



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ADRIANO DA SILVA GAMA**

**USO DE GEOESTATÍSTICA NO MONITORAMENTO DA DOENÇA ATROFIA  
LETAL DA COROA DO COQUEIRO E PULVERIZAÇÃO ELETROSTÁTICA NO  
CONTROLE DE *Aceria guerreronis* EM PLANTIO COMERCIAL DE COQUEIRO**

**BELÉM  
2021**

**ADRIANO DA SILVA GAMA**

**USO DE GEOESTATÍSTICA NO MONITORAMENTO DA DOENÇA ATROFIA  
LETAL DA COROA DO COQUEIRO E PULVERIZAÇÃO ELETROSTÁTICA NO  
CONTROLE DE *Aceria guerreronis* EM PLANTIO COMERCIAL DE COQUEIRO**

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

Área de concentração: Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva  
Farias

**BELÉM  
2021**

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

---

- G184u Gama, Adriano da Silva  
    Uso de geoestatística no monitoramento da doença atrofia letal da coroa do coqueiro e pulverização eletrostática no controle de *Aceria guerreronis* em plantio comercial de coqueiro / Adriano da Silva Gama. - 2021.  
    51 f. : il. color.
- Tese (Doutorado) - , Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.  
    Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Faria
1. ALCC. 2. Krigagem. 3. Tecnologia de aplicação. 4. Volume. 5. Eficiência. I. Faria, Paulo Roberto Silva, *orient.* II. Título

---

CDD 631

**ADRIANO DA SILVA GAMA**

**USO DE GEOESTATÍSTICA NO MONITORAMENTO DA DOENÇA ATROFIA  
LETAL DA COROA DO COQUEIRO E PULVERIZAÇÃO ELETROSTÁTICA NO  
CONTROLE DE *Aceria guerreronis* EM PLANTIO COMERCIAL DE COQUEIRO**

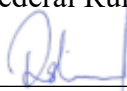
Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de doutor.  
Área de concentração: Agronomia


22/10/2021

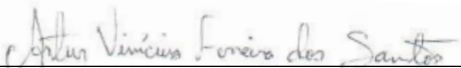
Data da aprovação


**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Paulo Roberto Silva Farias - Orientador  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ricardo Salles Tinôco – 1º Examinador  
Gerente Agrícola Amacoco

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Alessandra Daniele de Sousa Brandão – 2º Examinador  
Consultora em fitossanidade na CKBV Florestal Ltda- CIKEL

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Artur Vinicius Ferreira dos Santos 3º Examinador  
Universidade Federal do Pará – UFPA

  
\_\_\_\_\_  
Dr. João Almiro Correa Soares – 4º Examinador  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus Agradeço primeiramente à Deus pelo dom da vida;

Ao meu orientador Paulo Roberto Silva Farias pelos incentivos.

À Universidade Federal Rural da Amazônia pela oportunidade de realizar este curso;

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade concedida

À Empresa Sococo S/A pelo suporte logístico e financeiro na realização desta pesquisa;

À minha família pela compreensão em todos os momentos;

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Dados são o novo petróleo”*

(Clive Humby)

## RESUMO

Pragas e doenças são os principais desafios à produção agrícola da cocoicultura no Brasil. A ‘Atrofia Letal da Coroa do Coqueiro’ (ALCC) e o ácaro *Aceria guerreronis* têm se constituído como ameaças aos plantios comerciais de coco do país, causando grandes perdas na produção. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o padrão de distribuição espacial e temporal da ALCC em área comercial de plantio de coco anão verde do Brasil, no município de Santa Izabel do Pará. Realizaram-se avaliações de janeiro de 2014 a dezembro de 2018, verificando plantas com sintomas característicos da ALCC. Utilizou-se a ferramenta geoestatística para a geração de semivariogramas e confecção de mapas de krigagem. O modelo que melhor ajustou-se à distribuição espacial da doença foi o esférico em função do  $R^2$ . O Índice de Dependência Espacial (IDE) apresentou-se moderado nas avaliações entre 2014 e 2017, com exceção do ano de 2018, que apresentou IDE forte. A utilização do pulverizador eletrostático mostrou-se eficiente para a pulverização de coqueiro. Observou-se que a densidade e tamanho de gotas foram satisfatórias. A cobertura de pulverização e deposição foram maiores no terço médio e no terço inferior. Quanto aos parâmetros, deposição e uniformidade de distribuição volumétrica, os melhores resultados ocorreram quando foram utilizados o volume de 888 L ha<sup>-1</sup>. O experimento mostrou que o pulverizador eletrostático pode ser considerado uma forma eficiente para aplicação de fitossanitários em coqueiros adultos, reduzindo o volume de calda aplicada por planta. Os valores médios de densidade de gotas superaram a necessidade de 40 gotas cm<sup>-1</sup>. O maior diâmetro da mediana volumétrica e o menor não comprometeram a qualidade das pulverizações, por gerarem gotas médias e finas.

