03/2023 06:16:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Membro 3)

Prof. Dr. Marcos Antônio Souza dos Santos - Interno
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

ANTONIA BENEDITA DA SILVA Assinado de forma digital por ANTONIA
BRONZE:66121400200 BENEDITA DA SILVA BRONZE:66121400200
Dados: 2023.03.30 22:47:34 -03'00'

(Membro 4)

Prof. Dra. Antônia Benedita da Silva Bronze
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

Agradecimentos

A Deus, por seu amor imensurável e por sua infinita misericórdia. Por ser meu alicerce e a força que me impulsionou e me deu coragem para levantar e prosseguir até o fim de mais um desafio.

A toda a minha família por serem minha inspiração e apoio em muitos momentos dessa jornada.

Ao meu esposo Murilo Amorim por todo o amor, por me incentivar, me dando suporte emocional e até nos trabalhos de campo quando foi necessário.

Ao meu pai José Ronaldo Ferreira (*in memoriam*) que sonhou com meu doutorado e mesmo em sua ausência foi meu combustível.

À minha mãe Helena Ferreira que não permitiu que eu desistisse, ela foi sem dúvida a pessoa que mais me encorajou, com muito amor me deu suporte nos cuidados diretos com meu filho, me incentivou diariamente, e acreditou que eu poderia chegar até o dia da defesa e ser aprovada.

Ao meu amado filho Benjamim Amorim, meu coração fora do peito, minha alegria de viver e força para seguir em frente.

Às minhas orientadoras Profa. Telma Batista e Dra. Aloyséia Noronha pela excelente orientação, pela atenção e paciência com que me conduziram durante minha jornada científica desde a graduação.

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pelo suporte técnico e logístico para a o desenvolvimento de parte das atividades e oportunidade de enriquecimento intelectual.

À Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA), pela concessão da bolsa de doutorado.

Agradeço à Embrapa Amazônia Oriental, em especial ao Laboratório de Entomologia pela oportunidade de parceria com o doutorado e por todo o suporte na realização dos trabalhos de laboratório.

À empresa SOCOCO, grande parceira na condução da maioria dos experimentos, pelo apoio na condução das atividades de campo e laboratório, na pessoa do Dr. Paulo Lins, Prof. Orlando Ohashi, Samuel Farias, Sebastião Ferreira, Gerson e à equipe de campo - Edivaldo, Reinaldo, Raimundo, Genival, Sidney, Silvio e Cleverson. Muito obrigada pelo excelente

tratamento, por todo o apoio, e pela forma calorosa com que me receberam e me auxiliaram em todas as etapas da minha jornada na empresa.

Agradeço ao Analista Raimundo Parente (*in memoriam*) pela ajuda no desenho experimental da maioria dos ensaios realizados.

Aos Agrônomos Eduardo Pereira, Gerson Albuquerque e Leonardo Duarte por me socorrerem com muito empenho nas análises estatísticas dos dados.

Aos taxonomistas por identificarem espécies de ácaros de diferentes famílias, Dr. Edmilson Santos Silva – Laelapidae, Blattisocidae, Ascidae, Melicharidae e Rhodacaridae; Dr. Jefferson Luiz Carvalho Mineiro – Tenuipalpidae; Dr. Manoel Guedes Correa Gondim Júnior– Phytoseiidae e Eriophyidae; Dr. Noeli Juarez Ferla – Bdelidae, Cunaxidae e Tetranychidae.

À doutoranda Josiane Alfaia pela grande ajuda na multiplicação dos fungos no laboratório da UFRA e por compartilhar as vivências da vida de pós sob o mesmo tema de pesquisa.

Aos queridos amigos Leandro Carvalho (*in memoriam*), Lucélia Rosa, Silvia Coelho e Fernanda Esteca, por todo o apoio, incentivo e colaborações em diversos momentos da pós-graduação.

A Deus,

AGRADEÇO

À minha mãe Helena
Ao meu esposo Murilo
Ao meu filho Benjamim
Pelo apoio e incentivo,

DEDICO

RESUMO

A cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) apresenta elevada importância econômica e social, sendo suscetível a diversas pragas, como por exemplo, o ácaro-da-necrose-do-coqueiro (*Aceria guerreronis* Keifer). Estudos mostram que existem espécies de fungos entomopatogênicos e ácaros predadores que podem atuar como agentes de biocontrole. Objetivou-se obter informações para o manejo do ácaro-da-necrose-do-coqueiro através dos seguintes estudos: (1) Dinâmica populacional de *A. guerreronis* e de seus inimigos naturais em áreas com e sem controle da praga; (2) Oviposição e predação por meio da resposta funcional e numérica do predador mais abundante em associação com *A. guerreronis*; (3) Controle microbiano do ácaro-da-necrose-do-coqueiro com o uso de fungos entomopatogênicos, em campo; e (4) Estudo de cultivares que apresentam menor suscetibilidade ao ataque do ácaro. A pesquisa foi conduzida em plantio comercial localizado no município de Moju, estado do Pará, Brasil. Os resultados mostraram que quase 100% dos 933 mil ácaros amostrados, foram identificados como *A. guerreronis*, coletados apenas nos frutos. O ácaro *Amblyseius aerialis* (Muma) foi a espécie mais abundante dentre os predadores coletados, sendo selecionado para os testes de oviposição, resposta funcional e numérica. Foi observado que quando alimentados com diferentes densidades do ácaro-da-necrose-do-coqueiro houve consumo máximo de até 175 presas por predador, apresentando resposta funcional do tipo III, taxa de ataque (a') de $0,0011 \text{ h}^{-1}$ e tempo de manuseio (Th) de 0,11h. Os testes de campo com a aplicação dos fungos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill, *Purpureocillium lilacinum* (Thom) e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin sobre os frutos, demonstrou que menor nível populacional de *A. guerreronis* foi verificado nos frutos tratados pelos fungos *P. lilacinum* e *M. anisopliae* diferindo dos demais tratamentos. Além disso, as cultivares AVG (Anão Vermelho de Gramame) e AAG (Anão Amarelo de Gramame) apresentaram menor quantidade de ácaros no mês de outubro/2019 e junho/2020. Os frutos do cacho 18, com cerca de 12 meses, diferem entre os níveis de dano, no rendimento dos frutos, do nível de dano 0 e para os frutos mais danificados com dano 4. O estudo mostrou que não existe diferença estatística entre a quantidade de ácaro-da-necrose-do-coqueiro coletados nas duas áreas (com e sem aplicação de pesticida), além de confirmar a presença de uma espécie de predador capaz de se desenvolver e ovipositar alimentando-se de

A. guerreronis; e confirma que existem fungos entomopatogênicos da Amazônia que apresentam potencial para serem usados no manejo do ácaro-da-necrose-do-coqueiro.

Palavras-chave: *Cocos nucifera*, resposta funcional, resposta numérica, controle microbiano, níveis de dano.

ABSTRACT

The coconut crop (*Cocos nucifera* L.) has high economic and social importance, being susceptible to several pests, such as the coconut mite (*Aceria guerreronis* Keifer). Studies show that there are species of entomopathogenic fungi and predatory mites that can act as biocontrol agents. The objective was to obtain information for the management of the coconut mite through the following studies: (1) Population dynamics of *A. guerreronis* and its natural enemies in areas with and without pest control; (2) Oviposition and predation through the functional and numerical response of the most abundant predator in association with *A. guerreronis*; (3) Microbial control of the coconut necrosis mite using entomopathogenic fungi, in the field; and (4) Study of cultivars that are less susceptible to mite attack. The research was conducted in a commercial plantation located in the municipality of Moju, state of Pará, Brazil. The results showed that almost 100% of the 933.000 mites sampled were identified as *A. guerreronis*, collected only on fruits. The mite *Amblyseius aerialis* (Muma) was the most abundant species among the collected predators, being selected for oviposition, functional and numerical response tests. It was observed that when fed with different densities of the coconut necrosis mite there was a maximum consumption of up to 175 prey per predator, presenting a type III functional response, attack rate (a') of 0.0011 h⁻¹ and handling time (Th) of 0.11h. Field tests with the application of the fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill, *Purpureocillium lilacinum* (Thom) and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin on the fruits, demonstrated that a lower population level of *A. guerreronis* was verified in the fruits treated by the fungi *P. lilacinum* and *M. anisopliae* differing from the other treatments. In addition, the cultivars AVG (Anão Vermelho de Gramame) and AAG (Anão Amarelo de Gramame) had a lower amount of mites in October/2019 and June/2020. The fruits of bunch 18, about 12 months old, differ between damage levels, in fruit yield, from damage level 0 and for the most damaged fruits with damage 4. The study showed that there is no statistical

difference between the amount of coconut mite collected in both areas (with and without pesticide application), in addition to confirming the presence of a predator species capable of developing and ovipositing while feeding on *A. guerreronis*; and confirms that there are entomopathogenic fungi from the Amazon that have potential to be used in the management of the coconut mite.

Keywords: *Cocos nucifera*, functional response, numerical response, microbial control, damage levels.

SUMÁRIO

CONTEXTUALIZAÇÃO	14
Referências	17
CAPÍTULO 1 – DINÂMICA POPULACIONAL DE <i>Aceria guerreronis</i> E SEUS INIMIGOS NATURAIS EM COQUEIRO COM E SEM APLICAÇÃO DE PESTICIDAS.....	21
RESUMO	21
ABSTRACT	22
Introdução.....	22
Material e Métodos.....	24
Área de estudo	24
Coleta e identificação dos ácaros	24
Análises.....	25
Análise de Diversidade.....	25
Flutuação populacional	26
Resultados.....	26
Diversidade e abundância de ácaros	26
Flutuação populacional	31
Discussão.....	32
Conclusões.....	34
Referências	35
CAPÍTULO 2 - RESPOSTA FUNCIONAL E NUMÉRICA DO ÁCARO PREDADOR <i>Amblyseius aerialis</i> (ACARI: PHYTOSEIIDAE) A <i>Aceria guerreronis</i> (ACARI: ERIOPHYIDAE).....	39
RESUMO	39
ABSTRACT	40
Introdução.....	41
Material e Métodos.....	42
Criação do ácaro predador	42
Resposta funcional e numérica	43

Teste de oviposição.....	43
Análises.....	44
Resposta funcional e numérica.....	44
Teste de oviposição	44
Resultados.....	45
Resposta funcional e numérica	45
Teste de oviposição.....	47
Discussão	48
Conclusões.....	50
Referências	51
CAPÍTULO 3 - POTENCIAL DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DO ÁCARO-DA-NECROSE-DO-COQUEIRO.....	55
RESUMO	55
ABSTRACT	55
Introdução.....	56
Material e Métodos.....	58
Produção de fungos entomopatogênicos.....	58
Ensaio de campo	59
Preparo das suspensões	61
Triagem do material em laboratório	62
Análises.....	62
Resultados.....	63
Discussão	66
Conclusões.....	69
Referências	69
CAPÍTULO 4 - SUSCETIBILIDADE DE CULTIVARES DE <i>Cocos nucifera</i> A <i>Aceria guerreronis</i>	75
RESUMO	75
ABSTRACT	75

Introdução.....	76
Material e métodos	78
Procedimento experimental em campo	78
Procedimento experimental em laboratório	79
Triagem dos frutos do cacho 4	79
Triagem dos frutos do cacho 18	80
Análises.....	80
Cacho 4.....	80
Cacho 18.....	80
Resultados.....	81
Quantificação do número de ácaros no cacho 4.....	81
Níveis de dano nos frutos do cacho 18	83
Discussão	87
Quantificação do número de ácaros no cacho 4.....	87
Níveis de dano nos frutos do cacho 18	88
Conclusões.....	89
Referências	90
CONSIDERAÇÕES FINAIS	94

CONTEXTUALIZAÇÃO

Pertencente à família Arecaceae, o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) produz 62,9 milhões de toneladas em área colhida de 11,8 milhões de hectares em todo o mundo (FAOSTAT, 2021). O coqueiro apresenta elevada importância econômica e social por gerar emprego e renda nos diversos usos do fruto tanto *in natura* quanto industrializado na produção de mais de 100 produtos e subprodutos, como o leite de coco, copra, óleo de coco, coco desidratado, fibra e carvão, dentre outros (CUENCA, 1998; MIRSOLA FILHO, 2002; ARAGÃO et al., 2009). O Brasil produziu 1.638.573 toneladas do fruto na safra de 2021, sendo o Estado do Ceará o maior produtor nacional (386.112 toneladas), seguido por Bahia (330.445 toneladas) e pelo Estado do Pará (167.646 toneladas) (IBGE, 2021). No Pará, o principal empreendimento da cocoicultura foi implantado no início dos anos 80 no município de Moju, Nordeste do Estado devido às condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo (SOCOCO, 2018). O Estado produziu 167.646 toneladas em 630.992 hectares de área colhida (IBGE, 2021).

O coqueiro é originário do sudeste asiático, nas ilhas do Pacífico de Papua Nova Guiné, onde se concentram os maiores produtores de coco do mundo (LEBRUN et al., 1998; GUNN et al., 2011). Problemas como as pragas, foram amplamente distribuídas, incluindo pragas invasivas como o ácaro-da-necrose-do-coqueiro (*Aceria guerreronis* Keifer - Eriophyidae), se espalhando em grande parte dos plantios de coco em todo o mundo, tornando-se uma das mais importantes e notórias pragas para a cultura (NAVIA et al., 2013).

As colônias de *A. guerreronis* são estabelecidas no perianto dos frutos, localizado abaixo das brácteas, este ácaro é um eriofídeo branco amarelado, semelhante a um verme, possui apenas dois pares de pernas e mede cerca de 205-255 micrometros de comprimento (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Conhecidos também como microácaros, possuem uma gama reduzida de hospedeiros que pode estar relacionada à relação peculiar que têm com estes, pois algumas espécies só conseguem sobreviver em estruturas que são formadas nas plantas em resposta à injeção de substâncias ao se alimentar do conteúdo celular (MORAES; FLECHTMANN, 2008). No caso específico do coqueiro, os microácaros obtiveram o refúgio abaixo das brácteas.

Causam danos iniciais como manchas branco-amareladas na região meristemática, que posteriormente se expandem em fendas longitudinais tornando-se necróticas (HAQ et al., 2002; GALVÃO et al., 2008). Os frutos danificados geralmente apresentam redução no

tamanho, no peso e no volume de albúmen líquido e sólido, levando à redução no valor de mercado dos frutos in natura e redução do rendimento dos subprodutos da indústria, podendo ocasionar perdas de até 60% na produção (NAIR, 2002; WICKRAMANANDA et al., 2007; REZENDE et al., 2016).

O controle de *A. guerreronis* tem sido realizado principalmente com acaricidas químicos, porém a aplicação desses produtos tem sido problemática por diversos motivos, incluindo desde os impactos ao meio ambiente, até o difícil contato dos acaricidas com as colônias dos ácaros não apenas devido à altura das copas das plantas, mas também e principalmente pela barreira imposta pelas brácteas do fruto (FERNANDO; ARATCHIGE, 2010; NAVIA et al., 2013; SILVA et al., 2017). O uso de pesticidas seletivos também pode ser utilizado para o controle de pragas, reduzindo os efeitos em artrópodes benéficos (inimigos naturais), como relatado por Yamamoto et al. (2009) que confirmaram que essa prática pode ser uma importante ferramenta para a redução da população de pragas. Entretanto, a utilização de pesticidas de amplo espectro pode causar além dos problemas ambientais e à saúde humana, surtos de pragas primárias e secundárias, seleção de populações resistentes e mortalidade de inimigos naturais (GALLO et al., 2002; GEIGER et al., 2011). Portanto, testes de seletividade em laboratório, em que os inimigos naturais são submetidos a uma situação de máximo contato com o pesticida, permitem avaliar pesticidas quanto a toxicidade, separando os inócuos ou pouco nocivos dos nocivos (REIS et al., 1998).

Alternativas de controle vêm sendo amplamente estudadas, como é o caso do controle biológico com a utilização de ácaros predadores e fungos entomopatogênicos (NAVIA et al., 2013; REINBACHER et al., 2018; CANASSA et al., 2019). O controle biológico é um processo natural em que inimigos naturais agem na regulação de populações de animais e plantas. Para que haja sucesso dessa prática é necessário que sejam abordadas práticas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), sendo necessários estudos de bioecologia das pragas e inimigos naturais, bem como o conhecimento do ecossistema e de seu habitat, relacionando à forma como os agentes de controle biológico interagem entre si e com os demais componentes do sistema (doenças, ervas daninhas, ambiente) e fatores de produção (controle fitossanitário, irrigação, adubação, entre outros) (PARRA et al., 2002).

Diversas pesquisas foram desenvolvidas em países em que o ácaro-da-necrose-do-coqueiro é considerado praga, sendo encontrados inimigos naturais como ácaros predadores, principalmente os fitoseídeos (LAWSON-BALAGBO et al., 2008; REIS et al., 2008;

GALVÃO et al., 2011; NEGLOH et al., 2011). Embora resultados confirmem o potencial de predadores no controle da praga, são necessários estudos com outras espécies ainda não avaliadas e que estão associadas ao *A. guerreronis* em coqueiros, como estudos comportamentais de predação e oviposição através de testes de resposta funcional e numérica, pois este é o primeiro passo para determinar a capacidade do predador em regular a população de presas. A resposta funcional descreve a relação entre a taxa de consumo de uma espécie de predador de acordo com a densidade de presas ofertadas, com o objetivo de fornecer informações sobre a eficiência do predador no controle da praga, bem como sua capacidade em ovipositar em diferentes densidades de presas a partir da resposta numérica (SOLOMON, 1949; HASSELL, 1978).

Estudos sobre a dinâmica populacional de ácaros predadores no coco no Brasil e em outros países mostraram que o fitoseídeo *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon) é um dos principais inimigos naturais de *A. guerreronis*, sendo encontrado sob as brácteas de frutos relativamente jovens juntamente com a praga, mostrando potencial como agente de controle biológico do ácaro-da-necrose-do-coqueiro (LAWSON-BALAGBO et al., 2008; NEGLOH et al., 2010; 2011). Outro fitoseídeo, *Neoseiulus baraki* Athias-Henriot também é frequentemente encontrado sob as brácteas do coco em sete Estados do Nordeste e já relatado no Estado do Pará (LAWSON-BALAGBO et al., 2008; REIS et al., 2008).

Em relação aos fungos entomopatogênicos, apenas duas espécies foram testadas para o controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro, *Hirsutella thompsonii* Fisher e *Hirsutella nodulosa* Petch (CABRERA, 2002). Os fungos *Hirsutella* atraíram a atenção com grande potencial como agentes de biocontrole (MOORE et al., 1989; KUMAR; SINGH, 2008; KUMAR, 2010). Resultados promissores com o uso desse fungo foram obtidos na Índia e no Sri Lanka, sendo adequado para ser usado conjuntamente com outros agentes de controle biológico, pois não apresenta efeito prejudicial em *N. baraki* (KUMAR; SINGH, 2000; GOPAL; GUPTA, 2001; FERNANDO et al., 2007; EDGINGTON et al., 2008).

Outro método de manejo que pode ser avaliado é o uso de cultivares tolerantes ao ataque do ácaro. Van Leeuwen et al. (2010) e Navia et al. (2013), ressaltaram a importância de selecionar cultivares que apresentem resistência ao ataque da praga. Na Costa Rica, em Cuba e na Índia, estudos sobre as diferenças varietais na suscetibilidade ao *A. guerreronis* foram observadas em coqueiro (SCHLISSKE, 1988; SUAREZ, 1991; MUTHIAH; NATARAJAN, 2004). Dessa forma, entende-se que o ácaro-da-necrose-do-coqueiro reduz

significativamente o rendimento dos frutos e supostamente existam cultivares que sejam menos suscetíveis ao ataque e aos danos causados pela praga.

Informações sobre a acarofauna na cultura do coco e o conhecimento desta na Amazônia, possibilitaria fornecer informações importantes sobre a ecologia das espécies de fitófagos e de predadores associados, bem como seu potencial para o uso em programas de controle biológico. Além do uso de fungos entomopatogênicos coletados em solo amazônico, principalmente devido à enorme biodiversidade desse bioma. A liberação de agentes de controle biológico e o uso de cultivares tolerantes ao ataque do ácaro poderão auxiliar no controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro em plantio de coco. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi de obter maiores informações que possam ser utilizadas no manejo do ácaro-da-necrose-do-coqueiro através da (1) Dinâmica populacional de *A. guerreronis* e de seus inimigos naturais em áreas com e sem controle da praga; (2) Oviposição e predação através da resposta funcional e numérica do predador mais abundante em associação com *A. guerreronis*; (3) Controle microbiano do ácaro-da-necrose-do-coqueiro com o uso de fungos entomopatogênicos, em campo; e (4) Estudo de cultivares que apresentam menor suscetibilidade ao ataque do ácaro.

Referências

ARAGÃO, W.M.; RIBEIRO, F.E.; MELO, M.F.V. Cultivares de coqueiro para a produção de coco seco: coqueiro gigante vs híbridos, p. 37-60. In: CINTRA, F.L.D.; FONTES, H.R.; PASSOS, E.E.M.; FERREIRA, J.M.S. (Eds.), **Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no Nordeste do Brasil**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 233p., 2009.

CABRERA, R.I. **Biological control of the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) with the fungus *Hirsutella thompsonii* and its possible integration with other control methods**. In: FERNANDO, L.C.P.; MORAES, G.J.; WICKRAMANADA, I.R. (Eds) International workshop on coconut mite (*Aceria guerreronis*). Proceedings. Coconut Research Institute, Lunuwila, pp. 89–103, 2002.

CANASSA, F.; TALL, S.; MORAL, R.A.; DE LAURA, I.A.R.; DELALIBERA JR., I.; MEYLING, N.V. Effects of bean seed treatment by the entomopathogenic fungi *Metarhizium robertsii* and *Beauveria bassiana* on plant growth, spider mite populations and behavior of predatory mites. **Biological Control**, 132: 199-208, 2019.

CUENCA, M.A.G. **Importância econômica do coqueiro**. p. 17-56. In: FERREIRA, J.M.S; WARWICK, D.R.S; SIQUEIRA, L.A. (Eds.). A cultura do coqueiro no Brasil. 2.ed. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros. 292p., 1998.

EDGINGTON, S.; FERNANDO, L.C.P.; JONES, K. Natural incidence and environmental profiling of the mitepathogenic fungus *Hirsutella thompsonii* Fisher for control of coconut mite in Sri Lanka. **Int J Pest Manag**, 54:123–127, 2008.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) Crops and livestock products. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#search/coconut>. Acesso em: 18 outubro 2021.

FERNANDO, L.C.P.; MANOJ, P.; HAPUARACHCHI, D.C.L.; EDGINGTON, S. Evaluation of four isolates of *Hirsutella.thompsonii* against coconut mite (*Aceria guerreronis*) in Sri Lanka. **Crop Prot**, 26:1062–1066, 2007.

FERNANDO, L.C.P.; ARATCHIGE, N.S. **Status of coconut mite *Aceria guerreronis* and biological control research in Sri Lanka**. In: SABELIS, M.W.; BRUIN, J. (Eds.) Trends in acarology. Springer, Amsterdam, pp. 379–384, 2010.

GALVÃO, A.S.; GONDIM JR., M.G.C.; MICHEREFF, E.S.J. Escala diagramática de dano de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em Coqueiro. **Neotropical Entomology**, 6: 723-728, 2008.

GALVÃO, A.S., GONDIM JR, M.G.C.; MORAES, G.J.; MELO, J.W.S. Distribution of *Aceria guerreronis* and *Neoseiulus baraki* among and within coconut bunches in northeast Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, 54:373-384, 2011.

GALLO, D., NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Manual de Entomologia Agrícola**, Fealq, 920p., 2002.

GEIGER, F.; BENGTTSSON, J.; BERENDSE, F.; WEISSER, W.W.; EMMERSON, M.; MORALES, M.B.; CERYNGIER, P.; LIIRA, J.; TSCHARNTKE, T.; WINQVIST, C.; EGGERS, S.; BOMMARCO, R.; PAERT, T.; BRETAGNOLLE, V.; PLANTEGENEST, M.; CLEMENT, L.W.; DENNIS, C.; PALMER, C.; OÑATE, J.J.; GUERRERO, I.; HAWRO, V.; AAVIK, T.; THIES, C.; FLOHRE, A.; HAENKE, S.; FISCHER, C.; GOEDHART, P.W.; INCHAUSTI, P.W. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. **Basic and Applied Ecology**, 11: 97-105, 2011.

GOPAL, M.; GUPTA, A. Has *Hirsutella thompsonii* the wherewithal to counter coconut eriophyid mite scourge? **Current Science**, 80:831–836, 2001.

GUNN, B.F.; BAUDOUIN, L.; OLSEN, K.M. Independent origins of cultivated coconut (*Cocos nucifera* L.) in the old world tropics. **Plos One**, 6:2114, 2011.

HAQ, M.A.; SUMANGALA, K.; RAMANI, N. **Coconut mite invasion, injury and distribution**. p. 41-49. In: FERNANDO, L.C.P.; MORAES, G.J.; WICKRAMANANDA, I.R. (Eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p., 2002.

HASSELL, M.P. **The dynamics of arthropod predator-prey systems**. Princeton, NJ, Princeton University Press, 248 pp., 1978.

IBGE, 2021. Disponível em:< <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acessado em: 03 de outubro de 2022.

KUMAR, P.S.; SINGH, S.P. *Hirsutella thompsonii*: the best control option for the management of the coconut mite in India. **Indian Coconut Journal**, 31:11–17, 2000.

KUMAR, S. P.; SINGH, L. Enabling mycelial application of *Hirsutella thompsonii* for managing the coconut mite. **Experimental and Applied Acarology**, 46: 169-182, 2008.

KUMAR, P.S. *Hirsutella thompsonii* as a mycoacaricide for *Aceria guerreronis* on coconut in India: research, development and other aspects. In: SABELIS, M.W., BRUIN, J. (Eds.) Trends in acarology. Springer, Amsterdam, pp. 441–444, 2010.

LAWSON-BALAGBO, L.M.; GONDIM JR., M.G.C.; MORAES, G.J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. **Bulletin of Entomological Research**, 98: 83-96, 2008.

LEBRUN, P.; GRIVET, L.; BAUDOIN, L. Dissemination et domestication du cocotier a la lumiere des marqueurs RFLP. **Plant. Rech. Dev.**, 5: 233-245, 1998.

MIRSOLA FILHO, L. A. **Cultivo de coco Anão**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 344 p., 2002.

MOORE, D.; ALEXANDER, L.; HALL, R.A. The coconut mite, *Eriophyes guerreronis* Keifer in St Lucia yield losses and attempts to control it with acaricide, polybutene and *Hirsutella* fungus. **Tropical Pest Management**, 35: 83-89, 1989.

MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de acarologia, acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas do Brasil**. Ribeirão Preto, Holos, 308p., 2008.

MUTHIAH, C.; NATARAJAN, C. Varietal reaction and nutrient management of coconut eriophyid mite. **The Planter**, 80:159–169, 2004.

NAIR, C.P.R. **Status of coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in India**. In: FERNANDO, L.C.P.; MORAES, G.J.; WICKRAMANANDA, I.R. (Eds.) Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Coconut Research Institute. Lunuvila, Sri Lanka, pp. 9-12, 2002.

NAVIA, D.; GONDIM JR., M.G.C.; ARATCHIGE, N.S.; MORAES, G.J. A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. **Experimental and Applied Acarology**, 59: 67-94, 2013.

NEGLOH, K.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. Season- and fruit age-dependent population dynamics of *Aceria guerreronis* and its associated predatory mite *Neoseiulus paspalivorus* on coconut in Benin. **Biological Control**, 54:349-358, 2010.

NEGLOH, K.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. **Experimental and Applied Acarology**, 55: 361-374, 2011.

- PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.). **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 609 p., 2002.
- REINBACHER, L.; FERNÁNDEZ-FERRARI, M.C.; ANGELI, S.; SCHAUSBERGER, P. Effects of *Metarhizium anisopliae* on host choice of the bee-parasitic mite *Varroa destructor*. **Acarologia**, 287-295, 2018.
- REIS, P.R.; CHIAVEGATO, L.G.; MORAES, G.J.; ALVES, E.B.; SOUSA, E.O. Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseoides zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**, 27(2): 265-273, 1998.
- REIS, A.C.; GONDIM JR., M.G.C.; MORAES, G.J.; HANA, R.; SCHAUSBERGER, P.; LAWSON-BALAGBO, L.M.; BARROS, R. Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, 37:457-462, 2008.
- REZENDE, D.; MELO, J.W.S.; OLIVEIRA, J.E.M.; GONDIM, M.G.C. Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. **Experimental and Applied Acarology**, p. 297-310, 2016.
- SCHLISSKE, J. On the gall mite fauna (Acari: Eriophyidae) of *Cocos nucifera* L. in Costa Rica. **Nachrichtenblatt Duetschen Pflanzenschutzdienstes**, 40:124–127, 1988.
- SILVA, V.F.; FRANÇA, G.V.; MELO, J.W.S.; GUEDES, R.N.C.; GONDIM JR., M.G.C. Targeting hidden pests: acaricides against the coconut mite *Aceria guerreronis*. **Journal of Pest Science**, 90: 207–215, 2017.
- SOCOCO, Nossa história. Disponível em: <<http://www.sococo.com.br/nossa-historia/>>. Acesso em: 22 de outubro de 2018.
- SOLOMON, M.E. The natural control of animal populations. **The Journal of Animal Ecology**, 18(1): 1–35, 1949.
- SUAREZ, A. Distribución y evaluación de daños del acaro *Eriophyes guerreronis* em plantaciones de cocotero de la region de Baracoa. **Plant Protection**, 1:75–81, 1991.
- VAN LEEUWEN, T.; WITTERS, J.; NAUEN, R.; DUSO, C.; TIRRY, L. The control of eriophyoid mites: state of the art and future challenges. **Experimental and Applied Acarology**, 51 (1-3): 205-224, 2010.
- WICKRAMANANDA, I.R.; PEIRIS, T.S.G.; FERNANDO, M.T.; FERNANDO, L.C.P.; EDGINGTON, S. Impact of the coconut mite (*Aceria guerreronis* Keifer) on the coconut industry in Sri Lanka. **Cord.**, 23: 1-16, 2007.
- YAMAMOTO, P.T.; FELIPPE, M.R.; SANCHES, A.L.; COELHO, J.H.C.; GARIM, L.F.; XIMENES, N.L. Eficácia de inseticidas para o manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros. **BioAssay**, 4 (4); 2009.

CAPÍTULO 1 – DINÂMICA POPULACIONAL DE *Aceria guerreronis* E SEUS INIMIGOS NATURAIS EM COQUEIRO COM E SEM APLICAÇÃO DE PESTICIDAS

RESUMO

O ácaro-da-necrose-do-coqueiro é considerado uma das mais importantes pragas do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), causando malformação no fruto devido ao surgimento de rachaduras na superfície do perianto abaixo das brácteas. Esse dano compromete o crescimento dos frutos, reduzindo a produção de albúmen sólido e líquido. O uso contínuo de pesticidas químicos eleva os custos de controle da praga, pois além de ser uma prática altamente danosa ao meio ambiente, ainda pode causar resistência no ácaro, bem como eliminar espécies benéficas. Portanto, objetivou-se avaliar a dinâmica populacional de *Aceria guerreronis* Keifer e dos seus inimigos naturais, através da quantificação das espécies de predadores mais frequentes e abundantes em duas áreas comerciais de plantio de coco da cultivar PB – 121 (cruzamento entre Anão Amarelo da Malásia x Gigante do Oeste Africano). O estudo foi conduzido em: Área 1 (com aplicação de pesticidas), e Área 2 (sem aplicação de pesticidas - controle) mensalmente no período de agosto de 2018 a julho de 2019. Foram feitas coletas de folíolos (parte basal, mediana e apical) da folha 14 e de frutos (cachos 4, 5, 6 e 7 – de 4 a 6 meses após a fertilização da inflorescência). Nas duas áreas foram coletados 933.232 ácaros, sendo 425.897 na Área 1 e 507.335 na Área 2, com destaque para *A. guerreronis* (931.706 espécimes – valor estimado). Os ácaros eriofídeos representaram quase 100% dos espécimes amostrados, com elevada densidade populacional em períodos com menor precipitação. Dentre os predadores, espécimes pertencentes à família Phytoseiidae foram predominantes, destacando-se as espécies *Amblydromalus zannouii* Famah Sourassou, *Amblyseius aerialis* (Muma) e *Amblyseius tamatavensis* Blommers, presentes tanto em folíolos quanto em frutos, com exceção de *A. manihoti* que foi encontrado apenas em folíolos.

Palavras-chaves: Phytoseiidae; danos; *Cocos nucifera*.

ABSTRACT

The coconut mite is considered one of the most important pests of the coconut tree (*Cocos nucifera* L.), causing fruit malformation due to the appearance of cracks on the surface of the perianth below the bracts. This damage compromises fruit growth, reducing the production of solid and liquid albumen. The continuous use of chemical pesticides increases pest control costs, as in addition to being a practice highly harmful to the environment, it can also cause resistance in the mite, as well as eliminate beneficial species. Therefore, the objective was to evaluate the population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer and its natural enemies, through the quantification of the most frequent and abundant predator species in two commercial areas of coconut plantation of the cultivar PB – 121 (cross between Yellow Dwarf of Malaysia x West African Giant). The study was conducted in: Area 1 (with pesticide application), and Area 2 (without pesticide application - control) monthly from August 2018 to July 2019. Leaflets were collected (basal, median and apical part) from leaf 14 and fruits (bunches 4, 5, 6 and 7 – 4 to 6 months after inflorescence fertilization). In both areas, 933.232 mites were collected, 425.897 in Area 1 and 507.335 in Area 2, with emphasis on *A. guerreronis* (931.706 specimens – estimated value). Eriophid mites represented almost 100% of the specimens sampled, with high population density in periods with less precipitation. Among the predators, specimens belonging to the Phytoseiidae family were predominant, highlighting the species *Amblydromalus zannouii* Famah Sourassou, *Amblyseius aerialis* (Muma) and *Amblyseius tamatavensis* Blommers, present both in leaflets and in fruits, with the exception of *A. manihoti* which was found only in leaflets.

Keywords: Phytoseiidae; damage; *Cocos nucifera*.

Introdução

O eriofídeo *Aceria guerreronis* Keifer é considerado uma das principais pragas do coqueiro em parte da Ásia (FERNANDO; ARATCHIGE, 2010), nas Américas (LAWSON-BALAGBO et al., 2008) e África (NEGLOH et al., 2011). O dano causado pelo ácaro se manifesta inicialmente por mancha branco-amarelada com formato triangular na superfície do fruto abaixo das brácteas, que posteriormente se expandem em fendas longitudinais tornando-se necróticas (HAQ et al., 2002; GALVÃO et al., 2008). Com o crescimento longitudinal dos frutos começam a surgir rachaduras na superfície danificada, resultando em malformação do

fruto, tornando-se atrofiados devido ao crescimento desigual, levando à redução no valor de mercado dos frutos in natura; e para os frutos processados na indústria gera redução no rendimento de albúmen sólido e líquido (CARDONA; POTES, 1971; HOWARD et al., 2001; NAIR, 2002; WICKRAMANANDA et al., 2007; REZENDE et al., 2016).

O controle químico do ácaro-da-necrose-do-coqueiro tem sido o mais utilizado em todo o mundo, porém, problemático devido principalmente ao impacto negativo no meio ambiente e ao difícil controle desta praga, pois desenvolvem-se em habitat protegido pelas brácteas do fruto (LAWSON-BALAGBO et al., 2007; FERNANDO; ARATCHIGE, 2010; LIMA et al., 2012). As brácteas funcionam como barreira física à ação do produto químico sobre o ácaro e este entrará em contato com o acaricida somente durante a dispersão na planta (SILVA et al., 2017).

O sucesso do controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro com o uso de acaricidas deve-se especialmente quando são feitas aplicações sucessivas em intervalos de tempo curtos, o que eleva os custos de controle da praga, tornando-se inviável para pequenos produtores e uma prática altamente danosa ao meio ambiente (MUTHIAH; BHASKARAN, 2000; NAVIA et al., 2013).

Estudos sobre a dinâmica populacional de ácaros predadores em coqueiros mostraram que *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon) e *Neoseiulus baraki* Athias-Henriot (Phytoseiidae) são os principais inimigos naturais de *A. guerreronis*, sendo encontrados sob as brácteas de frutos relativamente jovens juntamente com a praga, apresentando potencial como agente de controle biológico do ácaro-da-necrose-do-coqueiro, pois podem estar morfológicamente adaptados para viver sob o mesmo perianto dos frutos (LAWSON-BALAGBO et al., 2008; REIS et al., 2008; NEGLOH et al., 2010; 2011; SILVA et al., 2010; MELO et al., 2015).

O conhecimento sobre a dinâmica populacional desses ácaros possibilitaria fornecer informações importantes sobre a ecologia do ácaro-da-necrose-do-coqueiro e predadores, bem como o potencial para o uso em programas de controle biológico, principalmente por se tratar do bioma amazônico, onde existe grande biodiversidade e espécies de ácaros predadores que supostamente alimentam-se de *A. guerreronis* e podem atuar como agentes de biocontrole. Portanto, objetivou-se (i) estudar a dinâmica populacional de *A. guerreronis* e de seus potenciais inimigos naturais em áreas comerciais de coqueiro com e sem aplicação de pesticidas e (ii) determinar quantitativamente as espécies mais frequentes e abundantes de fitoseídeos presentes.

Material e Métodos

Área de estudo

As atividades em campo foram realizadas na Fazenda SOCOCO S. A. Agroindústria da Amazônia localizada no município de Moju-PA em duas áreas: Área 1 (02° 06' S, 48° 40' W) composta por 1508 coqueiros híbridos (oito anos de idade), híbrido identificado como PB-121 (Cruzamento entre Anão Amarelo da Malásia e Gigante do Oeste Africano) distribuídos em 11 ha, recebendo regularmente a cada dois meses aplicações de inseticidas químico para controle de *Eupalamides cyparissias* (Fabricius) (Etofenproxi 0,02%) e óleo vegetal para controle de *A. guerreronis* (óleo de coco 1,5% + detergente 1%); Área 2 – (2° 06' S, 48° 40' W) composta por 3529 coqueiros PB-121 distribuídos em 25,5 ha e sem receber aplicações de inseticidas e acaricidas há três anos, recebendo apenas tratamentos culturais como: rebaixo manual da vegetação, coroamento e adubação.

Coleta e identificação dos ácaros

Coletas mensais foram realizadas, durante um ano, de agosto de 2018 a julho de 2019 para determinar a flutuação populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro e a diversidade e abundância de ácaros predadores. Cinco plantas por área foram selecionadas aleatoriamente em cada amostragem, com a coleta de nove folíolos da folha 14 por planta (três da parte basal, três da parte mediana e três da apical) e dois frutos por cacho de diferentes idades (cachos 4, 5, 6 e 7 - de 4 a 6 meses após a fertilização da inflorescência). As amostras foram colocadas em sacos plásticos separadamente, identificados e armazenados em caixas de isopor com Gelox® (15-20 °C), visando reduzir a temperatura (cerca de 18 °C) e o metabolismo dos ácaros durante o transporte.

No laboratório o material foi armazenado em geladeira até o processamento das amostras (máximo cinco dias após a coleta). Todos os ácaros encontrados sobre a superfície dos frutos foram coletados antes da extração das brácteas e acondicionados separadamente em microtubos contendo álcool (70%). As brácteas de cada fruto foram removidas com auxílio de tesoura de poda e suas superfícies tanto internas quanto externas e o perianto dos frutos foram examinadas sob lupa estereomicroscópica. Todos os ácaros localizados nas brácteas e perianto de cada fruto e nos folíolos foram coletados com auxílio de pincel de cerdas finas e acondicionados em microtubos contendo álcool (70%).

A contagem dos eriofídeos foi adaptada de Reis et al. (2008), onde os ácaros foram transferidos para um frasco contendo álcool (70%), sendo uma unidade de frasco de 1 mL por

fruto. O recipiente foi agitado para promover a suspensão dos mesmos na solução e em seguida o líquido foi transferido para uma placa de acrílico (2,4 x 2,4 cm) contendo papel milimetrado (dividido em 64 quadrados de 0,4 cm cada) em sua base para orientar na contagem dos ácaros. Após a deposição destes no fundo da placa, foi feita a contagem dos mesmos em oito quadrados distribuídos separadamente na placa e o número total de ácaros/fruto foi estimado por extrapolação, multiplicando por oito o número de *A. guerreronis* coletados. A contagem foi feita separadamente para cada fruto.

Os demais ácaros coletados foram montados em conjunto lâmina-lamínula em meio de Hoyer, e as lâminas mantidas em estufa, com temperatura de 40-50°C, durante sete dias para secagem do meio e clarificação dos espécimes. Os espécimes foram quantificados e separados em predadores, fitófagos e de hábito alimentar variado, e identificados a nível de família de acordo com Moraes e Flechtmann (2008), com auxílio de um microscópio óptico de contraste de fases. Alguns espécimes foram identificados a nível de gênero com o uso de chaves específicas (MORAES; FLECHTMANN, 2008) e posteriormente enviados a taxonomistas, especialistas em cada família, para identificação das espécies (Dr. Edmilson Santos Silva – Laelapidae, Blattisocidae, Ascidae, Melicharidae e Rhodacaridae; Dr. Jeferson Luiz de Carvalho Mineiro – Tenuipalpidae; Dr. Manoel Guedes Corrêa Gondim Júnior – Phytoseiidae e Eriophyidae; Dr. Noeli Juarez Ferla – Bdellidae, Cunaxidae e Tetranychidae).

Análises

A análise de variância (ANOVA) foi feita para comparar as variações no número estimado de *A. guerreronis* em diferentes áreas de coleta e em diferentes idades dos frutos através do software R (R CORE TEAM, 2015).

Análise de Diversidade

Com o objetivo de selecionar as espécies mais frequentes e abundantes foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H') e de riqueza de espécies de Magalef (D_{MG}) comparando as espécies de ácaros das diferentes áreas de coleta, além da curva de esforço amostral através do software PAST 1.73 (*Paleontological Statistic*) (HAMMER et al., 2001).

Para selecionar as espécies de fitoseídeos mais abundantes e frequentes foi feita a análise faunística através do Software ANAFU (MORAES et al., 2003), permitindo agrupar as espécies de acordo com a Dominância como não dominante (nd), dominante (d) e superdominante (sd); de acordo com a Abundância como raras (r), dispersas (d), comuns (c),

abundantes (a), muito abundantes (ma) e superabundante (as); de acordo com a Frequência, agrupando em pouco frequente (pf), frequente (f), muito frequente (mf) e super frequente (sf); e de acordo com a Constância, as espécies foram classificadas em constantes (W), acessórias (Y) e acidentais (Z) (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Flutuação populacional

Foi realizada a análise de flutuação populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro e de seus inimigos naturais pertencentes à família Phytoseiidae comparando os dados das distintas coletas e relacionando-as com a temperatura média, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar.

Resultados

As respostas aos tratamentos foram comparadas pelo teste não paramétrico Kruskal-Wallis, pois os dados não satisfizeram os critérios de análise paramétrica do tipo ANOVA, já que não foram considerados normais. Não houve diferença significativa no número de *A. guerreronis* quantificados nas duas áreas de coleta (Tabela 1).

Tabela 1. Número estimado (\pm DP) de *Aceria guerreronis* em áreas de plantio de coqueiro, com e sem aplicação de pesticidas químicos. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Tratamento	Média (\pm DP)
Área 1 c/aplicações	35.447,25 \pm 28.220,68 a
Área 2 s/aplicações	42.194,92 \pm 37.191,43 a

Kruskal-Wallis $X^2 = 0,083333$, $df = 1$, p -valor = 0,7728

Diversidade e abundância de ácaros

Um total de 933.580 ácaros foram coletados, sendo 426.245 na Área 1 e 507.335 na Área 2 pertencentes à 14 famílias de três ordens. *A. guerreronis* foi o fitófago mais abundante em frutos, porém, não foi encontrado nos folíolos. *Notostrix nasutiformes* Gondim Jr., Flechtmann & Moraes, *Amrineus cocofolius* Flechtmann e *Tegolophus* sp. foram as três espécies de eriofídeos coletadas apenas em folíolos e nas duas áreas, exceto *A. cocofolius*, encontrado apenas na área 2. A família Eriophyidae destacou-se como a mais abundante, com espécimes coletados em frutos e folíolos, em maior proporção nos frutos (99,9%) sendo representados pelo ácaro-da-necrose-do-coqueiro. Os demais fitófagos foram coletados apenas em folíolos e em maior número na Área 2 (sem aplicação de pesticidas).

Foi possível verificar declínio populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro nos frutos dos cachos mais velhos em relação aos cachos mais novos nas duas áreas (Figura 1). Os frutos do cacho 4 apresentaram maior número de *A. guerreronis*.

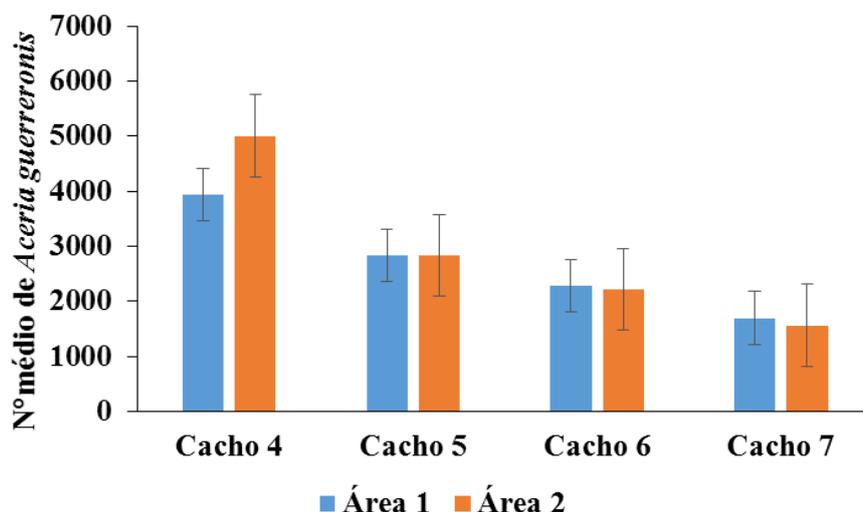


Figura 1. Número médio de *Aceria guerreronis* coletados em frutos de coqueiro de diferentes cachos, em área com (Área 1) e sem (Área 2) aplicação de pesticida. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Dentre os predadores, a família Phytoseiidae apresentou o maior número de ácaros coletados tanto em folíolos (323) quanto em frutos (196), sendo representada por 10 espécies: *Amblydromalus zannouii* Famah Sourassou, *Amblyseius aerialis* (Muma), *Amblyseius tamatavensis* Blommers, *Amblyseius vasiformes* Moraes & Mesa, *Arrenoseius urquharti* Yoshida-Shaul & Chant, *Cocoseius elsalvador* Denmark & Andrews, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma, *Neoseiulus transversus* Denmark & Muma, *Typhlodromips mangleae* De Leon e *Typhlodromalus peregrinus* Muma (Tabela 2). Destas, quatro espécies ocorreram apenas em folíolos (*A. vasiformes*, *C. elsalvador*, *T. mangleae* e *T. peregrinus*), e a espécie *N. transversus* coletada apenas no fruto. As demais espécies foram coletadas tanto em frutos, quanto em folíolos.

Tabela 2. Ordem, família, espécie, hábito alimentar e número de ácaros coletados em frutos e folíolos de coqueiro em área comercial de cultivo com e sem aplicação de pesticidas. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Ordem	Família	Espécie	Área 1		Área 2		Total	HA
			Fruto	Folíolo	Fruto	Folíolo		
Mesostigmata	Ascidae	<i>Asca aphidioides</i>	-	-	2	-	2	P
		<i>Asca</i> sp.	10	-	5	-	15	P
		<i>Gamasellodes lavafesii</i>	-	-	1	-	1	P
		Imaturo	4	-	2	-	6	P
		Macho	1	-	-	-	1	P
	Blattisociidae	<i>Lasioseius</i> sp.	1	-	7	-	8	P
		Imaturo	-	-	2	-	2	P
		Macho	-	-	1	-	1	P
	Laelapidae	<i>Cosmolaelaps</i> sp.	2	-	1	-	3	P
		<i>Pseudoparasitus</i> sp.	-	-	2	-	2	P
		Macho	2	-	-	-	2	P
	Melicharidae	<i>Proctolaelaps bickeyi</i>	-	-	2	-	2	P
		<i>Proctolaelaps bulbosus</i>	-	-	1	-	1	P
		<i>Proctolaelaps</i> sp.	1	-	4	-	5	P
		Imaturo	1	-	1	-	2	P
		Macho	1	-	-	-	1	P
		<i>Amblydromalus</i>						
	Phytoseiidae	<i>zannouii</i>	-	34	-	21	55	P
		<i>Amblyseius aerialis</i>	6	11	14	13	44	P
		<i>Amblyseius</i>						
		<i>tamatavensis</i>	6	13	11	9	39	P
		<i>Amblyseius vasiformes</i>	-	-	-	3	3	P
		<i>Arrenoseius urquharti</i>	-	5	8	6	19	P
		<i>Cocoseius elsalvador</i>	-	2	-	1	3	P
		<i>Iphiseiodes zuluagai</i>	-	17	2	12	31	P
		<i>Neoseiulus transversus</i>	1	-	3	-	4	P
		<i>Typhlodromips</i>						
		<i>mangleae</i>	-	6	-	12	18	P
		<i>Typhlodromalus</i>						
		<i>peregrinus</i>	-	3	-	-	3	P
Imaturo		5	46	17	41	109	P	
Macho	3	38	5	30	76	P		
Rhodacaridae	<i>Afrogamasellus</i> sp.	1	-	-	-	1	P	
Sarcoptiforme	Acaroidea		-	-	-	1	V	
	Subordem Oribatida		150	12	181	17	360	V
	Winterschmidtiidae		9	19	25	30	83	V
Trombidiforme	Bdellidae	<i>Bdella</i> sp.	27	6	31	14	78	P
		<i>Armascirus</i>						
	Cunaxidae	<i>amazoniensis</i>	-	28	1	43	72	P
		<i>Nuoponzia</i> sp.1	-	1	-	-	1	P

	<i>Scutopalus tomentosus</i>	-	5	-	1	6	P
	Imaturo	1	9	3	12	25	P
Eriophyidae	<i>Aceria guerreronis</i>	425367	-	506339	-	931706	F
	<i>Amrineus cocofolius</i>	-	-	-	2	2	F
	<i>Notostrix nasutiformes</i>	-	19	-	56	75	F
	<i>Tegolophus</i> sp.	-	23	-	22	45	F
Tarsonemidae		16	23	37	8	84	V
Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus incognitus</i>		10	-	-	10	F
	<i>Brevipalpus yothersi</i>	-	51	-	74	125	F
	Imaturo	-	21	-	12	33	F
Tetranychidae	<i>Oligonychus pratensis</i>	-	152	-	165	317	F
	<i>Tetranychus mexicanus</i>	-	43	-	8	51	F
	Imaturo	-	20	-	8	28	F
Tydeidae		5	8	1	5	19	V
Total		425620	625	506709	626	933580	

HA: Hábito alimentar – predominantemente predadores (P), predominantemente fitófagos (F), outros hábitos alimentares (podendo incluir em parte predação e fitofagia) (V).
 Área 1 - com aplicação de pesticidas e Área 2 - sem aplicação

Em relação à proporção de ácaros encontrados em folíolos e frutos da planta, os frutos representaram o maior número de espécimes coletados, incluindo maior diversidade de predadores. Entretanto, quando se exclui o ácaro da necrose (predominante nos frutos – 931706 espécimes), a maior proporção de ácaros foi encontrada nos folíolos (90%).

Os índices de Shannon (diversidade) e Margalef (riqueza) estimados para caracterizar o padrão de diversidade da acarofauna, não foram diferentes entre as duas áreas de coleta (Tabela 3).

Tabela 3. Índices de diversidade e riqueza para espécies de ácaros coletadas em áreas comerciais de coqueiro. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Área	Diversidade (IC 95%)	Riqueza (IC 95%)
Área com pesticida	0,01162 (0,001034 - 0,01235)	1,929 (1,774 - 2,314)
Área sem pesticida	0,01115 (0,01057 - 0,01229)	2,132 (1,827 - 2,284)

Com base na rarefação, observou-se que a riqueza de espécies obtida na área sem aplicação de pesticidas (B), foi maior do que a obtida na área com aplicação (A). A curva de rarefação na Área 1 (linha A) estabilizou mais rápido, ou seja, um número menor de espécimes foi suficiente para representar a riqueza de espécies amostradas (Figura 2). Entretanto, as coletas não foram suficientes para caracterizar a diversidade de espécies no

local de estudo, pois a curva de rarefação não atingiu uma assíntota, indicando que mais espécies poderiam ser coletadas.

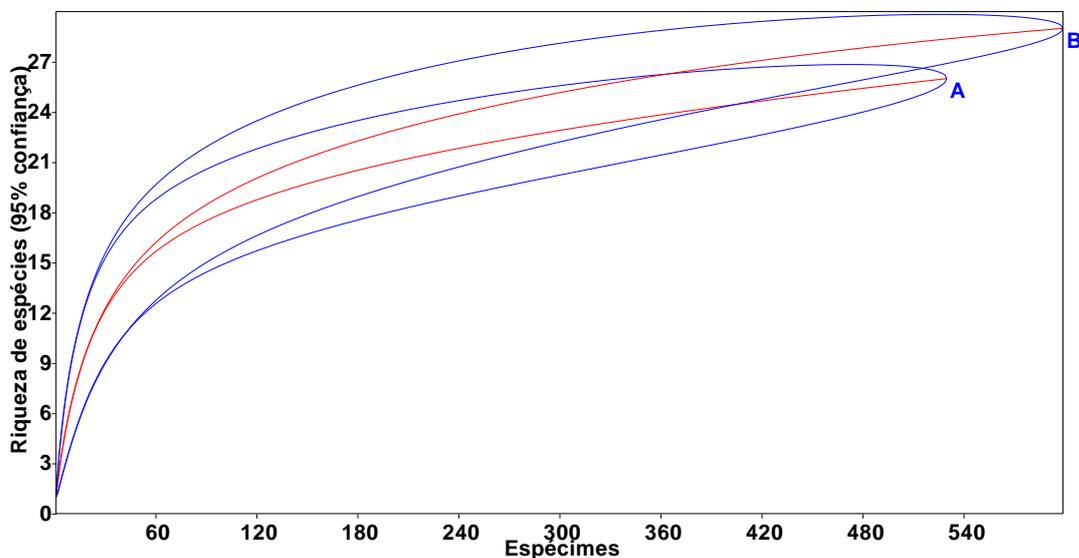


Figura 2. Curva de rarefação da acarofauna coletada em coqueiros, sendo Área 1 (A - com aplicação de pesticidas) e Área 2 (B - sem aplicação de pesticidas). Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Na análise faunística realizada para os predadores da família Phytoseiidae, três espécies foram predominantes, *A. zannoui*, *A. aerialis* e *A. tamatavensis* sendo dominantes, muito abundantes, muito frequentes e constantes (Tabela 4).

Tabela 4. Análise faunística de espécies da família Phytoseiidae coletadas em folíolos e frutos de coqueiro, no município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Espécie	Indivíduos	Coletas (n)	Índices faunísticos			
			D	A	F	C
* <i>Amblydromalus zannoui</i>	55	6	D	MA	MF	W
* <i>Amblyseius aerialis</i>	44	10	D	MA	MF	W
* <i>Amblyseius tamatavensis</i>	39	9	D	MA	MF	W
<i>Amblyseius vasiformes</i>	3	2	ND	R	PF	Z
<i>Arrenoseius urquharti</i>	19	5	D	C	F	Y
<i>Cocoseius elsalvador</i>	3	2	ND	R	PF	Z
<i>Iphiseiodes zuluagai</i>	31	10	D	C	F	W
<i>Neoseiulus transversus</i>	4	1	ND	R	PF	Z
<i>Tyohlodromips mangleae</i>	18	5	D	C	F	Y
<i>Typhlodromalus peregrinus</i>	3	1	ND	R	PF	Z

D: Dominância – não dominante (nd), dominante (d) e superdominante (sd); A: Abundância – rara (r), dispersa (d), comum (c), abundante (a), muito abundante (ma) e superabundante (sa); F: Frequência – pouco frequente (pf), frequente (f), muito frequente (mf) e superfrequente (sf); C: Constância - constante (w), acessória (y) e acidental (z). *Espécies predominantes.

Flutuação populacional

As maiores populações de ácaros nas áreas estudadas pertenceram à família Eriophyidae com ênfase para a espécie *A. guerreronis*, pico populacional no mês de novembro de 2018, resultado influenciado possivelmente, pelas baixas precipitações dos meses anteriores. O número de *A. guerreronis* começou a reduzir a partir de dezembro de 2018 à medida em que ocorria aumento na precipitação nas duas áreas estudadas (Figura 3). Há correlação negativa entre as variáveis, demonstrando que estas variam em sentido contrário, ou seja, quando aumenta a precipitação, o número médio de ácaros diminui (Figura 4). A umidade relativa do ar na região amazônica é relativamente alta e não afetou diretamente no número de ácaros nos frutos.