**Palavras-chave:** ALCC, Krigagem, Tecnologia de aplicação, Volume, Eficiência.

## ABSTRACT

Pests and diseases are the main challenges for the agricultural production of coconut farming in Brazil. The 'Lethal Atrophy of the Coconut Crown' (ALCC) and the *Aceria guerreronis* mite have become threats to commercial coconut plantations in the country, causing large losses in production. The objective of this work was to characterize the spatial and temporal distribution pattern of the ALCC in a commercial area of green dwarf coconut plantations in Brazil, in the municipality of Santa Izabel do Pará. Evaluations were carried out from January 2014 to December 2018, checking plants with symptoms characteristic of ALCC. The geostatistical tool was used to generate semivariograms and make kriging maps. The model that best fit the spatial distribution of the disease was the spherical one as a function of  $R^2$ . The Spatial Dependence Index (SDI) was moderate in the evaluations between 2014 and 2017, with the exception of 2018, which showed strong SDI. The use of an electrostatic sprayer proved to be efficient for coconut spraying. It was observed that the droplet density and size were satisfactory. Spray coverage and deposition were higher in the middle and lower thirds. As for the parameters, deposition and volumetric distribution uniformity, the best results occurred when the volume of 888 L ha<sup>-1</sup> was used. The experiment showed that the electrostatic spray can be considered an efficient way to apply pesticides to adult coconut trees, reducing the volume of spray applied per plant. The average drop density values exceeded the need for 40 drops cm<sup>-1</sup>. The largest diameter of the volumetric median and the smallest did not compromise the quality of the sprays, as they generated medium and fine droplets.

**Keywords:** LCCA, Kriging, Application Technology, Volume, Efficiency.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** - Disposição dos talhões (A) e plantas (B) em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, Santa Izabel, Pará, Brasil.....22
- Figura 2.2** - Produção de cocos (bags) e incidência de ALCC (número de coqueiro com sintomas) entre 2014 e 2018 em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, Santa Izabel, Pará, Brasil.....26
- Figura 2.3** - Sintomas da ALCC em diversos órgãos do coqueiro. (A) encurtamento dos folíolos da folha flecha, (B) atrofia completa, (C) encurtamento da espata e (D) abortamento de frutos em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, Santa Izabel, Pará, Brasil. ....27
- Figura 2.4** - Percentual de incidência de ALCC por talhão e total da área experimental (acumulado) entre 2014 e 2018, em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, no município de Santa Izabel, Pará, Brasil.....28
- Figura 2.5** - Mapa de krigagem da distribuição espacial e temporal de ALCC em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, no período de 2014 a 2018. Município de Santa Izabel, Pará, Brasil.....31
- Figura 3.1** - Mapa de localização: (A) Limites municipais, (B) Talhões da fazenda. Moju (PA), 2020.....39
- Figura 3.2** - Pulverizador eletrostático em detalhes: (A) aplicação em campo, (B) bicos com eletrificação indireta, (C) Comando de acionamento do sistema, (D) modulo de eletrificação. Moju (PA), 2020.....40
- Figura 3.3** - Papel hidrossensível posicionadas no dossel dos coqueiros: (A) Mini scanner DropScope e etiquetas, (B) papéis dispostos na planta antes de pulverizar, (C) papéis na planta após pulverização. Moju (PA), 2020. ....41
- Figura 3.4** - Croqui da localização de alvos da pulverização no dossel do coqueiro. Moju (PA), 2020.....42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Parâmetros do semivariograma, área de alcance, coeficiente de determinação, índice de aleatoriedade, modelo experimental para análise geoestatística e índice de dependência espacial, em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, no município de Santa Izabel, Pará, Brasil.....	29
Tabela 3.1. Volumes de pulverização eletrostática e configurações do pulverizador. Moju (PA), 2020.....	41
Tabela 3.2. Densidade (gotas $\text{cm}^{-1}$ ) em relação a posição das etiquetas e volume ( $\text{L min}^{-1}$ ). Moju (PA), 2020.....	43
Tabela 3.3. Valores médios obtidos de densidade de gotas por $\text{cm}^2$ em função do volume aplicado. Moju (PA), 2020.....	44
Tabela 3.4. Valores médios obtidos de Diâmetro da mediana volumétrica ( $\mu\text{m}$ ), em função do volume aplicado. Moju (PA), 2020.....	46
Tabela 3.5. Valores médios obtidos de Diâmetro da mediana volumétrica ( $\mu\text{m}$ ) em função do volume aplicado. Moju (PA), 2020.....	47
Tabela 3.6. Deposição de calda em relação a posição das etiquetas e volume ( $\text{L min}^{-1}$ ). Moju (PA), 2020. Moju (PA), 2020. ....	47