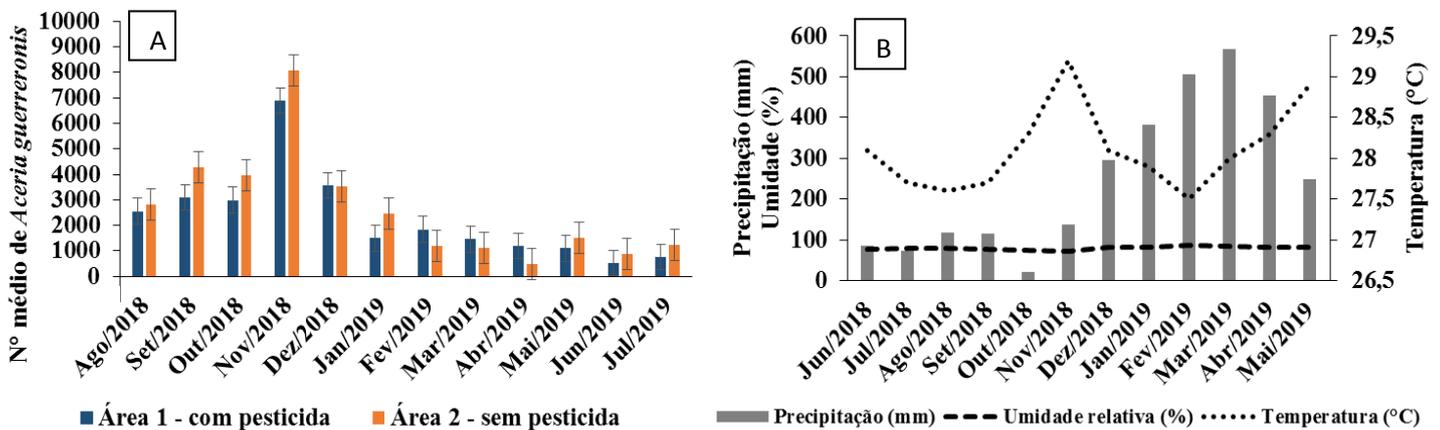


Figura 3. Flutuação da densidade populacional de *Aceria guerreronis* em coqueiro (A) e variação dos fatores climáticos na área estudada entre agosto de 2018 a julho de 2019. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Fonte dos dados climáticos: SOCOCO S. A. Agroindústria da Amazônia.

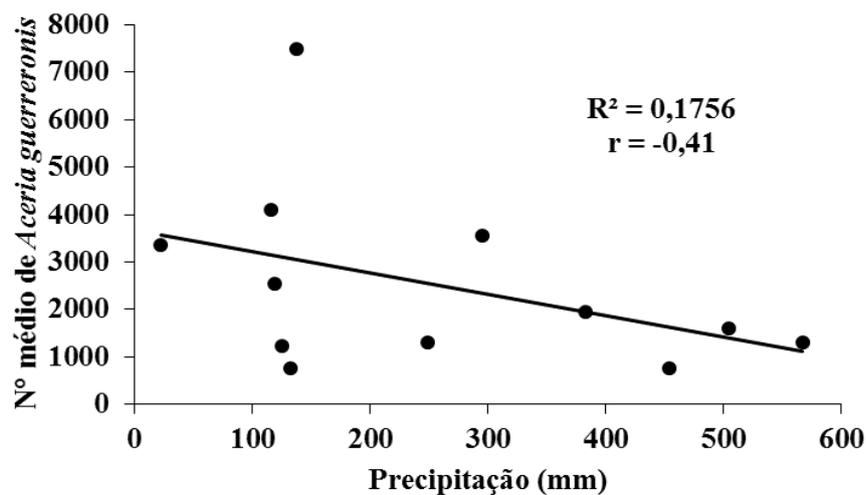


Figura 4. Correlação linear entre a precipitação pluviométrica (mm) e o número médio de *Aceria guerreronis* em coqueiro. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Discussão

Nesse estudo, as duas áreas de coleta (com e sem aplicação de pesticida) apresentaram quantidade de ácaros iguais estatisticamente, ou seja, o controle com o uso de inseticida e óleo vegetal (Etofenproxi 0,02% + óleo de coco 1,5% + detergente 1%) não foram eficientes para controlar o ácaro-da-necrose-do-coqueiro. Inseticidas botânicos apresentam pouca ameaça ao meio ambiente e à saúde humana como relatado por Freitas et al. (2019), onde mostraram que o óleo vegetal de dendê é altamente tóxico para *A. guerreronis* e menos prejudicial ao seu predador *Typhlodromus ornatus* Denmark and Muma. Entretanto, sabe-se que além de fornecer alimento para os ácaros, a região meristemática dos frutos é protegida por brácteas, servindo também como abrigo e proteção aos ácaros, sendo supostamente protegidos do efeito direto dos pesticidas, pois relataram que ao retirarem as brácteas após a aplicação diretamente sobre eles houve mortalidade dos ácaros e que a vulnerabilidade dos mesmo se dá, principalmente, quando ocorre o processo de dispersão na planta (SILVA et al., 2016).

As maiores populações do ácaro-da-necrose-do-coqueiro foram encontradas em frutos do cacho 4 (quatro meses após a fertilização da inflorescência). Em coleta piloto realizada antes da instalação do experimento, foi possível avaliar frutos dos cachos 2, 3, 4, 5, 6 e 7, nos frutos dos cachos 12 e 13 a quantidade de ácaros foi insignificante. Foi observado que os frutos apresentavam maior infestação da praga a partir do cacho 4 e posteriormente ocorria

um declínio populacional. As maiores densidades de *A. guerreronis* são comumente encontradas em frutos dos cachos 3 e 4 (3 e 4 meses após a fertilização da inflorescência) (NEGLOH et al., 2011; GALVÃO et al., 2011). Frutos de 1 a 5 meses de idade da cultivar Anão Verde do Brasil foram avaliados na Bahia, e verificaram que a avaliação dos níveis de infestação deve ser feita preferencialmente nos frutos com cerca de 3 a 4 meses de idade (cachos 3 e 4), pois apresentaram maior densidade populacional da praga (SOUZA et al., 2017).

A amostragem dos frutos de 2018 a 2019 apresentou um número variável de ácaros, e *A. guerreronis* é claramente o fitófago de maior importância econômica para a cultura do coqueiro na Amazônia. Além disso, existem outras espécies de fitófagos em menor importância e quantidade; e foi possível identificar várias espécies de ácaros predadores presentes tanto em folíolos quanto em frutos, em associação com o ácaro-da-necrose-do-coqueiro. Através da análise faunística a espécie *A. aerialis* foi predominante dentre os fitoseídeos, sendo encontrada nas duas áreas estudadas, em folíolos e em frutos alimentando-se da praga. A predominância de fitoseídeos dentre os predadores já era esperada, pois é comumente observado em plantas no geral (MCMURTRY et al., 2013). Por outro lado, houve também predominância de predadores pertencentes à família Cunaxidae o que parece comum para áreas de alta precipitação em plantas de vegetação natural no litoral sudeste do Brasil e em coqueiros em Manaus-AM (CASTRO; MORAES, 2007; CRUZ et al., 2015). Vale ressaltar que cunaxídeos são geralmente canibais o que impossibilita seu estudo e uso prático para o controle de pragas (HERNANDES et al. 2015).

Nenhuma das espécies de fitoseídeos encontradas nesse estudo foram relatadas na literatura como promissoras para o controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro, porém não significa que não apresentem potencial como agentes de biocontrole. Dessa forma, das três espécies mais abundantes foi possível iniciar colônias de criação de *A. aerialis* para estudos posteriores de oviposição e predação. O mesmo resultado foi obtido por Cruz et al. (2015) em levantamento realizado em coqueiros em Manaus-AM, onde *A. aerialis* foi a espécie mais abundante dentre os fitoseídeos. Essa espécie parece ser altamente polífaga como foi relatado para outras espécies do mesmo gênero por McMurtry et al. (2013), considerado um generalista do tipo III, sendo encontrado em mais de 20 espécies de plantas hospedeiras em todo o Brasil (CASTILLO; NORONHA, 2008; DEMITE et al., 2014; AMARAL et al., 2018; FERREIRA et al., 2018).

Os três fatores climáticos, temperatura, precipitação e umidade relativa do ar desempenharam importante papel na flutuação populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro, porém a pluviosidade foi determinante, exercendo impacto negativo no declínio populacional do ácaro, pois, à medida em que ocorreu aumento populacional da praga, a quantidade de chuvas diminuía. Chuvas regulares podem afetar a dispersão de *A. guerreronis*, afetando seu estabelecimento na planta e favorecendo seu declínio populacional em épocas em que ocorre maior precipitação pluviométrica (HOWARD et al., 1990). Sobha e Haq (2019) estudaram a dinâmica populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro de 2016 a 2018 na Índia, e relataram que a densidade populacional do ácaro atingiu o mínimo quando a precipitação atingiu o máximo, apresentando correlação negativa entre a população de ácaros e a precipitação pluviométrica. Essa tendência também foi relatada por Lawson-Balagbo et al. (2008) no Brasil, onde verificaram que longos períodos de seca e elevada temperatura parecem favorecer a ocorrência e estabelecimento de *A. guerreronis*, pois são afetados negativamente pelas chuvas fortes, tipicamente como ocorre na Amazônia.

Logo, essas informações sobre a dinâmica populacional de uma importante praga para a cultura do coqueiro e seus inimigos naturais, é mais uma ferramenta que pode ser aplicada no controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro, visando principalmente o manejo integrado, onde há o uso de táticas de controle que podem ser feitas isoladamente ou associadas de forma que causem menor impacto possível para o meio ambiente e para o produto final. Haja vista que o controle utilizado com o uso de pesticidas na área 1, supostamente não é eficiente para o controle da praga.

Conclusões

- Ocorre alta densidade populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro em diferentes épocas do ano, com maiores picos populacionais em períodos de baixas taxas de precipitação pluviométrica.
- A maior presença do ácaro-da-necrose-do-coqueiro, ocorre principalmente nos frutos do cacho 4 (4 meses após a fertilização da inflorescência) com redução dos mesmos nos frutos do cacho 7 (cerca de 6 meses de idade).
- Ácaros predadores da família Phytoseiidae vivem em associação com o ácaro-da-necrose-do-coqueiro, sendo encontrados ocasionalmente nos frutos alimentando-se da presa, principalmente a espécie *A. aequalis*. No entanto, não se sabe sobre o potencial desta como

agente de biocontrole de *A. guerreronis*, sendo assim o estudo de aspectos biológicos e de predação é recomendável.

Referências

- AMARAL, F.S.R.; LOFEGO, A.C.; CAVALCANTE, A.C.C. Oviposition rates of *Amblyseius aerialis* (Muma) and *Amblyseius chiapensis* DeLeon (Acari: Phytoseiidae) under seven foods different patterns for the same genus. **Systematic and Applied Acarology**, 23: 795-798, 2018.
- CARDONA, Z.I.; POTES, A.S. La rona o escorion de los frutos del cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Colombia. **Acta Agronomica**, 21:133-139, 1971.
- CASTILLO, A.B.; NORONHA, A.C.S. Estudio de los aspectos fundamentales de la biología de *Amblyseius aerialis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) en condiciones de laboratorio. **CitriFrut.**, 25: 45-52, 2008.
- CASTRO, T.M.M.G.; MORAES, G.J. Mite diversity on plants of different families found in the Brazilian Atlantic Forest. **Neotropical Entomology**, Londrina, 36(5): 774-782, 2007.
- CRUZ, W.P.; KRUG, C.; VASCONCELOS, G.J.N.; MORAES, G.J. Diversity of mites associated with *Raoiella indica* (Acari: Prostigmata) on coconut palms in the central region of the Brazilian Amazonia, with emphasis on the predaceous Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). **Systematic and Applied Acarology**, 20: 875-886, 2015.
- DEMITE, P.R.; MCMURTRY, J.A.; MORAES, G.J. Phytoseiidae Database: a website for taxonomic and distributional information on phytoseiid mites (Acari). **Zootaxa**, 5: 571577, 2014.
- FERNANDO, L.C.P.; ARATCHIGE, N.S. Status of coconut mite *Aceria guerreronis* and biological control research in Sri Lanka. In: SABELIS, M.W.; BRUIN, J. editors. Trends in acarology. Amsterdam: Springer. pp. 379-384, 2010.
- FERREIRA, C.T.; KRUG, C.; GARCIA, M.V.B.; MORAES, G.J. Leprosis mite and other mite species (Acari) associated to orange groves in Brazilian Central Amazon. **Systematic and Applied Acarology**, 23: 449-462, 2018.
- FREITAS, G.S.; SENA FILHO, J.G.; SARAIVA, W.V.A.; VIEIRA, I.G.; OLIVEIRA, E.E.; ADENIR VIEIRA TEODORO, A.V. Acaricidal Activity of Palm Oil on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and a Nontarget Predator. **Journal of Entomological Science**, 54(2), 172-180, 2019.
- GALVÃO, A.S.; GONDIM JR., M.G.C.; MICHEREFF, E.S.J. Escala diagramática de dano de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em Coqueiro. **Neotropical Entomology**, 6: 723-728, 2008.

- GALVÃO, A.S.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAES, G.J.; MELO, J.W.S. Distribution of *Aceria guerreronis* and *Neoseiulus baraki* among and within coconut bunches in northeast Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, 54:373–384, 2011.
- HAMMER, O., HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, 4: 1-9, 2001.
- HAQ, M.A.; SUMANGALA, K.; RAMANI, N. **Coconut mite invasion, injury and distribution**. p. 41-49. In: FERNANDO, L.C.P.; MORAES, G.J.; WICKRAMANANDA, I.R. (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p., 2002.
- HERNANDES, F.A.; CASTRO, T.M.M.G.; VENANCIO, R. **Prostigmata (Acari: Trombidiformes) as biological control agents**. In: CARILLO, D.; MORAES, G. J.; PEÑA, J.E. (eds.) Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms. Berlin, Springer., 328 pp., 2015.
- HOWARD, F.W.; ABREU-RODRIGUEZ, E.; DENMARK, H.A. Geographical and seasonal distribution of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), in Puerto Rico and Florida, USA. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, 74, 237–251, 1990.
- HOWARD, F.W.; MOORE, D.; GIBLIN-DAVIS, R.M.; ABAD, R.G. **Insects on palms**. CABI Publishing, WALLINGFORD, J.J.F.; MARIAU, D. (1979) Nouvelles recherche´ en Coˆte d’Ivoire sur *Eriophyes guerreronis* K., acarien ravageur des noix du cocotier. *Ole´agineux* 34:181–189, 2001.
- LAWSON-BALAGBO, L.M.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAES, G.J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. Refuge use by the coconut mite *Aceria guerreronis*: fine scale distribution and association with other mites under the perianth. **Biological Control**, 43: 102-110, 2007.
- LAWSON-BALAGBO, L.M.; GONDIM JR., M.G.C.; MORAES, G.J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. **Bulletin of Entomological Research**, 98: 83-96, 2008.
- LIMA, D.B.; MELO, J.W.S.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAES, G.J. Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis* Keifer. **Experimental and Applied Acarology**, 56: 233-246, 2012.
- MCMURTRY, J.A.; MORAES, G.J.; FAMAH SOURASSOU, N. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, 18:297–320, 2013.
- MELO, J.W.S.; LIMA, D.B.; STAUDACHER, H.; SILVA, F.R.; GONDIM JR, M.G.C. SABELIS, M.W. Evidence of *Amblyseius largoensis* and *Euseius alatus* as biological control agent of *Aceria guerreronis*. **Experimental and Applied Acarology**, 67: 411-421, 2015.
- MORAES, R. C. B.; HADDAD, M. L.; SILVEIRA NETO, S.; REYES, A. E. L. Software para análise faunística – ANAFU. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 8., 2003, São Pedro. **Resumos...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. (Resumo, 195).

MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de acarologia, acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas do Brasil**. Ribeirão Preto, Holos, 308p., 2008.

MUTHIAH, C.; BHASKARAN, R. Major outbreak of eriophyid mite of coconut in India. **The Planter**, 76: 243–246, 2000.

NAIR, C.P.R. **Status of coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in India**. In: FERNANDO, L.C.P.; MORAES, G.J.; WICKRAMANANDA, I.R. (Eds.) Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Coconut Research Institute. Lunuvila, Sri Lanka, pp. 9-12, 2002.

NAVIA, D.; GONDIM JR., M.G.C.; ARATCHIGE, N.S.; MORAES, G.J. A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. **Experimental and Applied Acarology**, 59: 67-94, 2013.

NEGLOH, K.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. Season- and fruit age-dependent population dynamics of *Aceria guerreronis* and its associated predatory mite *Neoseiulus paspalivorus* on coconut in Benin. **Biological Control**, 54:349-358, 2010.

NEGLOH, K.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. **Experimental and Applied Acarology**, 55: 361-374, 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2015). R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <https://www.Rproject.org/>.

REZENDE, D.; MELO, J.W.S.; OLIVEIRA, J.E.M.; GONDIM, M.G.C. Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. **Experimental and Applied Acarology**, p. 297-310, 2016.

REIS, A.C.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAES, G.J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P.; LAWSON-BALAGBO, L.E.; BARROS, R. Population Dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and Associated Predators on Coconut Fruits in Northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, 37:457-462, 2008.

SILVA, F.R.; MORAES, G.J.; SABELIS, M.W.; HANNA, R.; ESTRADA-VENEGAS, E.G.; MESA, N.C.; VASQUEZ, C. The search for natural enemies of the coconut mite (*Aceria guerreronis* Keifer) in Latin America. In: Abstract book of the XIII International Congress of Acarology. Recife, Brazil, p. 249, 2010.

SILVA, F.R.; MORAES, G.J.; LESNA, I.; SATO, Y.; VASQUEZ, C.; HANNA, R.; SABELIS, M.W.; JANSSEN, A. Size of predatory mites and refuge entrance determine success of biological control of the coconut mite. **Biological Control**, 61: 681–689, 2016.

SILVA, V.F.; FRANÇA, G.V.; MELO, J.W.S.; GUEDES, R.N.C.; GONDIM JR., M.G.C. Targeting hidden pests: acaricides against the coconut mite *Aceria guerreronis*. **Journal of Pest Science**, 90: 207–215, 2017.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARDIN, D.; VILLA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 149 p., 1976.

SOBHA, T.R.; HAQ, M.A. Population dynamics of the coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Kerala, India. **Acarological Studies**, 165:173, 2019.

SOUSA, A.S.G.; GODIM JR., M.G.C.; ARGOLO, P.S.; OLIVEIRA, A.R. Evaluating damage in the perianth: a new diagrammatic scale to estimate population level of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) in coconut fruits. **Acta Agronomica**, 66(1): 141-147, 2017.

WICKRAMANANDA, I.R.; PEIRIS, T.S.G.; FERNANDO, M.T.; FERNANDO, L.C.P.; EDGINGTON, S. Impact of the coconut mite (*Aceria guerreronis* Keifer) on the coconut industry in Sri Lanka. **Cord.**, 23: 1-16, 2007.

CAPÍTULO 2 - RESPOSTA FUNCIONAL E NUMÉRICA DO ÁCARO PREDADOR *Amblyseius aerialis* (ACARI: PHYTOSEIIDAE) A *Aceria guerreronis* (ACARI: ERIOPHYIDAE)

FERREIRA C. T.^{1*}, NORONHA A. C. S.², SOUSA NETO E. P.³, OLIVEIRA R. P.², LINS P. M. P.⁴, BATISTA T. F. V.¹

¹Laboratório de Proteção de Plantas (LPP), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, PA, Brasil;

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Amazônia Oriental), Belém, PA, Brasil;

³Laboratório de Acarologia, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE, Brasil;

⁴Sococo S. A. Agroindústria da Amazônia, Moju, PA, Brasil.

*Corresponding author: Camila Tavares Ferreira (kmilatif@hotmail.com)

Capítulo publicado em forma de artigo na revista Acarologia em 2022.

RESUMO

O ácaro-da-necrose, *Aceria guerreronis* Keifer, é uma das principais pragas do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) em todo o mundo. Seu controle é baseado principalmente no uso de acaricidas. No entanto, devido ao habitat desse ácaro-praga ser protegido por brácteas dos frutos que atuam como barreira física, o controle químico muitas vezes é ineficiente. Assim, inimigos naturais têm sido estudados como alternativa aos acaricidas. No presente estudo foram avaliadas a resposta funcional e numérica de *Amblyseius aerialis* (Muma) ao aumento das densidades de *A. guerreronis* (40, 80, 160, 240 e 360) e adicionalmente as taxas de oviposição do fitoseídeo *A. aerialis* ao longo de 11 dias em diferentes fontes alimentares: pólen de coco, *A. guerreronis* e uma mistura de pólen de coco e *A. guerreronis*. Os resultados mostraram que *A. aerialis* apresentou uma resposta funcional do tipo III, em que o consumo de presas aumentou conforme o aumento da densidade de *A. guerreronis*, com um consumo máximo de até 175 presas por predador, apresentando resposta funcional do tipo III, com taxa de ataque (a') de $0,0011 \text{ h}^{-1}$ e tempo de manuseio (Th). Todas as densidades de presas possibilitaram a oviposição do predador. O número de ovos postos por *A. aerialis* aumentou com o aumento da densidade de presas e estabilizou de 240 para 360 indivíduos, com oviposição média de 1,7 ovos/fêmea. Além disso, os resultados mostram que todas as fontes de alimento (pólen de coco, *A. guerreronis* e uma mistura de pólen e *A. guerreronis*) possibilitaram a oviposição das fêmeas (em média 1,5 ovos/fêmea). Este estudo sugere que *A. aerialis* representa um potencial agente do ácaro-da-necrose-do-coqueiro. No entanto, mais estudos são necessários para investigar se *A. aerialis* pode explorar o habitat de *A.*

guerreronis e se essa presa pode apoiar o desenvolvimento de estágios imaturos e a reprodução do predador.

Palavras-chave: Ácaro-da-necrose-do-coqueiro, controle biológico, *Cocos nucifera*, predação, oviposição.

ABSTRACT

The coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer, is one of the main pests of the coconut tree (*Cocos nucifera* L.) worldwide. Its control is mainly based on the use of acaricides. However, due to the habitat of this pest mite, which is protected by fruit bracts that act as a physical barrier, chemical control is often inefficient. Thus, natural enemies have been studied as an alternative to acaricides. We evaluated the functional and numerical responses of *Amblyseius aerialis* (Muma) to increasing densities of *A. guerreronis* (40, 80, 160, 240 and 360) and additionally the oviposition rates of the phytoseiid *A. aerialis* over 11 days on different food sources: coconut pollen, *A. guerreronis* and a mix of pollen and *A. guerreronis*. Our results showed that *Amblyseius aerialis* showed a type III functional response, where prey consumption increasing as the density of *A. guerreronis* increased, with a maximum consumption of up to 175 prey per predator, presenting a type III functional response, with an attack rate (a') of 0.0011 h⁻¹ and handling time (T_h) of 0,11h. All the prey densities allowed female oviposition. The number of eggs laid by *A. aerialis* increased with increasing prey density and stabilized between 240 and 360 *A. guerreronis* individuals, with an average oviposition of 1.7 eggs/female. Furthermore, our results showed that all the food sources (coconut pollen, *A. guerreronis* and a mix of pollen and *A. guerreronis*) supported oviposition. The mean oviposition was approximately 1.5 eggs/female on all the food sources. Our study suggests that *A. aerialis* can be effective in the biological control of *A. guerreronis*. However, further studies are needed to investigate whether *A. aerialis* can explore the habitat of *A. guerreronis* and if that prey can support the development of immature stages and the reproduction of *A. aerialis*.

Keywords: Coconut mite, biological control, *Cocos nucifera*, predation, oviposition.

Introdução

O ácaro-da-necrose-do-coqueiro (*Aceria guerreronis* Keifer) é uma das principais pragas dos frutos do coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Ocorre em vários países em todo o mundo (HAQ et al., 2002; LAWSON-BALAGBO et al., 2008a; FERNANDO & ARATCHIGE, 2010; NEGLOH et al., 2011). No Brasil, é encontrado em todas as plantações de coco, comumente com incidência menor do que em outros países da África e da Ásia (LAWSON-BALAGBO et al., 2008a). Desenvolve-se no perianto dos frutos abaixo das brácteas, causando inicialmente uma mancha branco-amarelada de formato triangular próximo à margem do perianto. À medida que os frutos crescem, o tecido danificado se torna necrótico (HAQ et al., 2002; GALVÃO et al., 2008; NAVIA et al., 2013). Este dano leva a uma redução no rendimento de albúmen sólido e líquido e até mesmo ao abortamento prematuro dos frutos (WICKRAMANANDA et al., 2007). A incidência de *A. guerreronis* nos frutos pode diminuir o número médio de frutos colhidos por cacho em aproximadamente 60% e diminuir o volume de albúmen líquido em 28%, além de alterar o destino do fruto se para o consumo *in natura* ou para indústria (REZENDE et al., 2016).

O controle químico tem sido aplicado contra o ácaro-da-necrose-do-coqueiro em todo o mundo; entretanto, o uso frequente destes é necessário devido à dificuldade de controle dessa praga, que se desenvolve em um habitat protegido por brácteas de frutos que atuam como barreira física à ação desses produtos, e tem impactos negativos ao meio ambiente (LAWSON -BALAGBO et al., 2007; FERNANDO & ARATCHIGE 2010; LIMA et al., 2012). A proteção conferida pelas brácteas em frutos atacados por *A. guerreronis* foi confirmada no estudo de Silva et al. (2017), onde evidenciou que as brácteas atuam como uma barreira, dificultando o contato do ácaro-da-necrose-do-coqueiro com os acaricidas, e que a praga era vulnerável apenas quando deixava o perianto, ou seja, no momento da dispersão. Portanto, formas alternativas de controle são necessárias para o manejo integrado dessa importante praga.

O controle biológico do ácaro-da-necrose-do-coqueiro tem sido amplamente estudado. Ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae são considerados os principais inimigos naturais de *A. guerreronis*, incluindo *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot), *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon), *Amblyseius largoensis* (Muma), *Neoseiulus recifensis* Gondim Jr. e Moraes e *Euseius alatus* De Leon (LAWSON-BALAGBO et al., 2008b; REIS et al., 2008; GALVÃO et al., 2011; NEGLOH et al., 2011; LIMA et al., 2012; MELO et al., 2015).

O ácaro predador *Amblyseius aerialis* (Muma) foi predominante em levantamentos in loco em plantações de coco no município de Moju, estado do Pará, Brasil. Foi encontrado quase na mesma proporção tanto nos folíolos quanto nos frutos, principalmente na superfície externa e em menor quantidade sob as brácteas (resultados ainda não publicados). De acordo com McMurtry et al. (2013), esse predador é considerado um generalista do tipo III, pois se alimenta de uma grande variedade de presas e diferentes fontes de pólen como alimento complementar, sendo encontrado em mais de 20 espécies de plantas hospedeiras em todo o Brasil (CASTILLO; NORONHA, 2008; DEMITE et al., 2014; AMARAL et al., 2018; FERREIRA et al., 2018). Essa espécie é comumente encontrada na região amazônica em diferentes culturas, como frutíferas (MINEIRO et al., 2009; FERREIRA et al., 2018), pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) (CRUZ et al., 2012), seringueira (*Hevea brasiliensis* L.) (NUVOLONI et al., 2014), coco (*C. nucifera*) (CRUZ et al., 2015), muruci (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth) (NORONHA et al., 2020) e dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) (CRUZ et al., 2019). No entanto, não há relatos sobre a interação desta espécie com o ácaro-da-necrose-do-coqueiro, apesar de sua alta abundância nesta região.

O estudo da resposta funcional e numérica de um predador representa passo importante na determinação de sua capacidade de regular a presa (FILGUEIRAS et al., 2020), fornecendo informações relevantes sobre a taxa de predação e a densidade de presas (SOLOMON, 1949), e sua capacidade de converter o alimento em ovos (HASSELL, 1978). Assim, o presente estudo avaliou a resposta funcional e numérica deste predador para diferentes densidades de *A. guerreronis*. Adicionalmente foi verificado também a hipótese de um possível benefício no fitness do predador através de uma dieta mista contendo pólen, através das taxas de oviposição em três fontes de alimento (pólen de coco, *A. guerreronis* e uma mistura de pólen de coco e *A. guerreronis*) por 11 dias.

Material e Métodos

Criação do ácaro predador

Todos os testes foram realizados no Laboratório de Entomologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Amazônia Oriental), Brasil.

Colônias do ácaro predador, *A. aerialis*, foram estabelecidas a partir de indivíduos coletados de folíolos e frutos colhidos em plantações comerciais de coqueiros na fazenda SOCOCO S. A. Agroindústria da Amazônia, no município de Moju, estado do Pará (02 °

06'S, 48 ° 40'W). Os ácaros foram mantidos em unidades de criação confeccionadas em bandejas plásticas (16 × 22 × 7 cm) contendo um pedaço de espuma de polietileno (2 cm de espessura) que foi mantida permanentemente úmida pela adição diária de água destilada. Além disso, uma placa de resina de 10 × 15 cm (Paviflex®) foi colocada sobre um pedaço de espuma, cujas bordas foram cobertas com tiras de algodão umedecidas com água destilada para evitar que os ácaros escapassem. No meio da placa, pedaços de fibra de algodão foram colocados sob uma lamínula (2 × 2 cm) para servir de abrigo, proporcionando um local para a oviposição e desenvolvimento dos ácaros. Os predadores foram alimentados diariamente com pólen de coco (*C. nucifera*), e cerca de 400 indivíduos de *A. guerreronis* em diferentes estágios foram fornecidos em fragmentos de perianto (~1 cm³). Os predadores eram transferidos semanalmente para novas unidades de criação mantidas em incubadora (25 ± 1 °C, 70 ± 10% RH, 12: 12 h L: D).

Resposta funcional e numérica

O experimento de resposta funcional e numérica foi realizado em uma unidade experimental composta por uma placa de Petri (2 cm de altura, Ø 5 cm) contendo um disco de papel filtro e um pedaço de folíolo de coqueiro com a face abaxial voltada para cima. Todas as bordas do folíolo foram cobertas com algodão hidrofílico umedecido com água destilada para evitar que os ácaros escapassem. Em cada unidade experimental, uma das cinco densidades de *A. guerreronis* (40, 80, 160, 240 e 360 ácaros/unidade experimental) foram oferecidos a uma fêmea de *A. aequalis* (quatro dias de idade), replicado 20 vezes para cada densidade de presa. Durante dois dias o número de presas consumidas e o número de ovos depositados por fêmeas de *A. aequalis* foram contados a cada 24h, com reposição da presa ao valor inicial oferecido. Os dados do primeiro dia foram excluídos para evitar a influência da experiência alimentar anterior (SABELIS, 1990; CARRILLO & PEÑA, 2012). O consumo de presas foi avaliado subtraindo-se o número de *A. guerreronis* que permaneceu na arena a partir do número inicialmente fornecido. O experimento foi em blocos ao acaso e conduzido em uma incubadora (25 ± 1 °C, 70 ± 10% RH, 12: 12 h L: D)

Teste de oviposição

A oviposição do predador alimentando-se de três fontes alimentares, *A. guerreronis*, pólen de coco e uma mistura de pólen de coco e *A. guerreronis* foi investigada sob as mesmas condições utilizadas para a resposta funcional e numérica. Uma fêmea acasalada de *A. aequalis* (4 dias de idade) foi colocada em cada unidade, e fontes alimentares (~240 indivíduos de *A.*

guerreronis, pólen (0,5 g) e mistura de ~240 indivíduos de *A. guerreronis* + pólen (0,5 g)) foi oferecido diariamente a cada fêmea. Todas as unidades foram mantidas em uma incubadora (25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ UR, 12:12 h L:D). O número de ovos de predadores colocados em cada repetição foi registrado e os ovos foram removidos diariamente durante 11 dias. Dados da oviposição do primeiro dia foram excluídos para evitar a influência da alimentação anterior (SABELIS, 1990; CARRILLO & PEÑA, 2012). O delineamento foi completamente ao acaso, e para cada fonte alimentar, 20 fêmeas foram testadas.

Análises

Resposta funcional e numérica

Para determinar o tipo de resposta funcional (Tipo I, II ou III), curvas de regressão logística foram ajustadas entre a proporção de presas consumidas e a densidade de presas, conforme Juliano (2001). O tipo de resposta funcional foi determinado pela significância e o sinal do coeficiente linear das equações obtidas para as proporções de presas ingeridas. Coeficientes não significativos e lineares indicam uma resposta do tipo I, coeficientes negativos e significativos indicam uma resposta do tipo II, e coeficientes positivos e significativos indicam uma resposta do tipo III (HOLLING 1959, 1961).

Os parâmetros de taxa de ataque (a') e tempo de manuseio (Th) foram estimados pela equação $N_e = N_0 \{1 - \exp [a' (ThN_e - T)]\}$ (ROGERS, 1972) (para experimentos sem reposição de presa) através de regressões não lineares. Aqui, N_e se refere ao número de presas comidas; N_0 , a densidade inicial da presa; a' , a taxa de ataque (a proporção de presas capturadas por um predador por unidade de tempo de busca); e Th , o tempo de manuseio da presa (o tempo necessário para um predador capturar, matar e digerir a presa). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no software SAS (SAS Institute 2018).

A resposta numérica foi estimada através da regressão polinomial do número de ovos por fêmea de *A. aequalis* em função da densidade de indivíduos. O modelo foi selecionado com base na simplicidade, parcimônia e altos valores de F, R^2 e significância dos modelos, através do software Table Curve 2D 5.01 (SYSTAT SOFTWARE, 2014).

Teste de oviposição

Os dados da taxa de oviposição foram analisados usando ANOVA one-way e teste de Tukey (HSD) para determinar diferenças entre as fontes alimentares. O software SAS (2018) foi usado para as análises.

Resultados

Resposta funcional e numérica

O número de presas consumidas aumentou à medida que a disponibilidade aumentou (Figura 1a). A proporção de presas consumidas inicialmente aumentou sob densidades de presas mais baixas (40 e 80 ácaros) e diminuiu posteriormente (Figura 1b), sugerindo uma resposta funcional do tipo III.

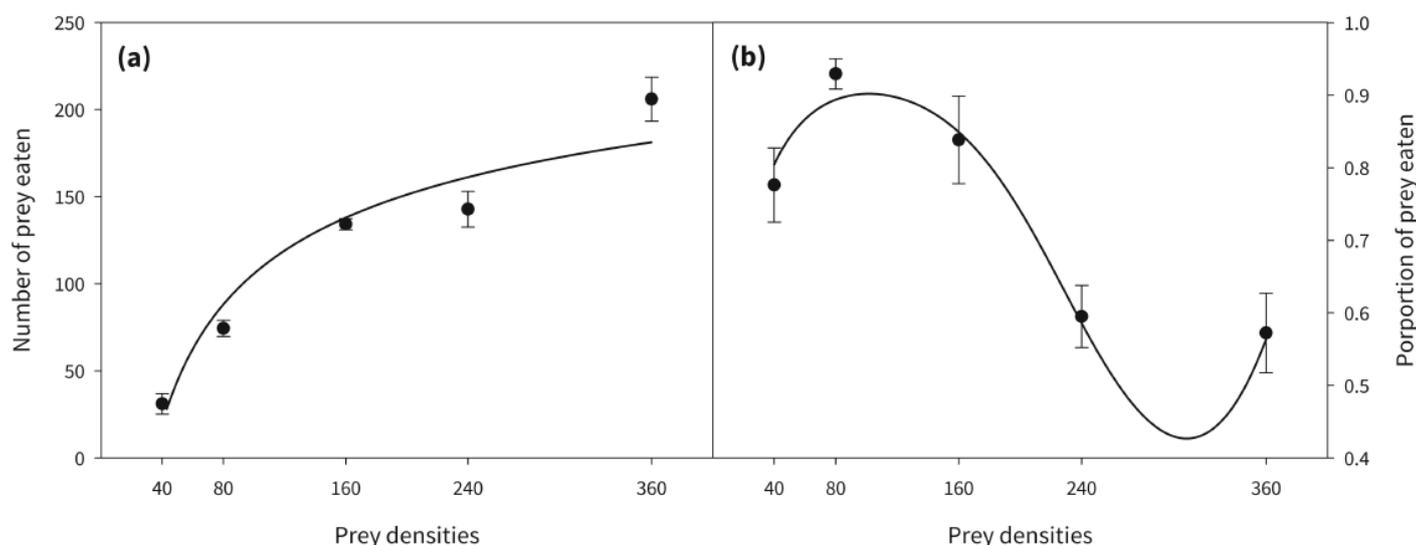


Figura 1. Resposta funcional de *Amblyseius aerialis* alimentado com densidades crescentes de *Aceria guerreronis*, expressão em número de presas consumidas (a) e em proporção de presas consumidas (b). No painel (a), a curva foi ajustada pela equação III de Roger à resposta funcional, enquanto no painel (b), a linha representa os valores previstos da equação do disco tipo III de Holling.

A resposta funcional do tipo III foi confirmada pela significância e sinal do coeficiente linear da equação de Holling, que apresentou coeficiente linear significativo e positivo (Tabela 1). A taxa de ataque (a') de e o tempo de manuseio (Th) de *A. aerialis* alimentados com *A. guerreronis*, foram $0,0011 \text{ h}^{-1}$ e $0,11\text{h}$, respectivamente (Tabela 2).

Todas as densidades de presas possibilitaram a oviposição de fêmeas de *A. aerialis*. O número de ovos postos aumentou com o aumento da densidade de presas e estabilizou em altas densidades de presas (240 e 360), com uma taxa média de oviposição de $1,7 \pm 0,09$ ovos/fêmea/dia (Figura 2). Portanto, esses resultados apoiaram os bioensaios usando apenas o ácaro-da-necrose-do-coqueiro como presa.

Tabela 1. Equação de Holling e tipo de resposta funcional de *Amblyseius aerialis* alimentados com diferentes densidades de *Aceria guerreronis*.

¹Intercepto; ²Linear; ³Quadrático; ⁴Cubico; ⁵Tipo de resposta funcional.

Espécie	Equação de Holling	χ^2	DF	P	Coeficiente de regressão logística				Tipo ⁵
					I ¹ (P)	L ² (P)	Q ³ (P)	C ⁴ (P)	
<i>A. aerialis</i>	$y = \frac{\exp(0,00000056x^3) - (0,00035x^2) + (0,053x) - 0,2015}{1 + \exp [(0,00000056x^3) - (0,00035x^2) + (0,053x) - 0,2015]}$	223,91	96	<.001	-0,2015 (0,27)	0,053 (<.001)	-0,00035 (<.001)	5,692e ⁷ (<.001)	III

¹Intercepto; ²Linear; ³Quadrático; ⁴Cubico; ⁵Tipo de resposta funcional

Tabela 2. Parâmetros (\pm EP) das respostas funcionais de *Amblyseius aerialis* alimentados em densidades crescentes de *Aceria guerreronis*.

Parâmetros	Estimativa (\pm EP)	IC (95%)
a'	0,00119 \pm 0,000250 h ⁻¹	(0,000694 – 0,00168)
Th	0,1171 \pm 0,00563 h	(0,1060 – 0,1283)

Coeficiente de taxa de ataque a' (proporção de presa capturada pelo predador por unidade de tempo de busca) e tempo de manejo Th (tempo gasto pelo predador para identificar, manipular, matar e consumir uma presa).

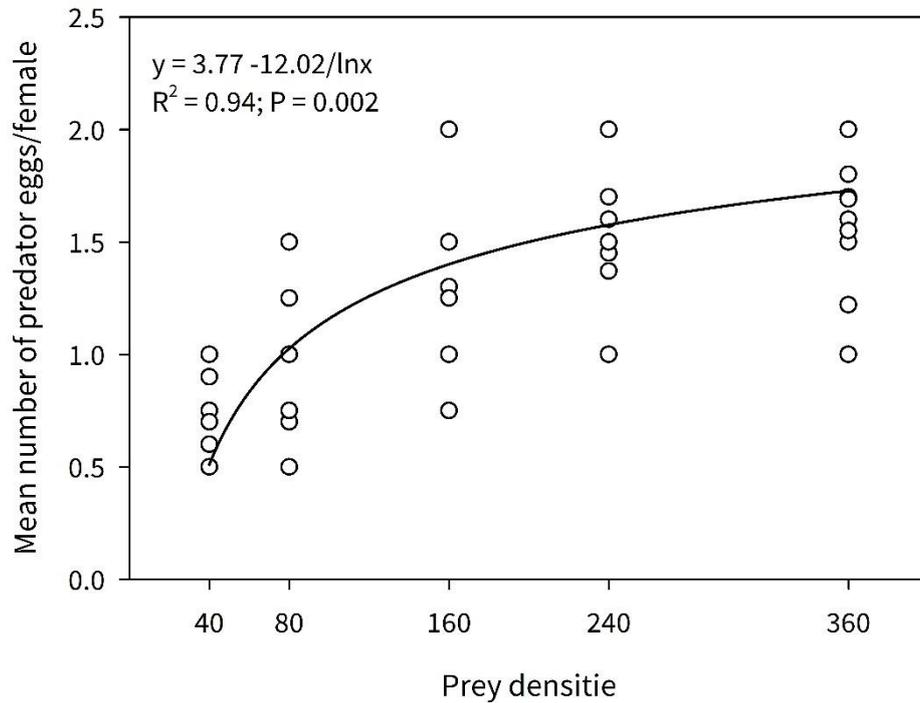


Figura 2. Número médio de ovos postos por fêmeas de *Amblyseius aerialis* com diferentes densidades de *Aceria guerreronis*. Idem para os eixos q estão em inglês

Teste de oviposição

O número médio de ovos postos por fêmeas de *A. aerialis* não foi afetado pelas fontes de alimento ($F_{2,53} = 1,97$, $P = 0,15$). As fêmeas alimentadas com *A. guerreronis*, pólen de coco e uma mistura de pólen de coco e *A. guerreronis* ovipositaram em média 1,4; 1,4 e 1,6 ovos/fêmea/dia (respectivamente) durante o período de oviposição de 11 dias (os dados do primeiro dia foram excluídos) (Figura 3).

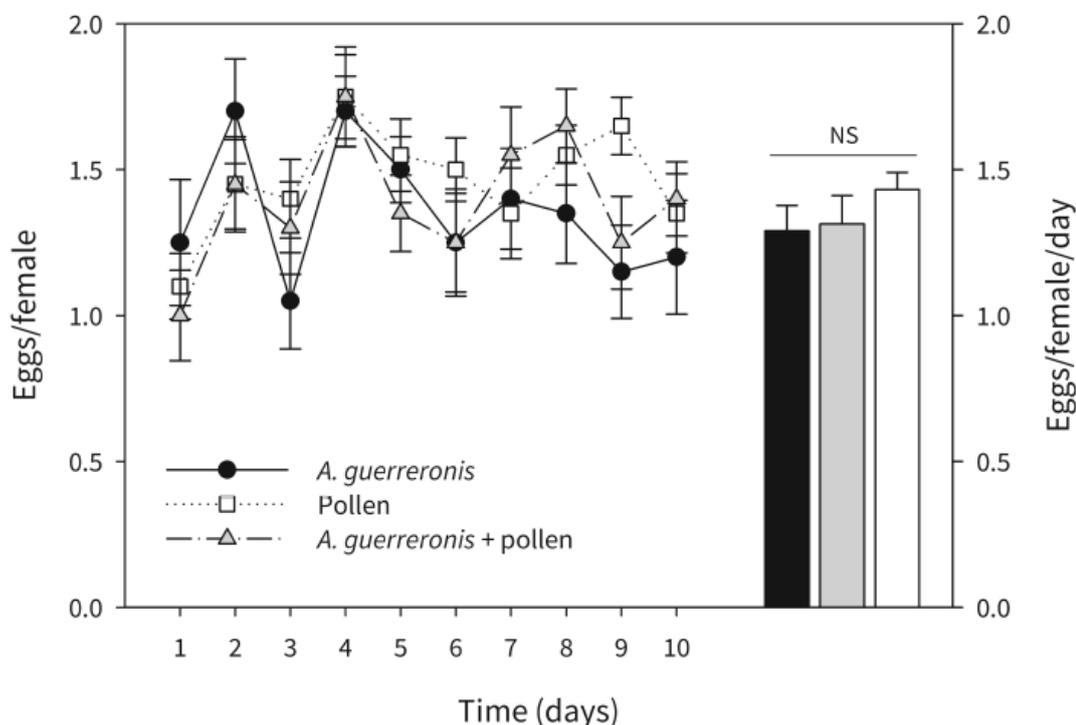


Figura 3. Taxas médias de oviposição (ovos/fêmea \pm EP) por fêmeas de *Amblyseius aerialis* com diferentes recursos alimentares durante 10 dias. (idem em relação as eixos)

Discussão

A resposta funcional de *A. aerialis* apresentou uma curva sigmóide, indicando uma resposta tipo III, ou seja, um aumento no consumo de presas com o aumento da densidade de presas. Em contraste, a proporção de presas ingeridas diminuiu com o aumento nas densidades inferiores e decresceu logo em seguida. De acordo com Holling (1965), os predadores do tipo III mostram uma resposta reduzida em baixas densidades de presas, ao contrário dos predadores do tipo II. Uma vez que a presa neste experimento foi um eriofídeo, menor do que outros ácaros (aproximadamente 200 μ m de comprimento), o consumo pelos predadores aumentou, pois eles precisam ingerir uma quantidade maior de *A. guerreronis* para atender às suas necessidades nutricionais; ao mesmo tempo em que há uma limitação temporal, ou seja, mesmo que sejam adicionadas mais presas, a predação será limitada e tenderá a cair em proporção, pois demanda tempo para a procura e manipulação da presa. No entanto, é difícil para os predadores alcançarem *A. guerreronis* sob brácteas devido à forte aderência das brácteas à superfície do fruto; isso impede que ácaros maiores, como a maioria dos fitoseídeos, penetrem neste espaço ao mesmo tempo que eriofídeos (SILVA et al., 2016).

A predação de *A. guerreronis* por outros predadores generalistas, como *A. largoensis* e *E. alatus*, pode ocorrer na superfície exposta dos frutos, em espiguetas quando os ácaros deixam os frutos mais velhos para os mais novos, quando os ácaros passam de uma planta para outra por dispersão aérea e, raramente, sob as brácteas de um fruto (MELO et al., 2015).

O fitoseídeo *N. baraki* apresentou resposta funcional tipo III quando alimentado com diferentes densidades de *A. guerreronis* (LIMA et al., 2012; TEODORO et al., 2020). Lima et al. (2012) relataram um consumo médio máximo de ~100 ácaros a uma densidade de 240 *A. guerreronis*, e Teodoro et al. (2020) relataram um consumo médio de ~150 ácaros na mesma densidade. Nesse estudo, o consumo médio por *A. aequalis* foi de ~140 a uma densidade de 240 *A. guerreronis*. Apesar de serem espécies de predadores diferentes, os resultados mostraram uma taxa de predação semelhante aos encontrados por outros autores e sugerem que *A. aequalis* pode ser eficaz no controle de *A. guerreronis*.

O tempo de manuseio e a taxa de ataque mostrados por *A. aequalis* alimentando-se de *A. guerreronis* (0,0011 e 0,11, respectivamente) foram próximos aos valores relatados por Teodoro et al. (2020) para *N. baraki* (0,004 e 0,13) alimentando-se da mesma espécie de presa. O tempo requerido por *A. aequalis* para identificar, atacar, subjugar e consumir uma unidade de presa (tempo de manuseio) foi menor. Isso indica que este predador precisou de menos tempo para consumir uma única presa, o que aumentou seu consumo de suas presas em um período de 24 horas. A taxa de ataque determina a capacidade de um predador capturar sua presa em uma área específica (Holling 1959), confirmando que *A. aequalis* foi eficaz em capturar mais presas por área.

O ácaro predador *Proctolaelaps bickleyi* (Bram) (Acari: Melicharidae) teve maior taxa de ataque (0,1907) e menor tempo de manuseio (0,0292) quando fornecido diferentes densidades de *A. guerreronis* (LIMA et al., 2012). Esses valores são melhores aos observados neste estudo, mas a taxa de ataque e o tempo de manuseio podem mudar de acordo com a espécie de predador e tipo de presa.

A resposta numérica mostrou que mesmo em densidades de presas mais baixas (ou seja, 40 e 80), *A. aequalis* pode ovipositar e que o número de ovos postos/dia aumentou em altas densidades, indicando que o incremento de indivíduos na população será maior à medida que a densidade de presas aumenta. Espera-se que para controlar os ácaros-praga, um bom ácaro predador deve ter, dentre outras características, a capacidade de converter suas presas em biomassa de ovos e aumentar sua população com presas abundantes (SABELIS, 1990).

Galvão et al. (2007) relataram uma oviposição diária de 1,2 ovos por fêmea para *A. largoensis* alimentados com *A. guerreronis*, este predador frequentemente encontrado em coqueiro e também pode desempenhar um papel fundamental no controle natural desta praga. Lima et al. (2012) observaram resultados semelhantes para *N. baraki* alimentados com *A. guerreronis*. O significativo número de ovos postos por dia por fêmeas de *N. baraki* na densidade mais alta (140) foi de ~1,2.

O possível benefício na aptidão do predador foi verificado pela oviposição diária de *A. aeralis* no teste de oviposição quando alimentado com *A. guerreronis* e pólen de coco. De acordo com a classificação de McMurtry et al. (2013), ácaros pertencentes ao gênero *Amblyseius* possuem hábitos alimentares do tipo III, caracterizados por consumirem uma grande variedade de presas, incluindo ácaros da família Eriophyidae. No entanto, algumas espécies também se reproduzem com sucesso quando alimentam-se de pólen. Os resultados obtidos neste experimento são importantes, pois mostram que não houve diferença na taxa de oviposição do predador quando alimentado com o ácaro-da-necrose-do-coqueiro, pólen de coco ou ambos. Este hábito alimentar generalista pode apoiar a conservação deste predador no campo quando a presa é escassa alimentando-se de pólen de coco.

Este estudo representa o primeiro esforço para investigar os comportamentos predatórios e reprodutivos de *A. aeralis* sobre *A. guerreronis* através da atividade de oviposição e predação. Nossos resultados sugerem que este predador tem potencial para controlar *A. guerreronis*. Além disso, a reprodução de *A. aeralis* é possibilitada quando alimentados com *A. guerreronis* ou pólen de coco. Isto sugere que em uma situação hipotética de escassez de presas, *A. aeralis* seria capaz de persistir nos campos alimentando-se de pólen de coco como fonte alternativa de alimento. Estudos adicionais são necessários para avaliar os parâmetros da tabela de vida e investigar em que circunstâncias *A. aeralis* pode entrar no microhabitat de *A. guerreronis*.

Conclusões

- O presente estudo sugere que *A. aeralis* pode desempenhar importante papel no controle de *A. guerreronis*, pois em diferentes densidades de presa foi possível verificar um consumo médio de 175 presas por predador, além de favorecer sua oviposição.
- *Amblyseius aeralis* se alimenta tanto de *A. guerreronis* quanto de pólen de coco, apresentando taxas de oviposição adequadas que beneficiam a aptidão do mesmo.

Referências

- Amaral F.S.R., Lofego A.C., Cavalcante A.C.C. 2018. Oviposition rates of *Amblyseius aerialis* (Muma) and *Amblyseius chiapensis* DeLeon (Acari: Phytoseiidae) under seven foods different patterns for the same genus. *Syst. Appl. Acarol.*, 23: 795-798.
<http://dx.doi.org/10.11158/saa.23.5.1>
- Carrillo D., Peña J.E. 2012. Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 57: 361–372.
<https://doi.org/10.1007/s10493-011-9488-7>
- Castillo A.B., Noronha A.C.S. 2008. Estudio de los aspectos fundamentales de la biología de *Amblyseius aerialis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) en condiciones de laboratorio. *CitriFrut.*, 25: 45-52.
- Cruz W.P., Sarmiento R.A., Teodoro A.V., Erasmo E.A.L., Pedro Neto M., Ignácio M., Ferreira Júnior D.F. 2012. Acarofauna em cultivo de pinhão-manso e plantas espontâneas associadas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47: 319-327.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000300002>
- Cruz W.P., Krug C., Vasconcelos G.J.N., Moraes G.J. 2015. Diversity of mites associated with *Raoiella indica* (Acari: Prostigmata) on coconut palms in the central region of the Brazilian Amazonia, with emphasis on the predaceous Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). *Syst. Appl. Acarol.*, 20: 875-886.
<https://doi.org/10.11158/saa.20.8.4>
- Cruz W.P., Krug C., Vasconcelos G.J.N., Moraes G.J. 2019. Mite (Arachnida: Acari) diversity and abundance on oil palms in the central region of the Brazilian Amazonia. *Syst. Appl. Acarol.*, 24: 1736–1750.
<https://doi.org/10.11158/saa.24.9.10>
- Demite P.R., McMurtry J.A., Moraes G.J. 2014. Phytoseiidae Database: a website for taxonomic and distributional information on phytoseiid mites (Acari). *Zootaxa*, 5: 571-577.
<http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3795.5.6>
- Fernando L.C.P., Aratchige N.S. 2010. Status of coconut mite *Aceria guerreronis* and biological control research in Sri Lanka. In: Sabelis MW, Bruin J, editors. *Trends in acarology*. Amsterdam: Springer. pp. 379-384.
https://doi.org/10.1007/978-90-481-9837-5_68
- Ferreira C.T., Krug C., Garcia M.V.B., Moraes G.J. 2018. Leprosis mite and other mite species (Acari) associated to orange groves in Brazilian Central Amazon. *Syst. Appl. Acarol.*, 23: 449-462.
<https://doi.org/10.11158/saa.23.3.4>
- Filgueiras R.M.C., Mendes J.A., Silva F.W.B., Sousa Neto E.P., Melo J.W.S. 2020. Prey stage preference and functional and numerical responses of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) to eggs of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Syst. Appl. Acarol.*, 25: 1147-1157.

<https://doi.org/10.11158/saa.25.6.16>

- Galvão A.S., Gondim Jr M.G.C., Moraes G.J., Oliveira J.V.D. 2007. Biology of *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae), a potential predator of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) on coconut trees. *Neotrop. Entomol.*, 36: 465-470.
<https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000300016>
- Galvão A.S., Gondim Jr M.G.C., Michereff E.S.J. 2008. Escala diagramática de dano de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em Coqueiro. *Neotrop. Entomol.*, 6: 723-728.
<https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000600015>
- Galvão A.S., Gondim Jr M.G.C., Moraes G.J., Melo J.W.S. 2011. Distribution of *Aceria guerreronis* and *Neoseiulus baraki* among and within coconut bunches in northeast Brazil. *Exp. Appl. Acarol.*, 54: 373-384.
<https://doi.org/10.1007/s10493-011-9464-2>
- Haq M.A., Sumangala K., Ramani N. 2002. Coconut mite invasion, injury and distribution. In: Fernando LCP, Moraes GJ, Wickramananda IR, editors. *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka: Coconut Research Institute. pp. 41-49.
- Hassell M.P. 1978. *The dynamics of arthropod predator-prey systems*. Princeton (NJ): Princeton University Press. pp. 248.
- Holling C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist*, 91: 385–398.
<https://doi.org/10.4039/Ent91385-7>
- Holling C.S. 1961. Principles of insect predation. *Annual Review of Entomology*, 6: 163–182.
<https://doi.org/10.1146/annurev.en.06.010161.001115>
- Holling C.S. 1965. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 97: 5–60.
<https://doi.org/10.4039/entm9745fv>
- Juliano S.A. 2001. Nonlinear Curve Fitting: predation and functional response curves. In: Scheiner SM, Gurevitch J, editors. *Design and Analysis of Ecological Experiments*. New York: Chapman and Hall. pp. 159–182.
- Lawson-Balagbo L.M., Gondim Jr M.G.C., Moraes G.J., Hanna R., Schausberger P. 2007. Refuge use by the coconut mite *Aceria guerreronis*: fine scale distribution and association with other mites under the perianth. *Biol. Control*, 43: 102–110.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.05.010>
- Lawson-Balagbo L.M., Gondim Jr M.G.C., Moraes G.J., Hanna R., Schausberger P. 2008a. Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. *Bull. Entomol. Research*, 98: 83-96.
<https://doi.org/10.1017/S0007485307005421>

- Lawson-Balagbo L.M., Gondim Jr M.G.C., Moraes G.J., Hanna R., Schausberger P. 2008b. Compatibility of *Neoseiulus paspalivorus* and *Proctolaelaps bickleyi*, candidate biocontrol agents of the coconut mite *Aceria guerreronis*: spatial niche use and intraguild predation. *Exp. Appl. Acarol.*, 45: 1-13.
<https://doi.org/10.1007/s10493-008-9156-8>
- Lima D.B., Melo J.W.S., Gondim Jr M.G.C., Moraes G.J. 2012. Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis* Keifer. *Exp. Appl. Acarol.*, 56: 233-246.
<https://doi.org/10.1007/s10493-012-9515-3>
- McMurtry J.A., Moraes G.J., Famah Sourassou N. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Syst. Appl. Acarol.*, 18: 297–320.]
<http://dx.doi.org/10.11158/saa.18.4.1>
- Melo J.W.S., Lima D.B., Staudacher H., Silva F.R., Gondim Jr M.G.C., Sabelis M.W. 2015. Evidence of *Amblyseius largoensis* and *Euseius alatus* as biological control agent of *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.*, 67: 411-421.
<https://doi.org/10.1007/s10493-015-9963-7>
- Mineiro J.L.C, Silva W.R., Silva R.A. 2009. Ácaros em fruteiras e outras plantas no Estado do Amapá. *Biota Neotropica*, 9: 103-106.
<https://doi.org/10.1590/S1676-06032009000200009>
- Navia D., Godim Jr M.G.C., Aratchige N.S., Moraes G.J. 2013. A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. *Exp. Appl. Acarol.*, 59: 67–94.
<https://doi.org/10.1007/s10493-012-9634-x>
- Negloh K., Hanna R., Schausberger P. 2011. The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benim and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. *Exp. Appl. Acarol.*, 55: 361-374.
<https://doi.org/10.1007/s10493-011-9474-0>
- Noronha A.C.S., Mineiro J.L.C., Ferla N.J., Castro T.M.M.G., Silva G.L., Lofego A.C., Azevedo A.O. 2020. Mites associated with *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (Malpighiaceae) in the state of Pará, Brazil. *Entomol. Communications*, 2: ec02026.
<https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec02026>
- Nuvoloni F.M., Lofego A.C., Rezende J.M., Feres R.J.F. 2014. Phytoseiidae mites associated with *Hevea* spp. from the Amazon region: A hidden diversity under the canopy of native trees. *Syst. Biodiv.*, 13: 182-206.
<https://doi.org/10.1080/14772000.2014.985344>
- Reis A.C., Gondim Jr. M.G.C., Moraes G.J., Hanna R., Schausberger P., Barros R. 2008. Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. *Neotrop. Entomol.*, 37: 457-462.
<https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000400015>

- Rezende D., Melo J.W.S., Oliveira J.E.M., Gondim M.G.C. 2016. Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. *Exp. Appl. Acarol.*, 69: 297–310.
<https://doi.org/10.1007/s10493-016-0039-0>
- Rogers D. 1972. Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology*, 41: 369–383.
<https://doi.org/10.2307/3474>
- Sabelis M.W. 1990. How to analyse prey preference when prey density varies? A new method to discriminate between effects of gut fullness and prey type composition. *Oecologia*, 82: 289–298.
<https://doi.org/10.1007/BF00317473>
- SAS Institute. 2018. SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2 MO. Cary, North Carolina, SAS Institute Inc.
- Silva F.R., Moraes G.J., Lesna I., Sato Y., Vasquez C., Hanna R., Sabelis M.W., Janssen A. 2016. Size of predatory mites and refuge entrance determine success of biological control of the coconut mite. *Biol. Control*, 61: 681–689. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9751-2>
- Silva V.F, França G.V., Melo J.W.S., Guedes R.N.C., Gondim Jr. M.G.C. 2017. Targeting hidden pests: acaricides against the coconut mite *Aceria guerreronis*. *Journal of Pest Science*, 90: 207–215.
<https://doi.org/10.1007/s10340-016-0776-1>
- Solomon M.E. 1949. The natural control of animal populations. *The Journal of Animal Ecology*, 18: 1-35.
<https://doi.org/10.2307/1578>
- SYSTAT SOFTWARE. TABLE CURVE 2D (Trial Version 5.01). San Jose, 2014. Available from: <https://systatsoftware.com/products/tablecurve-2d/tablecurve-2d-version-5-01-cumulative-patch/>.
- Teodoro A.V., Oliveira N.N.F.C., Galvão A.S., Sena Filho J.G., Pinto-Zevallos D.M. 2020. Interference of plant fixed oils on predation and reproduction of *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). *Biol. Control*, 143: 104204.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104204>
- Van Leeuwen T., Vontas J., Tsagkarakou A., Dermauw W., Tirry L. 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochem. Molec. Biol.*, 40: 563–572.
<https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2010.05.008>
- Wickramananda I.R., Peiris T.S.G., Fernando M.T., Fernando L.C.P., Edgington S. 2007. Impact of the coconut mite (*Aceria guerreronis* Keifer) on the coconut industry in Sri Lanka. *Cord.*, 23: 1–16.

CAPÍTULO 3 - POTENCIAL DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS NO CONTROLE DO ÁCARO-DA-NECROSE-DO-COQUEIRO

RESUMO

Dentre os diversos problemas fitossanitários limitantes para a produção de coco, destaca-se o ácaro *Aceria guerreronis* Keifer como uma das principais pragas do coqueiro. O controle dessa praga é feito com o uso frequente de produtos químicos. Até o presente, apenas duas espécies de fungos mostraram-se eficazes contra o ácaro-da-necrose-do-coqueiro, são eles: *Hirsutella thompsonii* Fisher e *Hirsutella nodulosa* Petch, porém apresentam complexa metodologia de multiplicação. Existem outros fungos considerados patogênicos a algumas espécies de ácaros e que podem ser avaliados no controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro. Dessa forma, objetivou-se avaliar a eficiência de controle de espécies de fungos entomopatogênicos, nativos da Amazônia, sobre *A. guerreronis*, em campo. O ensaio de campo foi dividido em duas etapas (experimento 1 e experimento 2) o primeiro com cinco tratamentos: (1) Fungo *Purpureocillium lilacinum* (Thom); (2) *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.; (3) *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin; (4) Etofenproxi (0,02%) + óleo de coco (1,5%) + detergente (1%), controle padrão, e (5) Controle absoluto (sem nenhuma aplicação); e o segundo com a seleção dos melhores resultados. Os resultados demonstraram que os fungos *P. lilacinum* e *M. anisopliae* provocaram redução no número de ácaros vivos coletados nos frutos tratados, diferindo do controle padrão da empresa que apresentou elevado número de ácaros. Entretanto, o mesmo efeito benéfico não foi obtido nas plantas tratadas pelo fungo *B. bassiana*. Conclui-se que os fungos *P. lilacinum* e *M. anisopliae* mostraram-se eficientes na redução de *A. guerreronis*, vindo a contribuir no manejo integrado dessa praga na cultura do coqueiro.

Palavras-chave: *Aceria guerreronis*, *Beauveria bassiana*, *Purpureocillium lilacinum*, *Metarhizium anisopliae*, controle microbiano.

ABSTRACT

Among the various limiting phytosanitary problems for coconut production, the mite *Aceria guerreronis* Keifer stands out as one of the main pests of the coconut tree. The control of this

pest is done with the frequent use of chemicals. So far, only two species of fungi have proved to be effective against the coconut mite, they are: *Hirsutella thompsonii* Fisher and *Hirsutella nodulosa* Petch, but they present a complex multiplication methodology. There are other fungi considered pathogenic to some species of mites and that can be evaluated in the control of the coconut necrosis mite. Thus, the objective was to evaluate the efficiency of control of species of entomopathogenic fungi, native to the Amazon, on *A. guerreronis*, in the field. The field trial was divided into two stages (experiment 1 and experiment 2) the first with five treatments: (1) Fungus *Purpureocillium lilacinum* (Thom); (2) *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.; (3) *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin; (4) Etofenproxo (0.02%) + coconut oil (1.5%) + detergent (1%), standard control, and (5) Absolute control (no application); and the second with the selection of the best results. The results demonstrated that the fungi *P. lilacinum* and *M. anisopliae* caused a reduction in the number of live mites collected in the treated fruits, differing from the company's standard control, which showed a high number of mites. However, the same beneficial effect was not obtained in plants treated with the fungus *B. bassiana*. It is concluded that the fungi *P. lilacinum* and *M. anisopliae* proved to be efficient in reducing *A. guerreronis*, contributing to the integrated management of this pest in coconut cultivation.

Keywords: *Aceria guerreronis*, *Beauveria bassiana*, *Purpureocillium lilacinum*, *Metarhizium anisopliae*, microbial control.

Introdução

Dentre os diversos problemas que limitam a produção de coco, as pragas constituem os principais, dentre estas estão os ácaros fitófagos *Aceria guerreronis* Keifer e *Amrineus cocofolius* Flechtmann (Eriophyidae); *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae); *Retracrus johnstoni* Keifer (Phytoptidae); *Steneotarsonemus furcatus* DeLeon e *Steneotarsonemus concavuscutum* Lofego & Gondim Jr. (Tarsonemidae); *Tetranychus mexicanus* (McGregor) (Tetranychidae) (FERREIRA et al., 1998; NAVIA et al., 2005; LOFEGO; GONDIM Jr., 2006; MORAES; FLECHTMANN, 2008; NAVIA et al., 2011; 2013). Uma das mais importantes pragas é o ácaro-da-necrose-do-coqueiro, *A. guerreronis*, encontrado nas principais áreas de produção de coco (NAVIA et al., 2005; MOREIRA, 2008).

O dano causado pelo ácaro-da-necrose-do-coqueiro aos frutos se caracteriza inicialmente por mancha branco-amarelada com formato triangular na superfície do fruto abaixo das brácteas, que posteriormente se expandem em fendas longitudinais tornando-se necróticas (HAQ et al., 2002; GALVÃO et al., 2008). Esses danos provocam perdas significativas, podendo chegar a 60% da produção com a redução do albúmen líquido, albúmen sólido, massa e tamanho dos frutos e até redução no número dos frutos (MOORE et al., 1989; SEGUNI, 2000; HAQ et al., 2002; PAUL; MATHEW, 2002; WICKRAMANANDA et al., 2007).

Apesar do reduzido número de produtos registrados para o controle de *A. guerreronis* (AGROFIT, 2022), o sucesso no manejo, deve-se tradicionalmente, ao uso de acaricidas químicos, especialmente quando são feitas aplicações repetidas vezes, em curtos intervalos de tempo, o que eleva os custos de controle da praga, tornando-se inviável para os pequenos produtores e prática altamente danosa ao meio ambiente (MELO et al., 2012; NAVIA et al., 2013). A utilização de pesticidas de amplo espectro pode causar além dos problemas ambientais e à saúde humana, surtos de pragas primárias e secundárias, seleção de populações resistentes e mortalidade de inimigos naturais de pragas (GALLO et al., 2002; GEIGER et al., 2011).

Em contrapartida, existem alternativas de controle que podem ser utilizadas, como o controle biológico que é um processo natural em que inimigos naturais (predadores, parasitas e patógenos microbianos) agem na regulação de populações das espécies consideradas como pragas (ZIMMERMANN, 2008). Os agentes biológicos conhecidos como fungos entomopatogênicos desempenham papel importante no controle de insetos e ácaros, pois podem infectar amplo número de espécies e manter a população de pragas em equilíbrio através de epizootias no campo (INGLIS et al., 2001; KUMAR; SINGH, 2008; CONCESCHI et al., 2016; REINBACHER et al., 2018; CANASSA et al., 2019).

Até o presente, apenas duas espécies de fungos mostraram-se eficazes contra o ácaro-da-necrose-do-coqueiro: *Hirsutella thompsonii* Fisher e *Hirsutella nodulosa* Petch, (CABRERA, 2002; KUMAR; SINGH 2008; KUMAR, 2010). Resultados promissores com o uso desses fungos foram obtidos na Índia e no Sri Lanka, sendo adequados para serem usados conjuntamente com outros agentes de controle biológico, pois não apresentaram efeito prejudicial ao predador *Neoseiulus baraki* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae), porém

apresentaram complexa metodologia de multiplicação (KUMAR; SINGH, 2000; GOPAL; GUPTA, 2001; FERNANDO et al., 2007; EDGINGTON et al., 2008).

Devido à dificuldade de produção de *H. thompsonii* em laboratório, torna-se necessário o estudo de outros fungos conhecidos por apresentarem patogenicidade às demais espécies de ácaros, como os fungos dos gêneros *Beauveria*, *Metarhizium* e *Purpureocillium*, já que não há estudos sobre a potencialidade desses fungos em *A. guerreronis*, além de serem comumente encontrados em solo amazônico, favorecendo o uso de fungos nativos no controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro (MORA et al., 2017; REINBACHER et al., 2018; CANASSA et al., 2019). Dessa forma, objetivou-se avaliar a eficiência dos fungos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin e *Purpureocillium lilacinum* (Thom) nativos da Amazônia, sobre o ácaro-da-necrose-do-coqueiro.

Material e Métodos

Produção de fungos entomopatogênicos

Foram utilizados os isolados dos fungos *B. bassiana* (UFRA_Bb05), *M. anisopliae* (UFRA_Ma62) e *P. lilacinum* (UFRA01) provenientes da micoteca do Laboratório de Proteção de Plantas da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), cepas nativas da Amazônia brasileira.

Para o preparo das suspensões (esporos + água destilada esterilizada) os fungos foram repicados em placas de Petri esterilizadas contendo meio de cultura BDA (Batata Dextrose e Agar) mais o antibiótico Streptomomicina (para inibir contaminação bacteriana). Após a inoculação, as placas foram mantidas em câmara climatizada do tipo BOD para o crescimento e esporulação dos patógenos. As placas de Petri contendo os patógenos foram raspadas com auxílio de espátula metálica esterilizada mais água estéril para o preparo das suspensões. A suspensão foi aplicada em arroz (previamente autoclavado), e em seguida homogeneizado em caixas do tipo organizadora (2kg de arroz em cada). Todo o processo foi conduzido em câmara de fluxo laminar. As caixas com cada espécie de fungo foram mantidas separadamente em salas de crescimento climatizadas (24°C) para a produção dos mesmos durante uma a duas semanas, sendo agitados diariamente para garantir esporulação homogênea em volta dos grãos. Após o desenvolvimento dos fungos, o material foi pesado, embalado e armazenado em freezer (-4°C) (FERREIRA, 2004; ALVES; FARIAS, 2010). Os

fungos *B. bassiana*, *M. anisopliae* foram testados previamente em laboratório em diferentes hospedeiros, comprovando elevada patogenicidade (AMARAL, 2016).

Ensaio de campo

Foram realizados dois ensaios de campo na Fazenda SOCOCO S. A. Agroindústria da Amazônia (2° 06' S, 48° 40' W), Moju-PA, em coqueiros de 10 anos de idade, em área que não estava recebendo tratamento químico a cerca de cinco anos. O delineamento foi em três blocos ao acaso.

O primeiro ensaio foi realizado nos meses de julho e agosto de 2020 em arranjo fatorial 5x3 (tratamentos x número de aplicações), composto pelos tratamentos: (1) Fungo *P. lilacinum*; (2) *B. bassiana*; (3) *M. anisopliae*; (4) Controle padrão da empresa – Etofenproxi (0,02%) + óleo de coco (1,5%) + detergente (1%); e (5) Controle absoluto (plantas sem aplicação). Em cada bloco foram selecionadas nove plantas por tratamento e três por tempo de aplicação (aplicação em nove plantas na primeira semana – A1, aplicação em seis plantas na segunda semana – A2 e aplicação em três plantas na terceira semana/bloco – A3). Totalizando 27 plantas por tratamento e nove plantas por tempo de aplicação (Figura 1). O segundo experimento realizado em março de 2021, recebeu apenas uma aplicação dos seguintes tratamentos: (1) Fungo *P. lilacinum*; (2) Controle padrão da empresa - Etofenproxi (0,02%) + óleo de coco (1,5%) + detergente (1%); e (3) Controle absoluto (plantas sem aplicação). Em cada bloco foram selecionadas três plantas por tratamento (totalizando nove plantas, as mesmas do primeiro experimento).

BLOCO 1										BLOCO 2										BLOCO 3																			
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	T1 A1	T1 A1	T1 A1	B	T1 A2	T1 A2	T1 A2	B	T1 A3	T1 A3	T1 A3	B	T5 A1	T5 A1	T6 A1	B	T5 A3	T5 A3	T5 A3	B	T5 A2	T5 A2	T5 A2	B	T5 A1	T5 A1	T5 A1	B	T5 A3	T5 A3		T5 A3	B	T5 A2	T5 A2	T5 A2	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
B	B	T2 A1	T2 A1	T2 A1	B	T2 A3	T2 A3	T2 A3	B	T2 A2	T2 A2	T2 A2	B	T3 A3	T3 A3	T3 A3	B	T3 A1	T3 A1	T3 A1	B	T3 A2	T3 A2	T3 A2	B	T4 A2	T4 A2	T4 A2	B	T4 A3	T4 A3		T4 A3	B	T4 A1	T4 A1	T4 A1	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
B	B	T4 A2	T4 A2	T4 A2	B	T4 A3	T4 A3	T4 A3	B	T4 A1	T4 A1	T4 A1	B	T4 A2	T4 A2	T4 A2	B	T4 A1	T4 A1	T4 A1	B	T3 A2	T3 A2	T3 A2	B	T3 A2	T3 A2	T3 A2	B	T3 A3	T3 A3		T3 A3	B	T3 A1	T3 A1	T3 A1	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
B	B	T5 A1	T5 A1	T5 A1	B	T5 A3	T5 A3	T5 A3	B	T5 A2	T6 A2	T6 A2	B	T2 A1	T2 A1	T2 A1	B	T2 A2	T2 A2	T2 A2	B	T2 A3	T2 A3	T2 A3	B	T2 A1	T2 A1	T2 A1	B	T2 A3	T2 A3		T2 A3	B	T2 A2	T2 A2	T2 A2	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
B	B	T3 A3	T3 A3	T3 A3	B	T3 A2	T3 A2	T3 A2	B	T3 A1	T3 A1	T3 A1	B	T1 A3	T1 A3	T1 A3	B	T1 A2	T1 A2	T1 A2	B	T1 A1	T1 A1	T1 A1	B	T1 A2	T1 A2	T1 A2	B	T1 A1	T1 A1		T1 A1	B	T1 A3	T1 A3	T1 A3	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	

Figura 1. Croqui da área experimental de ensaios de campo para o controle de *Aceria guerreronis* com o uso de fungos entomopatogênicos. Município de Moju- PA, Amazonia Oriental, Brasil.
 Legenda: T - Tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5); A - Tempo de aplicações (A1 - uma aplicação; A2 - duas aplicações; A3 - três aplicações); B - Bordadura.

Preparo das suspensões

No laboratório de fitossanidade da Fazenda SOCOCO S. A. Agroindústria da Amazônia, as suspensões fúngicas para cada tratamento foram preparadas com a mistura do arroz colonizado e adição de água, sendo ajustadas para a concentração de 10^8 conídios/ml (ALVES; FARIAS, 2010; GANDARILLA-PACHECO et al., 2013; GRAFF et al., 2017; CANASSA et al., 2019).

A aplicação dos tratamentos foi feita pela manhã, em plantas com os cachos atacados, com auxílio de pulverizador costal e de uma torre de aplicação acoplada sobre trator (Figura 2). Cada planta recebeu aproximadamente 2 litros da suspensão direcionada aos cachos atacados até o ponto de escoamento. As avaliações ocorreram após uma semana da aplicação, onde foi feita a colheita do cacho 4 (cerca de quatro meses após a fertilização da inflorescência) de todas as plantas tratadas. A escolha do cacho 4, foi devido a estudos que sugeriram que as maiores densidades populacionais foram encontradas em frutos variando de três a sete meses após a fertilização e que o declínio populacional é comumente observado em frutos acima de quatro meses (NAVIA et al., 2013; SILVA et al., 2016a), o que foi observado, também nesta pesquisa, por isso, a justificativa da escolha. O cacho colhido de cada tratamento foi embalado em saco plástico para o transporte até ao laboratório.



Figura 2. Torre de aplicação acoplada sobre trator (A) para aplicação de tratamentos em cachos de plantas de coqueiro (B) atacados por *Aceria guerreronis*, no município do Moju-PA, Amazonia Oriental, Brasil.

Triagem do material em laboratório

No laboratório as amostras foram armazenadas em geladeira até as avaliações (máximo de cinco dias após a coleta). Cinco frutos de cada cacho foram sorteados. As brácteas dos frutos foram removidas e uma superfície com a presença da necrose foi marcada com auxílio de um vazador metálico (0,5 cm de diâmetro) para a quantificação dos ácaros, conforme descrito por Silva et al. (2016b) (Figura 3).

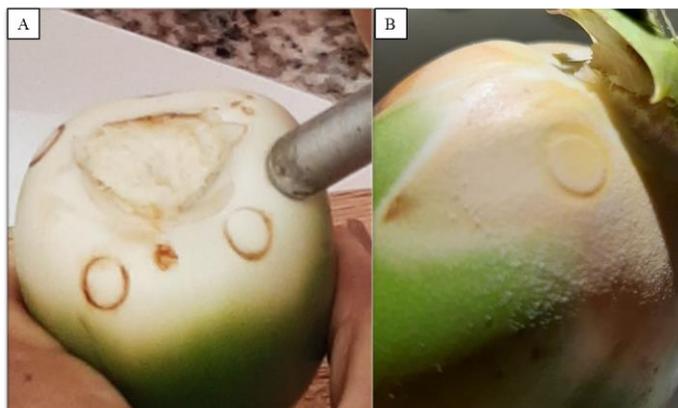


Figura 3. Contagem de *A. guerreronis* no perianto dos frutos atacados, após delimitação do círculo com auxílio de vazador metálico (0,5 cm de diâmetro) (A), em uma área necrosada (B).

Para comprovação de mortalidade causada pelos fungos, espécimes (no máximo 10 vivos e 10 mortos) de *A. guerreronis* dos frutos foram montados em lâminas em meio azul (corante Azul de Algodão) e depositados em placas de Petri em meio de BDA, com o objetivo de visualizar os esporos e confirmar a mortalidade, respectivamente.

Análises

Os dados foram avaliados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade (Levene), e aqueles com distribuição normal foram submetidos à análise de variância (ANOVA) acompanhada pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), escolhido por ser um teste mais rigoroso para as análises de ensaios de campo. As análises foram realizadas no software AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JUNIOR, 2010).

Foi realizada a análise de custos da aplicação dos produtos utilizados para controlar *A. guerreronis* com o controle padrão realizado pela empresa e com os fungos entomopatogênicos. Os dados foram fornecidos pela empresa SOCOCO S.A. Agroindústria da Amazônia e pela Universidade Federal Rural da Amazônia.

Resultados

No primeiro ensaio, os frutos tratados por *P. lilacinum* e *M. anisopliae* apresentaram menor número de ácaros vivos, diferindo do tratamento padrão e do controle absoluto. Entretanto, somente no tratamento à base do fungo *B. Bassiana*, o resultado não diferiu do controle padrão e do absoluto (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Análise de variância do número de ácaros vivos, coletados em frutos de coqueiro, submetidos a tratamentos para o controle de *Aceria guerreronis*.

Causas de Variação	Vivos
Produto	10,06**
Aplicação	1,99 ^{ns}
Produto x aplicação	2,40 ^{ns}
Adic. vs. Fatorial	0,02 ^{ns}
Blocos	7,92**
Média	317,8
CV(%)	34,1

ns: não significativo; * e **: significativo ao nível de 0,05 e 0,01, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 2. Número médio (\pm DP) de *Aceria guerreronis* em frutos de coqueiro, após aplicação de fungos entomopatogênicos.

Tratamento	Nº Vivos (\pm DP)*
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	149,7 \pm 116,4 b
<i>Metarhizium anisopliae</i>	209,5 \pm 201,3 b
<i>Beauveria bassiana</i>	464,0 \pm 227,4 a
Produto químico + óleo de coco + detergente	361,2 \pm 188,6 a
Controle absoluto (sem tratamento)	316,8 \pm 182,0 a
CV (%)	34,1

*Desvio Padrão (DP). Médias seguidas pela mesma letra não diferiram estatisticamente (Teste de Tukey, $p < 0,05$).

Para validação dos resultados do primeiro ensaio, foi realizado novo ensaio apenas com o fungo *P. lilacinum*, pois foi o que causou maior redução no número de ácaros nos frutos avaliados. Neste ensaio, somente uma aplicação foi feita, já que não houve diferença estatística entre o número de aplicações no primeiro experimento (Tabela 1). Os resultados demonstraram que a quantidade de ácaros vivos encontrados permaneceu significativamente menor nas plantas tratadas por *P. lilacinum* e *M. anisopliae*, diferindo dos demais tratamentos (Tabela 3 e 4).

Tabela 3. Análise de variância do número de ácaros vivos, coletados em frutos de coqueiro, após aplicação de fungos entomopatogênicos.

Causas de variação	Vivos
Tratamento	10,180*
Blocos	0.3209 ^{ns}
Média	495.4
CV (%)	4,2

ns: não significativo; * e **: significativo ao nível de 0,05 e 0,01, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 4. Número médio (\pm DP) de *Aceria guerreronis* em frutos de coqueiro, após aplicação de fungo entomopatogênico.

Tratamento	Nº Vivos (\pm DP)*
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	265,2 \pm 8,2 b
Produto químico + óleo de coco + detergente	549,4 \pm 88,2 a
Controle absoluto (sem tratamento)	671,5 \pm 227,8 a
CV (%)	4,2

*Desvio Padrão (DP). Médias seguidas pela mesma letra não diferiram estatisticamente (Teste de Tukey, $p < 0,05$).

Quanto ao número de ácaros mortos no perianto dos frutos, foram contabilizados 463 e 372 espécimes (ensaios 1 e 2, respectivamente), valores relativamente baixos se comparados com o número de ácaros vivos, o que dificultou a avaliação e análise de mortalidade mais detalhada entre os tratamentos. No tratamento com *P. lilacinum*, foi possível observar esporos do fungo sobre o ácaro, através de lâminas microscópicas (Figura 4), entretanto, quando inseridos em meio de cultura, não houve colonização.

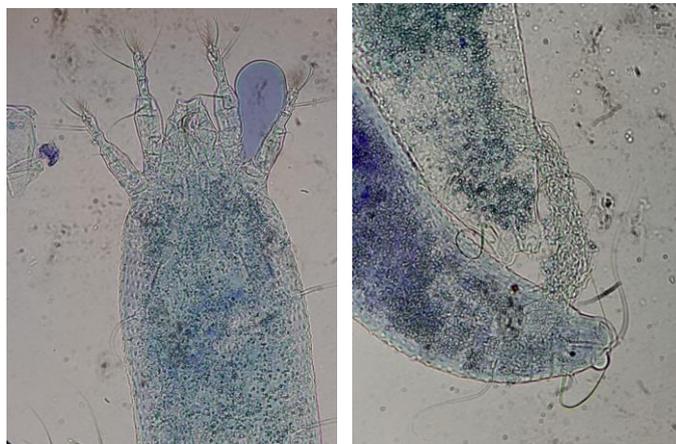


Figura 4 – Ácaro *Aceria guerreronis* presente em frutos de coqueiro com esporos de *Purpureocillium lilacinum*, após aplicação da suspensão do fungo em campo,.

As aplicações do primeiro ensaio ocorreram entre os meses de julho a agosto de 2020, período considerado como verão amazônico, marcado por apresentar uma das menores médias de precipitação do ano de 2020 (Figura 5A). O segundo ensaio realizado em março de 2021, inverno amazônico, foi marcado pela alta pluviosidade, porém a umidade relativa se manteve em 70% e temperaturas em média de 28°C (Figura 5B).

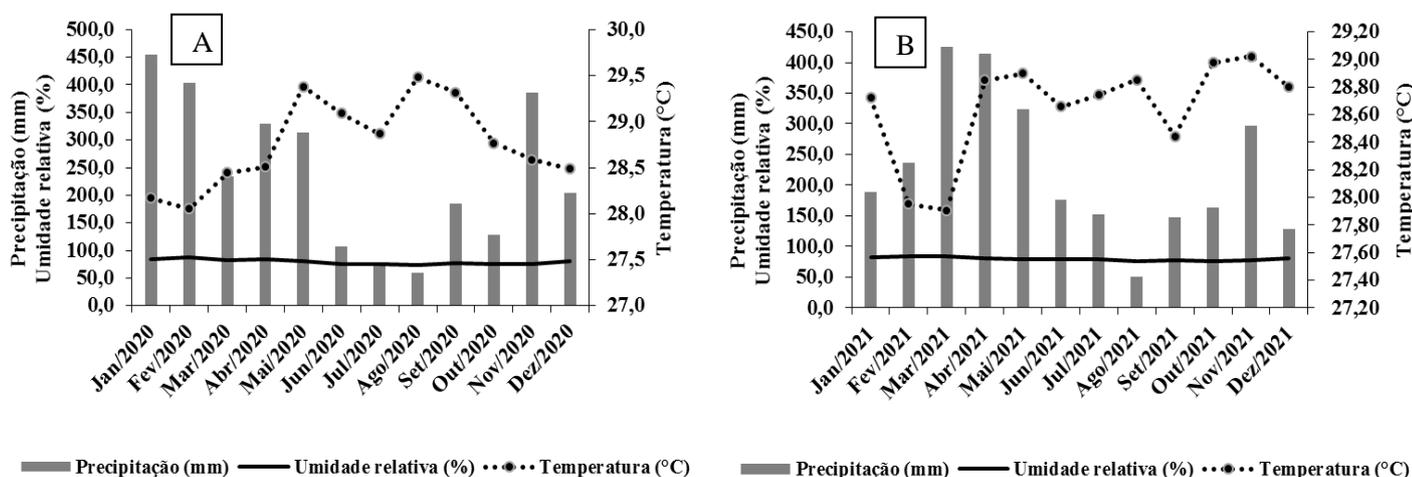


Figura 5 – Condições climáticas do período de aplicação dos fungos entomopatogênicos, no primeiro ensaio de julho a agosto de 2020 (A), e no segundo ensaio em março de 2021 (B), no município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

*Dados da estação metereológica da empresa SOCOCO S.A. Agroindústria da Amazônia

O controle padrão utilizado pela empresa (mistura de produtos) foi selecionado como tratamento nos ensaios de campo, visto que o controle químico realizado (Etofenproxi) é feito com o objetivo de controlar o inseto-praga *Eupalamides dedalus* Cramer (Lepidoptera: Castniidae), porém visando a economicidade dos custos, a aplicação é realizada simultaneamente com o controle para o ácaro-da-necrose-do-coqueiro (óleo vegetal + detergente). O que favoreceu uma análise econômica com o intuito de avaliar os custos da empresa quando utilizasse o controle padrão e/ou quando aplicasse fungos entomopatogênicos. Foi observado que ocorreu redução de R\$ 81,26/ha ao retirar o óleo vegetal e inserir os fungos para o controle de *A. guerreronis* (Tabela 5).

Tabela 5. Custos de aplicação do produto químico, óleo vegetal e fungo entomopatogênico para controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro em plantio comercial de coco no município de Moju-PA.

Descrição		Custos*
Produtos	Quantidade	Custo/hectare
Óleo Vegetal	18 L/ha	R\$ 125,10
Prod. Químico	0,24	28,70
Detergente neutro	12 L/ha	R\$ 20,16
<i>P. lilacinum/M.anisopliae</i>	800g/ha	R\$ 64,00
Máquinas		Custo/hectare
Trator New Holand TL75		R\$ 26,56
Mão de obra		Custo/hectare
Operador		R\$ 8,95
Aplicador 1		R\$ 7,54
Aplicador 2		R\$ 7,54
Custo de mão de obra	-	24,02
Custo total/ha Químico + óleo vegetal		R\$ 224,54
Custo total/ha – Químico + Fungo		R\$ 143,28
Diferença/ha		R\$ 81,26

Dados da empresa SOCOCO S.A. Agroindústria da Amazônia, 2023.

Discussão

Os fungos *P. lilacinum* e *M. anisopliae* destacaram-se na redução do número de ácaros nos frutos, conforme observado nas tabelas 2 e 4, respectivamente, dos ensaios 1 e 2. Notou-se que no tratamento à base de *P. lilacinum*, o número de ácaros encontrado foi sempre menor, mais de 50% em relação aos outros tratamentos utilizados. O fungo *P. lilacinum* é conhecido por ser nematófago, pode ser comumente encontrado na maioria dos solos agrícolas, em vegetação em decomposição, e em nematóides (SAMSON, 1974; BORISOV, 1998; NEETHLING, 2002; MEDRANO-LÓPES et al., 2015). Além disso, pode ser patogênico a algumas espécies de insetos como *Aleurocanthus woglumi* Ashby, *Aphis gossypii* Glover, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, *Thrips palmi* Karny, *Tribolium confusum* Duval, *Triatoma infestans* (Klug); e também a ácaros como *Tetranychus urticae* Koch e *Rhipicephalus microplus* (Canestrini) (MARTI et al., 2006; FIEDLER;

SOSNOWSKA, 2007; WAKIL et al., 2012; ANGELO et al., 2012; HOTAKA et al., 2015; BARRA et al., 2015; MUSTU et al., 2016).

Testes feitos em laboratório no Centro de Biodiversidade de Fungos na Holanda, demonstraram a atividade patogênica de *P. lilacinum* sobre o ácaro *T. urticae* (praga em diversas culturas de importância econômica), confirmando mortalidade de até 85% seis dias após a inoculação do fungo, em condições de laboratório (MUSTO et al. 2016). Fiedler e Sosnowska (2007) também estudaram a ação de *P. lilacinum* sobre o ácaro *T. urticae* e confirmaram mortalidade de 60% em testes realizados em casa de vegetação, e 78% de mortalidade em condições de laboratório, ambos sete dias após inoculação do fungo. Vale ressaltar, que os testes foram realizados em laboratório e com uma espécie de ácaro relativamente fácil de criar, por isso verifica-se a mortalidade. Diferentemente do que acontece com *A. guerreronis*, pois não sobrevivem mais de um dia fora do perianto do coco, além do seu tamanho muito reduzido e a grande quantidade de indivíduos encontrada em um único fruto, inviabilizando confirmação de mortalidade e testes em laboratório.

Ressalta-se que no campo, as condições não são controladas, então, para o fungo destacar-se como redutor da população do ácaro, é necessário que haja colonização na praga e ou produção de metabólitos tóxicos que causem mortalidade, repelência ou tenha ação desalojante. Segundo Pedrini (2018), é comum na ação dos fungos entomopatogênicos que ocorra a mortalidade em decorrência do crescimento de hifas, o que não foi observado nos frutos coletados após a aplicação dos tratamentos; a outra é a liberação de compostos tóxicos secretados pelo fungo, estes conhecidos como metabólitos secundários, que causam debilidades no organismo do hospedeiro. Poucos exemplares do ácaro foram observados mortos e com a presença de esporos, o que provavelmente pode ser explicado devido a ação enzimática e desalojante que os fungos *P. lilacinum* e *M. anisopliae* apresentam, pois ocorreu a redução populacional dos ácaros nesses tratamentos. Nos artrópodes as quitinases também podem degradar a cutícula, já que a quitina é um dos principais constituintes (BOKHARI, 2009). Logo, as quitinases desempenham papel fundamental na degradação da cutícula por fungos filamentosos (PEDRINI et al., 2007), como é o caso dos entomopatogênicos.

O fungo *M. anisopliae* é um importante agente de controle biológico, podendo até ser encontrado em formulações para o manejo de insetos-praga (FARIA; WRAIGHT, 2001). Entretanto, em campo a infecção em ácaros é pouco frequente (CHANDLER et al., 2000; MIEZTKIEWSKI et al., 2000; TANZINI et al., 2000). Neste estudo, o comportamento desse fungo foi atípico para o controle de *A. guerreronis*, pois parece ter ação muito parecida com o

fungo *P. lilacinum*. A virulência de *M. anisopliae* sobre o ácaro *T. urticae* foi avaliada por Shin et al. (2017), resultando em 69% de mortalidade dos ácaros em testes realizados em laboratório. Em outro estudo realizado para avaliar a ação de *M. anisopliae* sobre o ácaro parasita *Varroa destructor* Anderson & Trueman, foi possível constatar através de dois ensaios comportamentais com e sem escolha, que o fungo tem ação repelente sobre os ácaros (REINBACHER et al., 2018).

Nesse estudo a ação dos fungos testados foi avaliada através da quantificação do número estimado de ácaros vivos, confirmando redução no número de *A. guerreronis* vivos nos frutos tratados com *P. lilacinum* e *M. anisopliae*, do mesmo modo em que foi feito em pesquisa realizada em plantios de coco no Sri Lanka por Fernando et al. (2007). Diferentes isolados do fungo *H. thompsoni* sobre *A. guerreronis* foram testados e duas semanas após a segunda aplicação houve redução significativa de ácaros vivos nos frutos, com menor quantidade de frutos com mais de 100 ácaros vivos em relação ao controle absoluto. Com destaque para o isolado IMI 391722 que foi o melhor dos quatro isolados na redução populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro, já que diferentes isolados do mesmo fungo variam de acordo com suas características biológicas e ecológicas (FERNANDO et al., 2007).

A respeito da confirmação de mortalidade, o primeiro experimento foi realizado no período do verão amazônico, apresentando os menores índices pluviométricos (71 e 59,4 mm em julho e agosto, respectivamente) e menor umidade relativa do ar (76 e 74% em julho e agosto, respectivamente). Depreende-se, que tal condição pode ter influenciado diretamente na colonização dos fungos sobre os ácaros, ratificando a pesquisa de Ausique et al. (2017), que constataram menor esporulação dos fungos (mortalidade confirmada) durante o período seco do ano, e maior esporulação no período chuvoso, com maior umidade relativa do ar, pois o processo de colonização e reprodução dos fungos é afetado pelas condições ambientais. Dessa forma, o segundo experimento foi realizado no período do inverno amazônico em março de 2021, porém, não foi possível confirmar mortalidade dos ácaros e colonização dos fungos, possivelmente devido a redução dos esporos com a lavagem dos frutos. Entretanto, mesmo sem dados de confirmação e colonização, os resultados são favoráveis, tendo em vista a diminuição do número de ácaros com a aplicação de *P. lilacinum* e *M. anisopliae*.

Ressalta-se que a eficiência dos fungos entomopatogênicos, em campo, é afetada por vários fatores bióticos (elevada virulência, capacidade de reprodução e sobrevivência no ambiente, entre outros), quanto abióticos como a temperatura, umidade relativa do ar e radiação ultravioleta (ALVES et al., 1998), saturação de água, fatores fungistáticos (SHAAT,

1990). A capacidade de esporulação do fungo varia de acordo com a espécie de fungo e o tamanho da espécie-praga (STEINKRAUS, 2006; HESKETH et al., 2010). O ácaro-da-necrose-do-coqueiro possui tamanho muito reduzido e isso pode ter influenciado na esporulação dos fungos avaliados, dificultando o processo de colonização. A produção de conídios nos hospedeiros é importante, pois estes servirão como fonte de inóculo de transmissão para outras pragas e disseminação no ambiente (HESKETH et al., 2010)

Os resultados desse estudo sugerem que os fungos *P. lilacinum* (isolado UFRA01) e *M. anisopliae* (isolado UFRA_Ma62) como agentes de biocontrole podem exercer efeito na redução no número de *A. guerreronis* em frutos de coqueiro. Entretanto, ainda são necessários ensaios mais aprofundados de campo, bem como estudos sobre a melhor concentração do fungo, dose ideal, qualidade da produção, tecnologias de aplicação e persistência dos esporos em campo, o que está diretamente relacionado ao acompanhamento das condições climáticas.

Conclusões

- Os fungos *P. lilacinum* e *M. anisopliae* mostraram-se eficientes na redução do número de *A. guerreronis* em frutos de coqueiro *Cocos nucifera* L. com destaque para *P. lilacinum* que reduziu mais de 50% do nível populacional encontrado.
- Não foi possível confirmar a esporulação causada pelos fungos *P. lilacinum* e *M. anisopliae* sobre *Aceria guerreronis*, devido provavelmente, a ação de enzimas com ação desalojante que os fungos apresentam, bem como a influência das condições climáticas desfavoráveis aos fungos, nos meses em que os ensaios foram implantados, sendo necessário que estudos futuros que sejam conduzidos.

Referências

AGROFIT. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 14 maio 2022.

ALVES, R.T.; FARIAS, M. **Pequeno Manual sobre Fungos Entomopatogênicos**. ISSN 1517 – 511. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa – Cerrado), 2010, 50p. (Documentos, 286). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77782/1/doc-286.pdf>

ALVES, S.B.; MOINO JR., A.; ALMEIDA, J.E.M. **Produtos fitossanitários e entomopatogênicos**. In: ALVES, S.B. (Ed.). Controle microbiano de insetos. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 217-238.

- AMARAL, A. P. M.. **Lagartas desfolhadoras de Palma de Óleo, Biomorfometria e Biocontrole com Fungos Entomopatogênicos..** 2020. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2020.
- ANGELO, I.C.; FERNANDES, E.K.K.; BAHIENSE, T.C.; PERINOTTO, W.M.S.; GOLO, S.P.; MORAES, A.P.R.; BITTENCOURT, V.R.E.P. Virulence of *Isaria* sp. and *Purpureocillium lilacinum* to *Rhipicephalus microplus* tick under laboratory conditions. **Parasitology Research**, 111: 1473-1480, 2012.
- AUSIQUE, J.J.S.; D’ALESSANDRO, C.P.; CONCESCHI, M.R.; MASCARIN, G.M; DELALIBERA JR, I. Efficacy of entomopathogenic fungi against adult *Diaphorina citri* from laboratory to field applications. **Journal of Pest Science**, 90: 947–960, 2017.
- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Versão 1.1. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.
- BARRA, P.; ETCHEVERRY, M.; NESCI, A. Improvement of the insecticidal capacity of two *Purpureocillium lilacinum* Strains against *Tribolium confusum*. **Insects**, 6: 206-223, 2015.
- BOKHARI, F. Efficacy of some *Trichoderma* species in the control of *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne javanica*. **Arch Phytopathol Plant Prot.**; 42(4): 361-9, 2009.
- BORISOV, B.A. Semi-industrial cultivation of the nematoparasitic fungus *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson (Deuteromycotina, Hyphomycetes) and its application against root-knot nematodes in greenhouses. **Russian Journal Nematology**, 6: 59–60, 1998.
- CABRERA, R.I. **Biological control of the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) with the fungus *Hirsutella thompsonii* and its possible integration with other control methods.** In: FERNANDO, L.C.P.; MORAES, G.J.; WICKRAMANADA, I.R. (Eds.) International workshop on coconut mite (*Aceria guerreronis*). Proceedings. Coconut Research Institute, Lunuwila, pp. 89–103, 2002.
- CANASSA, F.; TALL, S.; MORAL, R.A.; DE LAURA, I.A.R.; DELALIBERA JR., I.; MEYLING, N.V. Effects of bean seed treatment by the entomopathogenic fungi *Metarhizium robertsii* and *Beauveria bassiana* on plant growth, spider mite populations and behavior of predatory mites. **Biological Control**, 132: 199-208, 2019.
- CHANDLER, D.; DAVIDSON, G.; PELL, J.K.; BALL, B.V.; SHAW, K.; UNDERLAND, K.D. Fungal biocontrol of Acari. **Biocontrol Sci. Technol.**, 10: 357–384, 2000.
- CONCESCHI, M.R., D’ALESSANDRO, C.P., MORAL, R.; DEMÉTRIO, C.G.B.; DELALIBERA JÚNIOR, I. Transmission potential of the entomopathogenic fungi *Isaria fumosorosea* and *Beauveria bassiana* from sporulated cadavers of *Diaphorina citri* and *Toxoptera citricida* to uninfected *D. citri* adults. **Biological Control**, 61: 567–577, 2016.

- EDGINGTON, S.; FERNANDO, L.C.P.; JONES, K. Natural incidence and environmental profiling of the mitepathogenic fungus *Hirsutella thompsonii* Fisher for control of coconut mite in Sri Lanka. **International Journal of Pest Management**, 54:123–127, 2008.
- FARIA, M.; WRAIGHT, S.P. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. **Crop Protection**, 20: 767–778, 2001.
- FERNANDO, L.C.P.; MANOJ, P.; HAPUARACHCHI, D.C.L.; EDGINGTON, S. Evaluation of four isolates of *Hirsutella.thompsonii* against coconut mite (*Aceria guerreronis*) in Sri Lanka. **Crop Protection**, 26:1062–1066, 2007.
- FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. A cultura do coqueiro no Brasil. Aracaju: Embrapa-SPI, 292 p., 1998.
- FERREIRA, J. M. S. **Protocolo para produção massal de fungos entomopatogênicos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. 26p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 03).
- FIEDLER, Z.; SOSNOWSKA, D. Nematophagous fungus *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson is also a biological agent for control of greenhouse insects and mite pests. **BioControl**, Dordrecht, 52(4): 547-558, 2007.
- GALLO, D., NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Manual de Entomologia Agrícola**, Fealq, 920p., 2002.
- GALVÃO, A.S.; GONDIM JR., M.G.C.; MICHEREFF, E.S.J. Escala diagramática de dano de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em Coqueiro. **Neotropical Entomology**, 6: 723-728, 2008.
- GANDARILLA-PACHECO, F.L.; LÓPEZ-ARROYO, J.I.; GALÁN-WONG, L.J.; QUINTERO-ZAPATA, I. Patogenicidad de hongos entomopatógenos nativos de la zona citrícola de México sobre ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). **Southwestern Entomologist**, Weslaco, 38(2): 325–337, 2013.
- GEIGER, F.; BENGTSSON, J.; BERENDSE, F.; WEISSER, W.W.; EMMERSON, M.; MORALES, M.B.; CERYNGIER, P.; LIIRA, J.; TSCHARNTKE, T.; WINQVIST, C.; EGGERS, S.; BOMMARCO, R.; PAERT, T.; BRETAGNOLLE, V.; PLANTEGENEST, M.; CLEMENT, L.W.; DENNIS, C.; PALMER, C.; OÑATE, J.J.; GUERRERO, I.; HAWRO, V.; AAVIK, T.; THIES, C.; FLOHRE, A.; HAENKE, S.; FISCHER, C.; GOEDHART, P.W.; INCHAUSTI, P.W. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. **Basic and Applied Ecology**, 11:97-105, 2011.
- GOPAL, M.; GUPTA, A. Has *Hirsutella thompsonii* the wherewithal to counter coconut eriophyid mite scourge? **Current Science**, 80:831–836, 2001.

- GRAFF, A.A.; JOHANN, L.; SOUZA, C.F.V.; FERLA, N.J. Patogenicidade de *Isaria fumosorosea* sobre o ácaro vermelho europeu em laboratório. **Biotemas**, 30: 73-78, 2017.
- HAQ, M.A.; SUMANGALA, K.; RAMANI, N. Coconut mite invasion, injury and distribution. p. 41-49. In: FERNANDO, L.C.P.; MORAES, G.J.; WICKRAMANANDA, I.R. (eds.), **Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*)**. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p., 2002.
- HESKETH, H.; ROY, H.E.; EILENBERG, J.; PELL, J.K.; HAILS, R.S. Challenges in modelling complexity of fungal entomopathogens in semi-natural populations of insects. **Biological Control**, 55:55-73, 2010.
- HOTAKA, D.; AMNUAYKANJANASIN, A.; MAKETON, C. SIRITUTSOONTORN, S.; MAKETON, M. Efficacy of *Purpureocillium lilacinum* CKPL-053 in controlling *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) in orchid farms in Thailand. **Applied Entomology and Zoology**, v.50, p 317-329, 2015.
- INGLIS, G.D.; GOETTEL, M.S.; BUTT, T.M.; STRASSER, H. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: BUTT, T.M.; JACKSON, C.; MAGAN, N. (Eds.). **Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential**. Wallingford: CAB International, 23-69, 2001.
- KUMAR, P.S.; SINGH, S.P. *Hirsutella thompsonii*: the best control option for the management of the coconut mite in India. **Indian Coconut Journal**, 31:11-17, 2000.
- KUMAR, S. P.; SINGH, L. Enabling mycelial application of *Hirsutella thompsonii* for managing the coconut mite. **Experimental and Applied Acarology**, 46: 169-182, 2008.
- KUMAR, P.S. *Hirsutella thompsonii* as a mycoacaricide for *Aceria guerreronis* on coconut in India: research, development and other aspects. In: SABELIS, M.W., BRUIN, J. (Eds.) **Trends in acarology**. Springer, Amsterdam, pp. 441-444, 2010.
- LOFEGO, A.C.; GONDIM JR., M.G.C. A new species of *Steneotarsonemus* (Acari: Tarsonemidae) from Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, 11: 195-203, 2006.
- MARTI, G.A.; LASTRA, C.C.L.; PELIZZA, S.A.; GARCÍA, J.J. Isolation of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson (Ascomycota: Hypocreales) from the Chagas disease vector, *Triatoma infestans* Klug (Hemiptera: Reduviidae) in an endemic area in Argentina. **Mycopathologia**, Den Haag, 162(5): 369-372, 2006.
- MEDRANO-LÓPES, R.; MADERA, A.P.; FOZ, C.F. Infecções oculares por *Purpureocillium lilacinum*: apresentação de um caso y revisão de la literatura. **Revista Iberoamericana de Micología**, 32(2): 111-114, 2015.
- MELO, J.W.S.; DOMINGOS, C.A.; PALLINI, A.; OLIVEIRA, J.E.M.; GONDIM, M.G.C. JR. Removal of bunches or spikelets is not effective for the control of *Aceria guerreronis*. **HortScience**, 47: 1-5, 2012.

- MIEZTKIEWSKI, R.; BAŁAZY, S.; TKACZUK, C. Mycopathogens of mites in Poland—a review. **Biocontrol Sci. Technol.**, 10, 459–465, 2000.
- MORA, M.A.E.; CASTILHO, A.M.C.; FRAGA, M.E. Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. **Arquivos do Instituto Biológico**, 84: 1-10, 2017.
- MOREIRA, M. A. B. **Ácaro da necrose do coqueiro: importância e medidas de controle**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. 4 p. (Comunicado Técnico, 8).
- MOORE, D.; ALEXANDER, L.; HALL, R.A. The coconut mite, *Eriophyes guerreronis* Keifer in St Lucia yield losses and attempts to control it with acaricide, polybutene and *Hirsutella* fungus. **Tropical Pest Management**, 35: 83-89, 1989.
- MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de acarologia, acarologia basica e ácaros de plantas cultivadas do Brasil**. Ribeirão Preto, Holos, 308p., 2008.
- MUSTU, M., DEMIRCI, F., KÖKSAL, M., SERBES, C., ARMAĞAN, B. Mortality effects of *Isaria farinosa* and *Purpureocillium lilacinum* (Sordariomycetes: Hypocreales) on the two spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its predator *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) under controlled conditions. **Entomologia Generalis**, 243 – 252, 2016.
- NAVIA, D.; MORAES, G.J.; LOFEGO, A.C.; FLECHTMANN, C.H.W. Acarofauna associada a frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) de algumas localidades das Américas. **Neotropical Entomology**, 34: 349-354, 2005.
- NAVIA, D.; MARSARO JR., A.L.; SILVA, F.R.; GONDIM JR., M.G.C.; MORAES, G.J. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, 40: 409-411, 2011.
- NAVIA, D.; GONDIM JR., M.G.C.; ARATCHIGE, N.S.; MORAES, G.J. A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. **Experimental and Applied Acarology**, 59: 67-94, 2013.
- NEETHLING, D. The commercialization of *Paecilomyces lilacinus* as an agent for the control of plant-parasitic nematodes. **Nematology**, 4: 154, 2002.
- PAUL, A.; MATHEW, T.B. Loss of husk, quality of fiber and COI_r due to infestation of coconut eriophyid mite (*Aceria guerreronis* Keifer). **Journal Plant Crop**, 30: 58-60, 2002.
- PEDRINI, N.; CRESPO, R.; JUAREZ, M.P. Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi. **Comparative Biochemistry and Physiology part C: Toxicology and Pharmacology**, 146:124-137, 2007.
- PEDRINI, N. Molecular interactions between entomopathogenic fungi (Hypocreales) and their insect host: Perspectives from stressful cuticle and hemolymph battlefields and the potential of dual RNA sequencing for future studies. **Fungal Biology**, 122: 538–545p., 2018.

- REINBACHER, L.; FERNÁNDEZ-FERRARI, M.C.; ANGELI, S.; SCHAUSBERGER, P. Effects of *Metarhizium anisopliae* on host choice of the bee-parasitic mite *Varroa destructor*. **Acarologia**, 287-295, 2018.
- SAMSON, R.A. *Paecilomyces* and some allied hyphomycetes. – *Studies in Mycology*, 6: 1–119, 1974.
- SEGUNI, Z. Incidence, distribution and economic importance of the coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tanzanian coconut based cropping systems. In: FERNANDO, L.C.P.; MORAES, G.J.; WICKRAMANANDA, I.R. (Eds.), **Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*)**. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p., 2000.
- SHAAT, N.A. The chemistry of sunscreens. In: Lowe, N.J; SHAAT, N.A. (Eds.) *The sunscreens, development, evaluation, and regulatory aspects*. Nova York: Marcel DEKKER, p.211-233, 1990.
- SHIN, T.Y.; BAE, S.M.; KIM, D.J.; YUN, H.G.; WOO, S.D. Evaluation of virulence, tolerance to environmental factors and antimicrobial activities of entomopathogenic fungi against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. **Mycoscience**, 58: 204-212, 2017.
- SILVA, F.R.; DE MORAES, G.J.; LESNA, I.; SATO, Y.; VASQUEZ, C.; HANNA, R.; SABELIS, M.W.; JANSSEN, A. Size of predatory mites and refuge entrance determine success of biological control of the coconut mite. **BioControl**, 681–689, 2016a.
- SILVA, F.R.; MORAES, G.J.; LESNA, I.; SATO, Y.; VASQUEZ, C; HANNA, R.; SABELIS, M.W.; JANSSEN, A. Size of predatory mites and refuge entrance determine success of biological control of the coconut mite. **Biological Control**, 61: 681–689, 2016b.
- STEINKRAUS, D.C. Factors affecting transmission of fungal pathogens of aphids. **Journal of Invertebrate Pathology**, 92:125–131, 2006.
- TANZINI, M.R.; ALVES, S.B.; TAMAI, M.A.; DE MORAES, G.J.; FERLA, N.J. An epizootic of *Calacarus heveae* (Acari: Eriophyidae) caused by *Hirsutella thompsonii* on rubber trees. **Exp. Appl. Acarol.** 24, 141–144, 2000.
- WAKIL, W.; GHAZANFAR, M.U.; KWON, Y.J.; ULLAH, E.; SHAMAS-UL-ISLAM; ALI, K. Testing *Paecilomyces lilacinus*, diatomaceous earth and *Azadirachta indica* alone and in combination against cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) (Insecta: Homoptera: Aphididae). **African Journal of Biotechnology**, v.11, n.4, p.821-828, 2012.
- WICKRAMANANDA, I.R.; PEIRIS, T.S.G.; FERNANDO, M.T.; FERNANDO, L.C.P.; EDGINGTON, S. Impact of the coconut mite (*Aceria guerreronis* Keifer) on the coconut industry in Sri Lanka. **Cord.**, 23: 1-16, 2007.
- 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 Science Technology**, 18: 865-901, 2008.

CAPÍTULO 4 - SUSCETIBILIDADE DE CULTIVARES DE *Cocos nucifera* A *Aceria guerreronis*

RESUMO

Devido à grande importância do ácaro *Aceria guerreronis* Keifer para a cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), o manejo integrado de pragas torna-se extremamente necessário. A seleção de cultivares que apresentem tolerância ou resistência ao ataque da praga, é uma metodologia que pode ser incorporada no manejo. Objetivou-se: (1) determinar o nível de infestação populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro no cacho 4; (2) determinar os níveis de danos causado nos frutos do cacho 18 em diferentes cultivares; e (3) avaliar as perdas econômicas causadas pelos níveis de dano. Foram realizadas cinco amostragens, em sete cultivares de coqueiro, nos meses de outubro e dezembro de 2019, e fevereiro, junho e agosto de 2020, para determinar o nível de infestação no cacho 4, e avaliação dos danos causados nos frutos do cacho 18 (destinados à colheita do coco seco). Nos frutos do cacho 4 foram coletados 577.372 espécimes de *A. guerreronis*, com média de 434 ácaros/fruto. Nos frutos maduros (cacho 18) foi possível observar a redução de produção de pelo menos 45,3% (AAG) até 69,33% (AVeJ) na produção de albúmen líquido; de 29% (AVG x GPF) até 36,8% (AVG) na produção de albúmen sólido; e de 17% (AVG x GPF) até 56,8% (AVG) na produção de fibra. Nos frutos do cacho 18, foram coletados 5.777 frutos, os quais apresentaram todos os níveis de dano nas cultivares avaliadas, dos quais 24% foram classificados no nível de dano 0; 20% no nível 1; 31% no nível 2; 15% no nível 3; e 10% no nível de dano 4. Todas as cultivares apresentaram frutos com diferentes níveis de dano, o que influencia significativamente no rendimento da massa dos frutos, gerando perda na receita obtida com a produção de albúmen sólido, albúmen líquido e fibra. Além de selecionar um híbrido (AAG x GOA) menos suscetível ao ataque do ácaro-da-necrose-do-coqueiro.

Palavras-chaves: Suscetibilidade, danos, manejo de pragas.

ABSTRACT

Due to the great importance of the mite *Aceria guerreronis* Keifer for the coconut tree (*Cocos nucifera* L.) crop, integrated pest management becomes extremely necessary. The selection of cultivars that show tolerance or resistance to pest attack is a methodology that can be incorporated into management. The objectives were: (1) to determine the level of population

infestation of the coconut palm necrosis mite in cluster 4; (2) determine the levels of damage caused to the fruits of bunch 18 in different cultivars; and (3) assess the economic losses caused by damage levels. Five samplings were carried out, in seven coconut cultivars, in the months of October and December 2019, and February, June and August 2020, to determine the level of infestation in bunch 4, and to evaluate the damage caused to the fruits of bunch 18 (intended for harvesting dry coconut). In the fruits of bunch 4, 577,372 specimens of *A. guerreronis* were collected, with an average of 434 mites/fruit. In mature fruits (bunch 18) it was possible to observe a reduction in production from at least 45.3% (AAG) to 69.33% (AVeJ) in the production of liquid albumen; from 29% (AVG x GPF) to 36.8% (AVG) in solid albumen production; and from 17% (AVG x GPF) to 56.8% (AVG) in fiber production. In the fruits of bunch 18, 5,777 fruits were collected, which presented all damage levels in the evaluated cultivars, of which 24% were classified as damage level 0; 20% on level 1; 31% at level 2; 15% on level 3; and 10% at damage level 4. All cultivars presented fruits with different levels of damage, which significantly influences the yield of fruit mass, generating loss in revenue obtained from the production of solid albumen, liquid albumen and fiber. In addition to selecting a hybrid (AAG x GOA) less susceptible to attack by the coconut mite.

Keywords: Susceptibility, damage, pest management.

Introdução

A cultura do coqueiro, *Cocos nucifera* L., apresenta relevante importância mundial e duas realidades distintas no que se refere ao destino dos frutos, pois têm-se plantios destinados à produção de coco seco e plantios de coco verde para água de coco (TEIXEIRA; SILVA, 2003). O coqueiro é representado por duas variedades principais: Gigante e Anã. A variedade Gigante com fase vegetativa longa, possuindo porte alto, frutos maiores e destinada principalmente para uso comercial. Já a variedade Anã é precoce com produção em média de dois a três anos após o plantio, tem porte baixo e alta produção de frutos (ARAGÃO et al., 1999; RIBEIRO et al., 2002; ARAGÃO et al., 2004).

Entretanto, a produção de coco é comprometida devido ao ataque de pragas, em especial do ácaro-da-necrose-do-coqueiro (*Aceria guerreronis* Keifer – Acari: Eriophyidae). Podendo atingir até 255 µm de comprimento, *A. guerreronis* vive na região do perianto dos frutos completamente protegido por brácteas alimentando-se do conteúdo celular, atingindo altas densidades populacionais (HOWARD; ABREU- RODRIGUEZ 1991; LAWSON-

BALAGBO et al. 2007). Os sintomas iniciais são manchas amareladas que evoluem para necroses, formando fendas longitudinais na superfície do fruto e levando à redução do tamanho e em alguns casos até o abortamento dos mesmos ainda imaturos (HAQ et al., 2002; WICKRAMANANDA et al., 2007; REZENDE et al. 2016).

O controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro é feito comumente com o uso de acaricidas, exigindo pulverizações frequentes (LIMA et al., 2013; MELO et al., 2012). Entretanto, existem pesquisas que comprovam que *A. guerreronis* é naturalmente atacado por ácaros predadores e patógenos (KUMAR; SINGH, 2008; KUMAR, 2010; LIMA et al., 2012; MELO et al., 2015). Independentemente do método de controle, é fundamental determinar o nível populacional e de infestação do ácaro-da-necrose-do-coqueiro para que seja implementado o manejo integrado de pragas (MIP) (SOUSA et al., 2017). Haq e Sobha (2010) estimaram perdas causadas por *A. guerreronis* na Índia, com redução no albúmen sólido de 7% em frutos pouco infestados a 32% em frutos muito infestados, embora haja variação na produção do albúmen de acordo com o período do ano e valor nutricional da planta. Na África 30 a 40% dos frutos foram danificados pelo ataque do ácaro, com aumento da severidade dos danos conforme aumentava a idade dos frutos, resultando em perda no rendimento (NEGLOH et al., 2011).

Poucas pesquisas têm sido realizadas com o uso de resistência varietal contra o ácaro-da-necrose-do-coqueiro. Na Costa Rica, em Cuba e na Índia, estudos sobre as diferenças varietais na suscetibilidade ao *A. guerreronis* foram observadas em coqueiro (SCHLISSKE, 1988; SUAREZ, 1991; MUTHIAH; NATARAJAN, 2004). Um dos fatores que tem sido levado em consideração na resistência é a firmeza das brácteas ao perianto que tem relação com o formato do fruto, onde frutos arredondados podem ser menos danificados do que frutos angulares (MOORE; ALEXANDER, 1990; VARADARAJAN; DAVID, 2003). Foi verificado em Saint Lucia (Sri Lanka) que a coloração do fruto pode interferir no ataque dos ácaros, já que os frutos verde-escuro da Jamaica foram os menos atacados, o que pode estar diretamente relacionado às características bioquímicas da cultivar (MOORE; ALEXANDER, 1990).

Em pesquisa realizada por Moore et al. (1989) foi possível categorizar o dano causado por *A. guerreronis* em frutos secos de coqueiro em diferentes categorias (nível de dano 1 a 5) com o intuito de mensurar as perdas na produção do fruto e usá-la na seleção de cultivares que apresentem certo grau de tolerância ao ataque da praga, comprovando que há significativa perda no rendimento dos frutos com níveis de dano quatro e cinco. Dessa forma, objetivou-se:

(1) determinar o nível de infestação populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro no cacho 4; (2) determinar os níveis de danos causado nos frutos do cacho 18 (12 meses após a fertilização da inflorescência – coco seco) em diferentes cultivares; e (3) avaliar as perdas econômicas causadas pelos níveis de dano.

Material e métodos

Procedimento experimental em campo

O delineamento experimental foi dividido em blocos casualizados em parcelas sub-subdivididas, com três repetições e sete tratamentos de diferentes populações (três cultivares de Anão e quatro cultivares de híbridos – Tabela 1), foram consideradas nove plantas úteis/parcela (totalizando 21 parcelas em três blocos). Seis plantas/parcela foram utilizadas para avaliação dos níveis de danos nos frutos secos do cacho 18 (12 meses após a fertilização da inflorescência – coco seco) e três plantas para a avaliação e quantificação estimada do ácaro-da-necrose-do-coqueiro no cacho 4 (cerca de quatro meses após a fertilização da inflorescência). Estudos sugerem que as maiores densidades populacionais foram encontradas em frutos variando de três a sete meses após a fertilização e que o declínio populacional é geralmente observado em frutos acima de quatro meses (NAVIA et al., 2013; SILVA et al., 2016). A bordadura foi composta por plantas do híbrido PB-141 (Anão Verde do Brasil x Gigante do Oeste Africano).

Tabela 1. Cultivares de coqueiro *Cocos nucifera* L. utilizadas no estudo de avaliação de danos e infestação populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro, no município de Moju-PA.

Tratamento	Cultivares
T1	Anão Vermelho de Gramame – AVG
T2	Anão Amarelo de Gramame – AAG
T3	Anão Verde de Jiqui – AVeJ
T4	Anão Verde de Jiqui x Gigante do Brasil do Rio Grande do Norte – AVeJ xGBRN
T5	Anão Vermelho de Gramame x Gigante da Praia do Forte - AVG x GPF
T6	Anão Amarelo de Gramame x Gigante do Oeste Africano – AAG x GOA
T7	Anão Verde do Brasil x Gigante do Oeste Africano – AVeBr x GOA

As amostragens foram conduzidas em outubro e dezembro de 2019 e em fevereiro, junho e agosto de 2020. Para determinar o nível de infestação populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro foi avaliado o cacho 4, e para avaliação da severidade dos danos foram utilizados os frutos do cacho 18.

Para estimar o número de *A. guerreronis* nos cachos 4, três plantas por tratamento/parcela foram marcadas aleatoriamente, o cacho foi coletado e armazenado em sacos plásticos separadamente, identificados e armazenados em caixas de isopor com Gelox® (15-20°C) para transporte ao laboratório.

O cacho 18 foi coletado de seis plantas selecionadas e marcadas aleatoriamente, os frutos foram amontoados por parcela e classificados antecipadamente, em campo, quanto ao nível de dano com escala visual de notas para coco seco, metodologia adaptada de Julia e Mariau (1979) e Moore et al. (1989) (Tabela 2; Figura 1). Após a classificação dos níveis de dano, cinco frutos de cada nível por parcela (contendo seis plantas) foram sorteados, armazenados em sacos, identificados e levados para triagem no laboratório.

Tabela 2. Escala visual do nível de dano causado pelo ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* em frutos secos de coqueiro em plantio comercial, no município do Moju-PA.

Nível de dano	Característica dos frutos
0	Frutos sem danos
1	Frutos pouco afetados pelo ácaro (com danos superficiais, sem dano econômico)
2	Frutos com danos significativos (necrose não ultrapassa a metade do fruto)
3	Frutos claramente afetados pelo ataque (tamanho reduzido e com distorção)
4	Frutos fortemente atacados (muito reduzidos e com forte distorção)

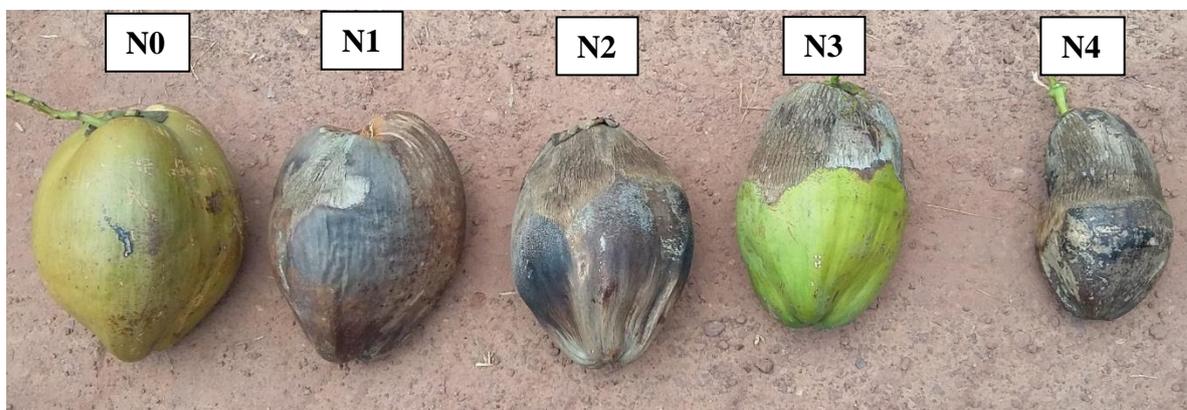


Figura 1. Escala visual de notas do dano causado pelo ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* em frutos secos de coqueiro, município de Moju-PA.

Procedimento experimental em laboratório

Triagem dos frutos do cacho 4

No laboratório, os frutos do cacho 4 foram armazenados em geladeira até o processamento das amostras (máximo de cinco dias após a coleta). Os frutos de cada planta foram contabilizados quanto a presença de dano, porém para a coleta de ácaros apenas cinco

frutos de cada cacho foram escolhidos aleatoriamente. As brácteas de cada fruto foram removidas com auxílio de tesoura de poda e a superfície externa e região do perianto dos frutos foram examinadas sob lupa estereomicroscópica. Todos os ácaros localizados nas brácteas e perianto de cada fruto foram coletados com auxílio de pincel de cerdas finas e acondicionados em microtubos contendo álcool (70%) – uma unidade de frasco de 1 mL por fruto. A contagem do ácaro-da-necrose-do-coqueiro foi adaptada de Reis et al. (2008), o recipiente foi agitado para promover a suspensão dos mesmos na solução e em seguida o líquido foi transferido para placa de acrílico (2,4 x 2,4 cm) contendo papel milimetrado (dividido em 64 quadrados de 0,4 cm cada) na sua base para orientar na contagem dos ácaros. Após a deposição destes no fundo da placa, foi feita a contagem dos mesmos em oito quadrados distribuídos separadamente, e o número total de ácaros por fruto foi estimado por extrapolação, multiplicando por oito o número de *A. guerreronis* coletados. A contagem foi feita separadamente para cada fruto.

A análise do nível populacional foi realizada para comparar os dados das distintas coletas e relacionando-as com a temperatura média, a precipitação pluvial e a umidade relativa do ar de cada período.

Triagem dos frutos do cacho 18

A triagem do material foi feita com o objetivo de quantificar o rendimento dos frutos em diferentes cultivares. Os frutos de cada nível de dano/cultivar/bloco foram pesados em balança eletrônica de precisão para avaliação das seguintes variáveis: Massa (g) do fruto, do albúmen sólido, albúmen líquido, e fibra (mesocarpo).

Análises

Cacho 4

Os dados foram avaliados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Levene), aqueles com distribuição normal foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey ($P < 0,05$). As análises foram realizadas no software SISVAR (FERREIRA, 2019).

Cacho 18

Rendimento dos frutos

Os dados foram avaliados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Levene), aqueles com distribuição normal foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey ($P < 0,05$) através do software R Core Team (2022).

Quantificação de perdas na produção

Calculou-se a receita em reais (R\$) para 1 tonelada de fruto colhido. Para os cálculos foram utilizados a massa do rendimento de cada variável e multiplicados pelos preços de produção: albúmen sólido R\$ 700,00/ton, água R\$ 280,00/ton e fibra R\$ 700,00/ton (Dados cedidos pela empresa SOCOCO S. A. Agroindústria da Amazônia, 2023). Essas variáveis são as que influenciam na receita de produção da cadeia de produção da cultura do coqueiro.

A análise das perdas econômicas foi realizada com base na estimativa da receita bruta obtida com a comercialização de albúmen líquido, albúmen sólido e fibra nas notas de danos 0 e 4, em cada mês e para cada cultivar.

Resultados

Quantificação do número de ácaros no cacho 4

Foram coletados 3.146 frutos, dos quais 937 (30%) apresentavam danos causados pelo ácaro-da-necrose-do-coqueiro. Do total de frutos avaliados, 1.328 (42%) foram triados, os quais continham 577.372 ácaros da necrose (em média 434 ácaros/fruto). Dentre as cultivares avaliadas, AVG (Anão Vermelho de Gramame) e AAG (Anão Amarelo de Gramame) apresentaram menor quantidade de ácaros no mês de outubro e junho, respectivamente, em relação às outras cultivares e os meses de coleta. (Tabela 3).

Tabela 3. Número médio estimado (\pm DP) de *Aceria guerreronis* no cacho 4, em diferentes cultivares de coqueiro, em plantio comercial. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Cultivares*	Meses				
	Outubro/2019	Dezembro/2019	Fevereiro/2020	Junho/2020	Agosto/2020
	Quantidade de ácaros por fruto \pm DP				
AAG	566.1 \pm 640.3 ABab	1484.4 \pm 383.0 Aab	2454.9 \pm 526.0 Aa	195.5 \pm 523.9 Bb	2123.4 \pm 566.7 Aa
AAGxGOA	2790.7 \pm 872.0 Aa	2905.8 \pm 877.7 Aa	894.9 \pm 2288.2 Aa	1387.2 \pm 683.6 Aa	654.9 \pm 2451.6 ABa
AVeBrxGOA	508.9 \pm 1523.2 ABa	708.8 \pm 345.5 Aa	458.0 \pm 630.2 Aa	694.8 \pm 1042.0 Aa	1261.0 \pm 599.0 ABa
AVeJ	2309.0 \pm 274.6 Aa	1339.2 \pm 456.8 Aa	1161.3 \pm 655.3 Aa	775.4 \pm 185.6 Aa	797.3 \pm 627.6 ABa
AVeJxGBrRN	974.0 \pm 506.3 Aa	772.7 \pm 354.2 Aa	765.9 \pm 378.9 Aa	1105.6 \pm 469.4 Aa	4236.0 \pm 1563.3 Bb
AVG	289.4 \pm 1115.3 Bb	1777.1 \pm 356.8 Aab	775.4 \pm 175.7 Aab	751.4 \pm 1664.8 Aab	2282.2 \pm 940.8 Aa
AVGxGPF	743.7 \pm 2237.5 ABa	666.6 \pm 429.8 Aa	1548.4 \pm 713.6 Aa	1199.2 \pm 515.3 Aa	1432.2 \pm 456.0 ABa

Desvio Padrão (DP). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferiram entre si (Teste de Tukey, $p < 0,05$).

*Cultivares: AAG (Anão Amarelo de Gramame); AAGxGOA (Anão Amarelo de Gramame x Gigante do Oeste Africano); AVeBrxGOA (Anão Verde do Brasil x Gigante do Oeste Africano); AVeJ (Anão Verde de Jiqui); AVeJxGBrRN (Anão Verde de Jiqui x Gigante do Brasil do Rio Grande do Norte); AVG (Anão Vermelho de Gramame); AVGxGPF (Anão Vermelho de Gramame x Gigante da Praia do Forte).

O maior número de *A. guerreronis* foi coletado em outubro/2019 (170.824 espécimes), resultado da baixa precipitação pluviométrica dos meses que antecederam essa coleta (agosto,

setembro e outubro), influenciando supostamente no nível populacional da espécie. À medida em que ocorreu um aumento da precipitação nos meses de novembro, dezembro/2019, janeiro e fevereiro/2020, é possível constatar uma redução no número de ácaros coletados em dezembro/2019 e fevereiro/2020 (Figura 2). Houve correlação negativa entre o número médio de ácaros e a precipitação pluvial referente aos meses de coleta, ou seja, aumentou a precipitação, reduziu o número de ácaros no cacho 4 (Figura 3).

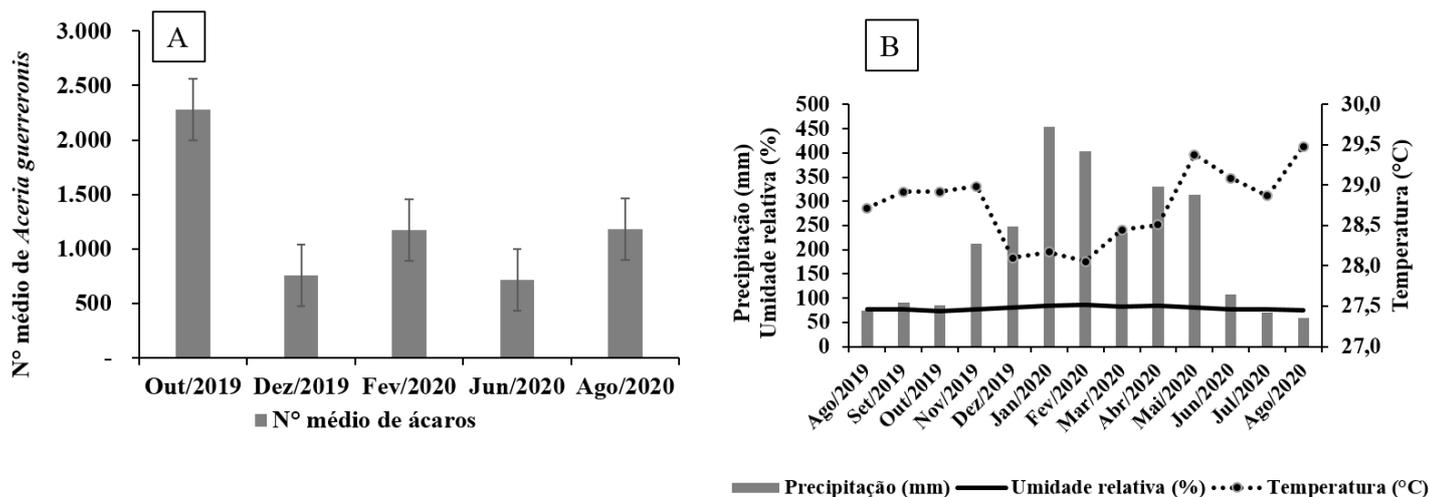


Figura 2. Infestação populacional de *A. guerreronis* em coqueiro (A) e variação dos fatores climáticos na área estudada entre agosto de 2019 a agosto de 2020 (B). Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Fonte dos dados climáticos: SOCOCO S. A. Agroindústria da Amazônia, 2020.

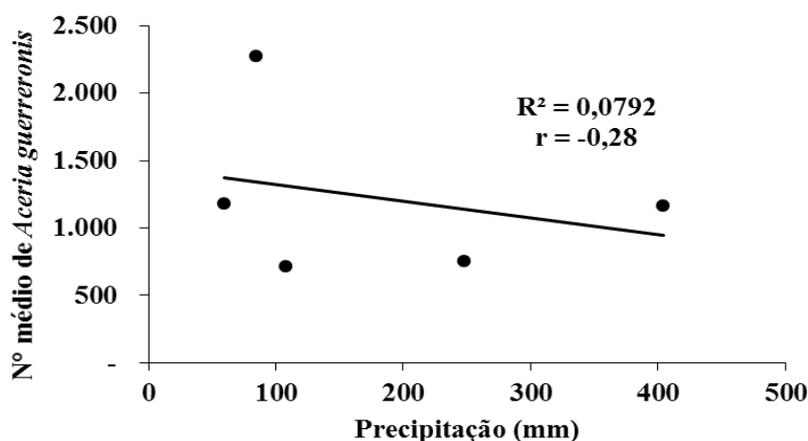


Figura 3. Correlação linear entre o número médio de *Aceria guerreronis* e precipitação pluvial (mm) em plantio comercial de coqueiro. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Níveis de dano nos frutos do cacho 18

Foram coletados 5.777 frutos do cacho 18, dos quais 24% foram classificados no nível de dano 0; 20% no nível 1; 31% no nível 2; 15% no nível 3; e 10% no nível de dano 4. Nota-se que no geral 46% dos frutos da cultivar AVEJ foram classificados no nível de dano 0 e apenas 5% no nível 4, apresentando um padrão de maior porcentagem dos frutos sem dano em todos os meses de coleta, exceto em agosto de 2020 (Tabela 4). A cultivar AVG x GPF foi a que apresentou menor porcentagem de frutos no nível 0 e maior no nível 4 de dano.

Tabela 4. Frutos por nível de dano (%) em diferentes cultivares de coqueiro nos meses de outubro e dezembro de 2019, e fevereiro, junho e agosto de 2020. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Nível de dano	Frutos por nível de dano (%)						
	Cultivares*						
	AAG	AAG x GOA	AVeBr x GOA	AVEJ	AVEJ x GBrRN	AVG	AVG x GPF
Outubro/2019							
0	10.2	11.1	10.8	51.1	14.7	15.3	3.9
1	20.4	16.7	14.4	20.5	8.0	19.1	2.0
2	35.0	26.7	31.5	15.9	33.3	34.4	24.5
3	21.9	15.6	18.0	6.8	28.0	22.1	38.2
4	12.4	30.0	25.2	5.7	16.0	9.2	31.4
Dezembro/2019							
0	27.9	27.6	15.0	60.0	17.2	58.3	20.2
1	29.9	14.2	7.1	20.0	32.3	18.5	22.8
2	29.9	29.9	42.9	16.7	25.3	14.6	28.9
3	6.1	16.5	20.7	2.2	15.2	4.6	20.2
4	6.1	11.8	14.3	1.1	10.1	4.0	7.9
Fevereiro/2020							
0	32.0	46.1	29.8	76.1	19.8	53.4	19.6
1	28.5	40.6	28.4	11.1	23.4	24.6	19.0
2	28.5	7.8	26.7	9.4	36.0	16.2	34.6
3	8.0	5.5	10.7	1.7	6.3	4.2	19.0
4	3.0	0.0	4.4	1.7	14.4	1.6	7.8
Junho/2020							
0	19.1	15.8	17.2	19.1	15.6	25.3	5.2
1	28.1	30.8	21.9	20.8	16.5	19.7	12.7
2	38.7	41.7	42.7	38.2	42.2	30.9	53.7
3	10.1	5.8	12.5	12.1	18.3	17.4	20.1
4	4.0	5.8	5.7	9.8	7.3	6.7	8.2
Agosto/2020							
0	20.1	13.1	6.8	21.4	17.8	12.0	7.3
1	29.2	12.3	9.8	25.7	23.8	28.9	10.5
2	31.9	37.7	52.6	29.6	41.6	34.5	37.2
3	10.4	20.8	24.1	10.9	6.9	19.7	29.3
4	8.3	16.2	6.8	12.5	9.9	4.9	15.7

*Cultivares: AAG (Anão Amarelo de Gramame); AAGxGOA (Anão Amarelo de Gramame x Gigante do Oeste Africano); AVEBrxGOA (Anão Verde do Brasil x Gigante do Oeste Africano); AVEJ (Anão Verde de Jiqui);

AVeJxGBrRN (Anão Verde de Jiqui x Gigante do Brasil do Rio Grande do Norte; AVG (Anão Vermelho de Gramame); AVGxGPF (Anão Vermelho de Gramame x Gigante da Praia do Forte).

Houve diferença no rendimento da massa dos frutos nas diferentes cultivares avaliadas, com destaque para o híbrido AAG x GOA que apresentou maior rendimento das massas do fruto, do albúmen líquido, albúmen sólido e fibra, diferindo estatisticamente das demais cultivares, mesmo quando houve redução da massa nos frutos do nível de dano 4. O nível de dano influenciou no rendimento das variáveis analisadas, a medida em que o nível de dano aumentou, houve redução de massa e por consequência menor o rendimento dos frutos (Tabela 5).

Tabela 5. Rendimento médio (\pm DP) da massa do fruto, albúmen sólido, albúmen líquido e fibra dos frutos de diferentes cultivares de coco de acordo com o nível de dano causado por *Aceria guerreronis*.

Cultivares**								CV (%)
Massa do fruto (g) \pm DP								8,28
ND*	AVG	AAG	AVeJ	AVeJ x GBrRN	AVG x GPF	AAG x GOA	AVeBr x GOA	
0	985,28 \pm 31,79 bA	1004,17 \pm 20,48 bA	932,22 \pm 7,39 bA	1156,83 \pm 17,24 aA	1179,08 \pm 42,55 aA	1138,02 \pm 57,01 aA	1063,21 \pm 57,16 bA	
1	927,2 \pm 45,18 bA	878,42 \pm 10,24 bA	903,96 \pm 27,02 bB	986,45 \pm 19,57 bB	1180,13 \pm 37,05 aA	1193,47 \pm 25,73 aA	1002,53 \pm 15,3 bA	
2	888,3 \pm 39,42 bA	979,08 \pm 49,17 bA	991,84 \pm 10,04 bB	1115,86 \pm 25,38 aA	1055,14 \pm 31,67 aB	1134,83 \pm 33,25 aA	1088,59 \pm 21,21 aA	
3	864,1 \pm 24,71 bB	867,56 \pm 59,56 bB	1016,15 \pm 74,87 aC	1003,4 \pm 45,76 aB	1040,71 \pm 28,07 aB	1147,67 \pm 38,71 aA	1016,19 \pm 43,8 aA	
4	849,11 \pm 14,73 bC	947,13 \pm 61,14 bC	1026,28 \pm 80,34 aD	1056,73 \pm 87,27 aB	986,06 \pm 38,27 aB	1056,49 \pm 39,86 aA	961 \pm 46,39 bA	
Massa do albúmen líquido (g)								10,21
	AVG	AAG	AVeJ	AVeJ x GBrRN	AVG x GPF	AAG x GOA	AVeBr x GOA	
0	181,82 \pm 6,67 bA	161,33 \pm 9,07 cA	149,38 \pm 8,53 cA	177,16 \pm 5,61 bA	193,58 \pm 13,59 bA	220,12 \pm 1,68 aA	184,36 \pm 8,75 bA	
1	179,06 \pm 6,25 bA	157,23 \pm 5,39 cA	126,65 \pm 6,75 dA	181,02 \pm 8,41 bA	184,26 \pm 6,05 bA	218,06 \pm 10,2 aA	130,82 \pm 4,96 dB	
2	170,94 \pm 3,99 bA	145,6 \pm 4,2 cA	109,98 \pm 11,55 dA	147,4 \pm 8,06 cB	167,21 \pm 5,14 bB	204,43 \pm 6,25 aA	139,63 \pm 8,42 cB	
3	111,39 \pm 4,62 cA	113,35 \pm 2,68 cA	89,25 \pm 7,71 dA	119,68 \pm 11,61 cC	135,88 \pm 9,62 bC	163,04 \pm 1,64 aB	127,96 \pm 8,63 cB	
4	79,24 \pm 8,95 bA	78,81 \pm 2,79 bA	48,75 \pm 5,99 cA	97,27 \pm 3,13 aD	104,92 \pm 7,21 aD	115,17 \pm 5,03 aC	77,58 \pm 6,41 bC	
Massa do albúmen sólido (g)								2,54
	AVG	AAG	AVeJ	AVeJ x GBrRN	AVG x GPF	AAG x GOA	AVeBr x GOA	
0	299,76 \pm 3,44 eA	280,29 \pm 3,38 fA	310,9 \pm 2,61 dA	369,37 \pm 5,8 aA	340,4 \pm 6,48 cA	367,65 \pm 3,64 aA	357,61 \pm 5,39 bA	
1	292 \pm 3,7 eA	258,6 \pm 3,07 fB	294,75 \pm 1,53 eB	371,78 \pm 5,43 aA	336,49 \pm 3,42 cA	356,41 \pm 3,98 bB	313,25 \pm 4,59 dC	
2	290,5 \pm 2,43 cA	275,2 \pm 4,03 dA	279,25 \pm 2,26 dC	337,04 \pm 2,37 bB	327,92 \pm 2,04 bB	366,91 \pm 1,58 aA	329,11 \pm 3,6 bB	
3	241,41 \pm 1,29 cB	222,05 \pm 1,45 dC	243,4 \pm 2,08 cD	280,63 \pm 5,12 bC	283,32 \pm 3,48 bC	297,26 \pm 3,28 aC	299,05 \pm 3,46 aD	
4	187,74 \pm 4,41 cC	196,47 \pm 5,04 cD	186,71 \pm 1,93 cE	256,73 \pm 3,37 aD	243,07 \pm 2,08 bD	253,84 \pm 4,28 aD	245,26 \pm 4,68 bE	
Massa da fibra (g)								2,39
	AVG	AAG	AVeJ	AVeJ x GBrRN	AVG x GPF	AAG x GOA	AVeBr x GOA	
0	350,44 \pm 16,4 dA	338,82 \pm 14,03 eA	392,27 \pm 26,46 dA	524,1 \pm 11,17 bA	525,4 \pm 24,14 aA	567,78 \pm 21,33 aA	501,75 \pm 21,99 cA	
1	359,34 \pm 14,63 dA	343,63 \pm 7,3 eA	370,54 \pm 28,7 dA	499,71 \pm 45,2 bA	547,94 \pm 28,34 aA	560,97 \pm 13,85 aA	421,6 \pm 9,51 cA	
2	355,81 \pm 12,18 dB	315,93 \pm 2,37 eB	345,44 \pm 19,83 dB	470,35 \pm 21,08 bB	541,12 \pm 14,51 aB	488,28 \pm 40,67 aB	421,17 \pm 18,14 cB	
3	332,24 \pm 14,05 dC	294,68 \pm 7 eC	321,25 \pm 18,57 dC	458,4 \pm 26,65 bC	473,49 \pm 10,51 aC	568,73 \pm 31,46 aC	420,71 \pm 6,67 cC	
4	316,97 \pm 3,07 dD	293,56 \pm 18,81 eD	260,51 \pm 3,98 dD	441,61 \pm 29,2 bD	449,98 \pm 27,44 aD	453,73 \pm 26,01 aD	405,03 \pm 12,19 cD	

*ND – Nível de Dano. Desvio Padrão (DP). Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferiram entre si (Teste de Tukey, $p < 0,05$).

**Cultivares: AVG (Anão Vermelho de Gramame); AAG (Anão Amarelo de Gramame); AVeJ (Anão Verde de Jiqui); AVeJxGBrRN (Anão Verde de Jiqui x Gigante do Brasil do Rio Grande do Norte); AVGxGPF (Anão Vermelho de Gramame x Gigante da Praia do Forte); AAGxGOA (Anão Amarelo de Gramame x Gigante do Oeste Africano); AVeBrxGOA (Anão Verde do Brasil x Gigante do Oeste Africano).

A cultivar AVG apresentou maior percentagem de frutos no nível de dano 0, gerando receita de R\$ 3.270,77, porém, ocorreu perda significativa na receita obtida com os frutos no nível de dano 4. A cultivar que gerou menor perda na receita foi AVeJ (Tabela 6). A estimativa de perda econômica mostrou claramente redução nas receitas dos produtos conforme o nível de dano aumentava.

Tabela 6. Receita média (\pm DP) de acordo com o nível de dano causado por *Aceria guerreronis* em diferentes cultivares de coqueiro e perda de receita do nível de dano 0 ao dano 4 para uma tonelada de fruto colhido. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil.

Cultivares*	Nível de dano					Total	Perda N0 - N4
	N0	N1	N2	N3	N4		
AVG	3.270,77 \pm 469,28	3.201,50 \pm 571,86	3.202,97 \pm 548,11	3.088,69 \pm 538,66	2.750,62 \pm 670,65	3.143,09 \pm 568,20	520,15
AAG	3.222,73 \pm 686,25	3.079,87 \pm 629,82	3.303,44 \pm 426,56	3.137,96 \pm 540,73	2.942,22 \pm 487,44	3.162,35 \pm 574,94	280,51
AVeJ	3.289,66 \pm 566,30	3.284,50 \pm 648,02	3.325,36 \pm 663,77	3.245,54 \pm 622,50	3.220,48 \pm 732,23	3.281,88 \pm 656,41	69,18
AVeJ x GBrRN	3.095,84 \pm 612,50	3.136,76 \pm 583,6	3.135,15 \pm 641,65	2.965,77 \pm 710,84	2.805,76 \pm 615,90	3.051,19 \pm 638,86	290,08
AVG x GPF	2.892,51 \pm 507,67	2.869,21 \pm 592,09	2.883,65 \pm 631,99	2.820,94 \pm 468,26	2.775,35 \pm 809,31	2.847,61 \pm 611,34	117,16
AAG x GOA	2.893,61 \pm 472,24	2.876,95 \pm 568,84	3.155,42 \pm 593,15	2.707,90 \pm 680,03	2.767,59 \pm 631,16	2.897,75 \pm 605,94	126,02
AVeBr x GOA	3.066,76 \pm 564,64	3.199,57 \pm 633,01	3.245,48 \pm 485,66	3.072,02 \pm 544,66	2.826,63 \pm 767,93	3.096,83 \pm 604,98	240,13
Total	3.125,73 \pm 593,79	3.100,87 \pm 619,78	3.177,15 \pm 585,7	3.008,12 \pm 595,15	2.853,18 \pm 701,51	3.069,71 \pm 622,56	272,56

*Cultivares: AVG (Anão Vermelho de Gramame); AAG (Anão Amarelo de Gramame); AVeJ (Anão Verde de Jiqui); AVeJxGBrRN (Anão Verde de Jiqui x Gigante do Brasil do Rio Grande do Norte); AVGxGPF (Anão Vermelho de Gramame x Gigante da Praia do Forte); AAGxGOA (Anão Amarelo de Gramame x Gigante do Oeste Africano); AVeBrxGOA (Anão Verde do Brasil x Gigante do Oeste Africano).

Em relação aos níveis de dano (de 0 a 4), em todos os tratamentos foi possível observar a redução de pelo menos 45,3% (AAG) até 69,33% (AVeJ) na produção de albúmen líquido; de 29% (AVG x GPF) até 36,8% (AVG) na produção de albúmen sólido; e de 17% (AVG x GPF) até 56,8% (AVG) na produção de fibra (Figura 4).

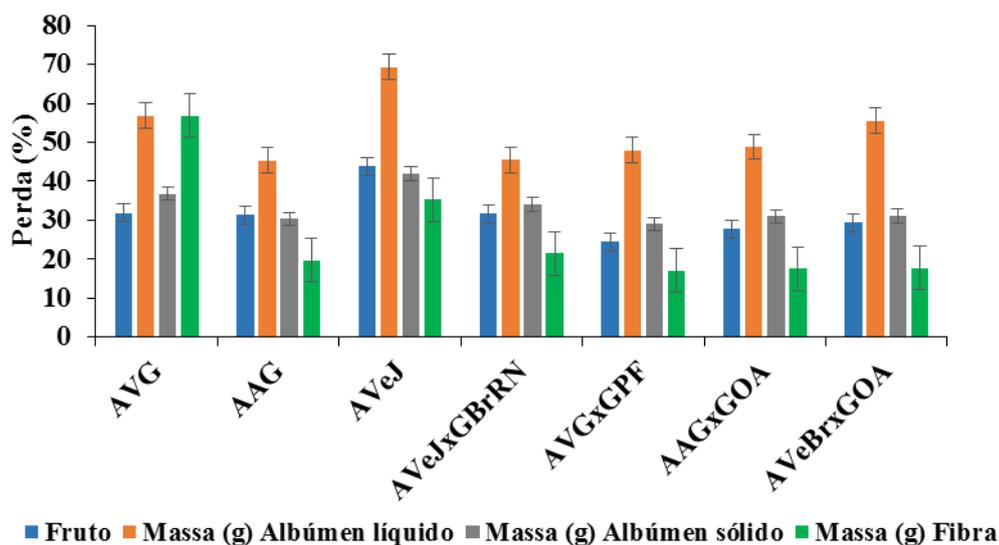


Figura 4. Perda (%) do nível de dano 0 ao dano 4 causado por *Aceria guerreronis* em frutos de diferentes cultivares de coqueiro nos meses de outubro e dezembro de 2019, e fevereiro, junho e agosto de 2020. Município de Moju-PA, Amazônia Oriental, Brasil. Cultivares: AVG (Anão Vermelho de Gramame); AAG (Anão Amarelo de Gramame); AVeJ (Anão Verde de Jiqui); AVeJxGBrRN (Anão Verde de Jiqui x Gigante do Brasil do Rio Grande do Norte); AVGxGPF (Anão Vermelho de Gramame x Gigante da Praia do Forte); AAGxGOA (Anão Amarelo de Gramame x Gigante do Oeste Africano); AVeBrxGOA (Anão Verde do Brasil x Gigante do Oeste Africano).

Discussão

Quantificação do número de ácaros no cacho 4

Os resultados desse estudo demonstraram que há correlação negativa entre o número médio de *A. guerreronis* coletados nos frutos do cacho 4 e os índices pluviométricos, evidenciando que quanto maior a quantidade de chuvas, menor será a infestação causada pelo ácaro. Chuvas regulares podem influenciar a dispersão de *A. guerreronis*, afetando seu estabelecimento na planta e favorecendo seu declínio populacional em épocas em que ocorre maior precipitação pluviométrica (HOWARD et al., 1990). Sobha e Haq (2019) estudaram a dinâmica populacional do ácaro-da-necrose-do-coqueiro de 2016 a 2018 na Índia, e relataram

que a densidade populacional do ácaro atingiu o mínimo quando a precipitação atingiu seu máximo, apresentando grau moderado de correlação negativa entre a população de ácaros e a precipitação pluviométrica.

Para a cultura do coqueiro o regime pluvial ideal é de 1.500 mm de precipitação anual, com pluviosidade mensal nunca inferior a 130 mm (FONTES; FERREIRA, 2006), ressaltando que durante o período de desenvolvimento dos frutos, houve um alto índice pluviométrico (acima de 400 mm), tornando condições altamente favoráveis para o desenvolvimento dos frutos do coqueiro e redução do nível populacional dos ácaros, pois a precipitação tem impacto negativo sobre *A. guerreronis* como descrito por Balaji e Hemavath (2007), sendo a pluviosidade o fator que pode ter influenciado na redução da população de ácaros e conseqüentemente ter contribuído com a redução de perdas no rendimento dos frutos.

Níveis de dano nos frutos do cacho 18

Esse estudo confirma que existem frutos secos que podem ser categorizados em diferentes níveis de dano e principalmente, que existem frutos sem dano, e a partir desses dados foi possível fazer a comparação de perdas entre os frutos que apresentaram maior ataque do ácaro. Além disso, ocorreu variação no rendimento dos frutos de acordo com os níveis de dano e a época de coleta. Ressalta-se que existe diferença entre os níveis de dano, principalmente no rendimento dos frutos sem dano (dano 0) para os frutos mais danificados (dano 4). Estudo feito por Moore (1989) reportou que coqueiros infestados por *A. guerreronis* causaram perdas significativas no rendimento dos frutos categorizados nos níveis de dano 4 e 5, e que mesmo nos frutos muito danificados há produção de albúmen sólido, porém o processamento destes na indústria torna-se inviável devido à dificuldade para a retirada das cascas, resultando em perda completa.

Haq e Sobha (2010) estimaram perdas causadas por *A. guerreronis* na Índia, com redução no albúmen sólido de 7% a 32%, embora haja variação na produção do albúmen de acordo com o período do ano e valor nutricional da planta. Na África 30 a 40% dos frutos foram danificados pelo ataque do ácaro, com aumento da severidade dos danos conforme aumentava a idade dos frutos, resultando em perda no rendimento (NEGLOH et al., 2011). Navia et al. (2013) reportaram que as perdas provocadas por *A. guerreronis* são expressas por meio de diferentes metodologias, dificultando comparações entre os estudos.

A diferença nas receitas de albúmen sólido, albúmen líquido e fibra nos diferentes níveis de dano evidenciou que quanto maior o dano causado pelo ácaro-da-necrose-do-

coqueiro, maior será a perda econômica. Corroborando com os resultados encontrados por Cavalcante (2019), que estudou os níveis de danos do ácaro-da-necrose-do-coqueiro em diferentes cultivares e constatou que há um decréscimo da receita bruta à medida em que aumentamos níveis de dano. Portanto, há a necessidade de se identificar cultivares que mesmo sob ataque de pragas apresentem menor suscetibilidade ao ataque, sem alteração no rendimento dos frutos. No geral, a cultivar AAG x GOA apresentou maior rendimento de massa nos frutos com nível de dano 4 e receita relativamente constante entre os diferentes níveis de dano, ou seja, o dano causado pelo ácaro-da-necrose-do-coqueiro não interferiu significativamente no rendimento e receita dos frutos. Esta cultivar é supostamente menos suscetível ao ataque do ácaro.

A cultivar AVeJ foi a que apresentou menor perda na receita média obtida com a venda de albúmen sólido, albúmen líquido e fibra, com maior porcentagem (46%) de frutos classificados no nível de dano 0, apesar do elevado número de *A. guerreronis* estimado nos frutos do cacho 4, a receita total permaneceu praticamente a mesma em todos os níveis de dano. Fontes e Wanderley (2006) verificaram a relevância de mercado do albúmen sólido tendo como base um rendimento industrial de coco ralado de 18% em relação ao peso do fruto e levando em consideração que o consumo da indústria no Brasil seja de 23 mil toneladas de coco ralado/ano, é necessário ofertar 127,9 mil toneladas de coco/ano para suprir a demanda da indústria de alimentos.

Observou-se que nenhuma das cultivares estudadas possuem a capacidade de ser altamente produtivas para as variáveis analisadas. Talvez produzam uma quantidade maior ou menor de água, albúmen, amêndoa, endocarpo ou fibra, conforme sua especificidade genética. Características como genótipos de plantas hospedeiras, idade da planta, estilo de vida do ácaro, espécies e linhagens são essenciais para determinar o tipo de alterações nas plantas causadas por eriofídeos (LILLO et al., 2018). Dessa forma, é possível associar os diferentes níveis de danos causados pelo ácaro-da-necrose-do-coqueiro com o rendimento das cultivares do coqueiro.

Conclusões

- A determinação do nível de infestação nos frutos do cacho 4 possibilitou confirmar que 30% dos frutos avaliados apresentaram dano, e que em média cada fruto contém 434 espécimes de *A. guerreronis*.

- No cacho 18 foi possível confirmar que existem danos de diferentes categorias em todas as cultivares, sendo possível selecionar frutos completamente sadios e frutos totalmente danificados pelo ataque do ácaro-da-necrose-do-coqueiro. Confirmando que os danos, principalmente dos níveis 3 e 4, reduzem significativamente o rendimento de frutos do coqueiro. Informações relevantes que poderão ser utilizadas em táticas de manejo de *A. guerreronis*.
- Além disso, foi possível estimar a perda econômica do rendimento dos frutos nos diferentes níveis de dano, conforme aumenta o dano, a receita dos produtos comercializados reduz
- A cultivar AAG x GOA é supostamente menos suscetível ao ataque de *A. guerreronis*.

Referências

- ARAGÃO, C.A.; MALUF, W.R.; DANTAS, B.F.; GAVILANES, M.L.; CARDOSO, M.G. Tricomas foliares associados à resistência ao ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch) em linhagens de tomateiro com alto teor de 2-tridecanona nos folíolos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, 24: 81-93, 2000.
- ARAGÃO, W.M.; TUPINAMBA, E.A.; ANGELO, P.C.S.; RIBEIRO, F.E. Seleção de cultivares de coqueiro para diferentes ecossistemas do Brasil In: QUEIROZ M.A.; GOEDERT C.O.; RAMOS, S.R.R. Recursos Genéticos e Melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro. Brasília: Embrapa - SPI, 1999. p.1-24.
- ARAGÃO, W.M.; COSTA, A.S.; SANTOS, H.C.A.C.; PEDROSO, G.T. Florescimento, produção e composição morfológica de frutos de cultivares de coqueiro. **Agrotrópica**, Itabuna, v.14, n. 3, p.85-174, 2004.
- CANASSA, F.; TALL, S.; MORAL, R.A.; DE LAURA, I.A.R.; DELALIBERA JR., I.; MEYLING, N.V. Effects of bean seed treatment by the entomopathogenic fungi *Metarhizium robertsii* and *Beauveria bassiana* on plant growth, spider mite populations and behavior of predatory mites. **Biological Control**, 132: 199-208, 2019.
- CAVALCANTE, I.P. Resistência e perdas econômicas de híbridos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) a *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) no município de Moju, Pará. 2019. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, 2019.
- BALAJI, K.; HEMAVATHY, A. T. Studies on the seasonal incidence of coconut eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae). **Asian Journal of Bio Science**, 2(1/2): 88-91, 2007.
- FERNANDO, L.C.P.; ARATCHIGE, N.S. **Status of coconut mite *Aceria guerreronis* and biological control research in Sri Lanka**. In: SABELIS, M.W.; BRUIN, J. (Eds.) Trends in acarology. Springer, Amsterdam, pp 379–384, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, 37(4): 529-535, 2019.

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. (2006) Situação atual e perspectivas para a cultura do coqueiro no Brasil. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents (INFOTECA-E). <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/874973/1/doc94.pdf>. Acessado em 8 de setembro de 2022.

FONTES, H.R.; FERREIRA, J.M.S. A cultura do coco. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 102 p., 2006. (Coleção plantar, 48)

HAQ, M.A.; SUMANGALA, K.; RAMANI, N. **Coconut mite invasion, injury and distribution**. In: FERNANDO L.C.P., MORAES G.J, WICKRAMANANDA, I.R., editors. Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka: Coconut Research Institute. pp. 41-49, 2002.

HAQ, M.A.; SOBHA, T.R. Weight loss of copra due to infestation by *Aceria guerreronis*. **Trends in Acarology**. Springer, Dordrecht, 509-510, 2010.

HOWARD, F.W.; ABREU-RODRIGUEZ, E.A. Tightness of the perianth of coconuts in relation to infestation by coconut mite. **Florida Entomologist**, 74:358–361, 1991.

HOWARD, F.W.; ABREU-RODRIGUEZ, E.; DENMARK, H.A. Geographical and seasonal distribution of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), in Puerto Rico and Florida, USA. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, 74:237–251, 1990.

IBGE, 2019. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acessado em: 18 de janeiro de 2021.

JULIA, J.F.; MARIAU, D. Nouvelles recherches en Côte d'Ivoire sur *Eriophyes guerreronis* K., acarien ravageur des noix du cocotier. **Oléagineux**, 34: 181-189, 1979.

KUMAR, S. P.; SINGH, L. Enabling mycelial application of *Hirsutella thompsonii* for managing the coconut mite. **Experimental and Applied Acarology**, 46: 169-182, 2008.

KUMAR, P.S. *Hirsutella thompsonii* as a mycoacaricide for *Aceria guerreronis* on coconut in India: research, development and other aspects. In: SABELIS, M.W., BRUIN, J. (Eds.) Trends in acarology. Springer, Amsterdam, pp. 441–444, 2010.

LAWSON-BALAGBO, L.M.; GONDIM Jr., M.G.C.; MORAES, G.J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. (2007) Refuge use by the coconut mite *Aceria guerreronis*: fine scale distribution and association with other mites under the perianth. **Biological Control**, 43:102–110, 2007.

LILLO, E.; POZZEBON, A.; VALENZANO, D.; DUSO, C. An intimate relationship between Eriophyoid Mites and their host plants—A review. **Frontiers in plant science**, 9, 2018.

- LIMA, D.B.; MELO, J.W.S.; GONDIM JR. M.G.C.; MORAES, G.J. Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis*. **Experimental and Applied Acarology**, 56:233–246, 2012.
- LIMA, D.B.; MONTEIRO, V.B.; GUEDES, R.N.C.; SIQUEIRA, H.A.A.; PALLINI, A.; GONDIM Jr, M.G.C. Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. **Biocontrol**, 58:595–605, 2013.
- MELO, J.W.S.; DOMINGOS, C.A.; PALLINI, A.; OLIVEIRA, J.E.M.; GONDIM, M.G.C. Removal of Bunches or Spikelets Is Not Effective for the Control of *Aceria guerreronis*. **HortScience**, v. 47, p. 626-630, 2012.
- MELO, J.W.S.; LIMA, D.B.; STAUDACHER, H.; SILVA, F.R.; GONDIM JR., M.G.C.; SABELIS, M.W. Evidence of *Amblyseius largoensis* and *Euseius alatus* as biological control agent of *Aceria guerreronis*. **Experimental and Applied Acarology**, 67: 411-421, 2015.
- MOORE, D.; ALEXANDER, L.; HALL, R.A. The coconut mite, *Eriophyes guerreronis* Keifer in St. Lucia: yield losses and attempts to control it with acaricide, polybutene and *Hirsutella* fungus. **Tropical Pest Management**, 35: 83-89, 1989.
- MOORE, D.; ALEXANDER, L. Resistance of coconuts in St. Lucia to attack by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* Keifer. **Tropical Pest Management**, 67:33–36, 1990.
- MUTHIAH, C.; NATARAJAN, C. Varietal reaction and nutrient management of coconut eriophyid mite. **The Planter**, 80:159–169, 2004.
- NAVIA, D.; GONDIM JR., M.G.C.; ARATCHIGE, N.S.; MORAES, G.J. A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. **Experimental and Applied Acarology**, 59: 67-94, 2013.
- NEGLOH, K.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. **Experimental and Applied Acarology**, 55: 361-374, 2011.
- REIS, A.C.; GONDIM JR., M.G.C.; MORAES, G.J.; HANA, R.; SCHAUSBERGER, P.; LAWSON-BALAGBO, L.M.; BARROS, R. Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, 37:457-462, 2008.
- REZENDE, D.; MELO, J.W.S.; OLIVEIRA, J.E.M.; GONDIM, M.G.C. Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. **Experimental and Applied Acarology**, p. 297-310, 2016.
- R CORE TEAM (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RIBEIRO, F.E.; SIQUEIRA, E.R de; ARAGÃO, W. M. Coqueiro. In: BRUCKNER, C.H. (Ed.) Melhoramentos de fruteiras tropicais. Viçosa: UFV, 2002. p.225-249.
- SCHLISSKE, J. On the gall mite fauna (Acari: Eriophyidae) of *Cocos nucifera* L. in Costa Rica. **Nachrichtenblatt Duetschen Pflanzenschutzdienstes**, 40:124–127, 1988.

SILVA, F.R.; DE MORAES, G.J.; LESNA, I.; SATO, Y.; VASQUEZ, C.; HANNA, R.; SABELIS, M.W.; JANSSEN, A. Size of predatory mites and refuge entrance determine success of biological control of the coconut mite. **BioControl**, 681–689, 2016.

SOCOCO, Nossa história. Disponível em: <<http://www.sococo.com.br/nossa-historia/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2021.

SOUSA, S.G.S., GONDIM, M.G.C. JR, ARGOLO, P.S., OLIVEIRA, A.R. Evaluation damage in the perianth: a new diagrammatic scale to estimate population level of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) in coconut fruits. **Acta Agronômica**, 66:141–147, 2017.

SOBHA, T.R.; HAQ, M.A. Population dynamics of the coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Kerala, India. **Acarological Studies**, 165:173, 2019.

SUAREZ, A. Distribución y evaluación de daños del acaro *Eriophyes guerreronis* em plantaciones de cocotero de la region de Baracoa. **Plant Protection**, 1:75–81, 1991.

TEIXEIRA, L.A.; SILVA, J.A.A. Nutrição mineral de populações e híbridos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) cultivados em bebedouro (SP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 25: 371-374 p., 2003.

VAN LEEUWEN, T.; WITTERS, J.; NAUEN, R.; DUSO, C.; TIRRY, L. The control of eriophyoid mites: state of the art and future challenges. **Experimental and Applied Acarology**, 51 (1-3): 205-224, 2010.

VARADARAJAN, M.K.; DAVID, P.M.M. Effect of ground vegetation and nut characteristics on the severity of infestation by *Aceria guerreronis* in coconut. **Entomon.**, 28:361–365, 2003.

WICKRAMANANDA, I.R.; PEIRIS, T.S.G.; FERNANDO, M.T.; FERNANDO, L.C.P.; Edgington, S. Impact of the coconut mite (*Aceria guerreronis* Keifer) on the coconut industry in Sri Lanka. **Cord.**, 23: 1–16, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas deste trabalho referem-se à tentativa de solucionar um dos principais problemas fitossanitários da cultura do coqueiro no mundo, porém com ênfase para as condições climáticas da região amazônica. O ataque intensivo do ácaro *A. guerreronis* provoca perdas significativas no rendimento de albúmen sólido, albúmen líquido e mesocarpo para produção de fibra. No âmbito do manejo integrado de pragas, objetivou-se obter informações que pudessem auxiliar na redução ou manejo correto da praga com o uso de ácaros predadores e fungos benéficos coletados no bioma amazônico, além do estudo de cultivares menos suscetíveis ao ataque do ácaro.

Os resultados do estudo relatado no Capítulo 1 sugerem que, o manejo feito para o controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro na área estudada não é eficiente, pois não houve diferença estatística entre as áreas estudadas (com e sem aplicação de pesticidas). Além disso, foi possível avaliar a dinâmica populacional do ácaro, o que permitiu inferir que no primeiro semestre do ano houve redução no número estimado de ácaros nos frutos amostrados, provavelmente devido às fortes chuvas registradas no primeiro semestre; contrariamente ao que ocorreu no segundo semestre, marcado por baixa precipitação e aumento do número estimado de *A. guerreronis*. Em associação com o ácaro-praga foram identificados ácaros predadores de diferentes famílias, com destaque para os fitoseídeos e dentre estes, *Amblyseius aerialis*, predominante nas coletas e presente nos frutos e folíolos. Essa espécie de ácaro predador é comumente encontrada na região amazônica em diversas culturas de importância econômica.

No Capítulo 2, foi demonstrado através de testes de resposta funcional que o predador *A. aerialis* possui capacidade para regular a população de *A. guerreronis* em condições de laboratório, cada fêmea consome até 175 presas por dia. A resposta numérica mostrou que quanto maior a densidade de presas ofertadas, maior foi o número de ovos postos/fêmea. E que há um aumento no fitness do predador quando alimentado com *A. guerreronis* e pólen de coco, favorecendo seu desenvolvimento e incremento populacional caso seja multiplicado para futuros testes em campo.

Os resultados obtidos no Capítulo 3 foram muito relevantes e podem auxiliar no manejo sustentável do ácaro-da-necrose-do-coqueiro, pois duas espécies de fungos coletados no bioma amazônico parecem ser promissoras para o controle de *A. guerreronis*. Os fungos *P. lilacinum* e *M. anisopliae* provocaram redução no número de *A. guerreronis* nos frutos

tratados, com redução em mais de 50% do número de ácaros em frutos tratados pelo fungo *P. lilacinum*, se comparados com o tratamento padrão realizado pela empresa e o controle absoluto (plantas sem tratamento). Entretanto, mais estudos precisam ser conduzidos para estabelecer a melhor concentração a ser aplicada, bem como a tecnologia de aplicação e teste de confirmação de mortalidade através de esporulação dos fungos avaliados.

Finalmente no Capítulo 4 foi possível estudar o ataque do ácaro-da-necrose-do-coqueiro em diferentes variedades, permitindo constatar que a cultivar AAG x GOA é supostamente menos suscetível ao ataque da praga, pois mesmo em diferentes níveis de dano apresentou rendimento na massa dos frutos maior estatisticamente do que as demais. Além disso, os danos de nível 4 comprometem a produção de albúmen sólido, albúmen líquido e fibra, pois quanto maior o dano, menor o rendimento.

Mediante o exposto, espera-se que a realização deste trabalho possa contribuir para o manejo sustentável do ácaro-da-necrose-do-coqueiro em plantios de coco na Amazônia e no Brasil, reduzindo o uso de pesticidas e alternando o controle de pragas com táticas alternativas, reduzindo perdas devido ao ataque, aumentando o rendimento da produção de frutos e integrando técnicas que favoreçam a produção de alimentos sustentáveis.