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>	<b>12</b>
REFERÊNCIAS.....	15
<b>2. MODELAGEM GEOESTATÍSTICA DA “ATROFIA LETAL DA COROA DO COQUEIRO”, NOVA DOENÇA NO ESTADO DO PARÁ.....</b>	<b>18</b>
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
<b>2.1 Introdução.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Material e métodos .....</b>	<b>21</b>
2.2.1 Área experimental .....	21
2.2.2 Delineamento experimental.....	21
2.2.3 Banco de dados .....	22
2.2.4 Geoestatística.....	23
2.2.5 Semivariograma experimental .....	23
2.2.6 Modelo esférico.....	23
2.2.7 Mapeamento .....	24
2.2.8 Krigagem.....	24
<b>2.3 Resultados e discussão.....</b>	<b>25</b>
2.3.1 Produtividade de frutos.....	25
2.3.2 Sintomatologia da ALCC.....	26
2.3.3 Dependência espacial.....	28
<b>2.4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>32</b>
REFERÊNCIAS.....	32
<b>3. DEPOSIÇÃO DA CALDA DE APLICAÇÃO EM COQUEIRO UTILIZANDO PULVERIZAÇÃO ELETROSTÁTICA PARA CONTROLE DE <i>Aceria guerreronis</i> KEIFER (ACARI: ERIOPHYIDAE).....</b>	<b>35</b>
RESUMO.....	35
ABSTRACT.....	36
<b>Introdução.....</b>	<b>37</b>
<b>Material e métodos .....</b>	<b>39</b>
<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>51</b>

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O coco (*Cocos nucifera* L.) é cultivado em cerca de 90 países que destinam o fruto para a produção de copra e óleo, principais derivados do fruto comercializados no mercado internacional. A Ásia é o maior produtor do fruto, sendo a Indonésia, Filipinas e Índia, os principais produtores mundiais, juntos eles detêm 72,3% da área plantada e 72,6% da produção mundial do fruto (FAOSTAT, 2020).

O Brasil perdeu uma posição para o Sri Lanka, encontrando-se agora na quinta colocação com 1,7% da área cultivada e 3,8% da produção mundial, entretanto possui a mais elevada produtividade por hectare (BRAINER, 2018).

No Brasil, o coqueiro é cultivado com a finalidade de produzir frutos destinados à agroindústria para produção principal de coco ralado, leite coco, além da água de coco. A comercialização de água de coco tem crescido nos últimos anos, apresentando ainda grandes perspectivas futuras, tendo em vista o crescimento do consumo nos mercados interno e externo, (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2014).

Segundo a Associação Nacional dos Produtores de Coco (APROCOCO), a cocoicultura brasileira vem tendo perdas pelas importações de produtos derivados do coco com outros mercados. Os produtores estrangeiros recebem subsídios governamentais e não estão submetidos à legislação do Brasil, o que dificulta a concorrência do produto brasileiro”. Embora a comercialização do fruto tenha crescido, a concorrência com a importações de produtos derivados e que tem prejudicado a cadeia produtiva.

No Brasil, a área destinada ao plantio foi de 188 mil hectares, atualmente o Estado do Ceará possui a maior área plantada de coco produzindo 302 mil toneladas, em 2019, com uma área colhida de 38 mil ha, o estado da Bahia embora tenha tido uma área plantada menor que a do Ceará, colheu 333 mil toneladas em uma área colhida de 37 mil ha, destacando-se como maior região produtora de coco no cenário nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE], 2019).

O Estado do Pará ocupa a 3ª posição como produtor nacional de coco, com uma produção de aproximadamente 175 mil toneladas na safra 2019 em uma área colhida de 17 mil ha. Destacam-se como polos produtores os municípios de Santa Izabel do Pará e Moju (IBGE, 2019).

Por se tratar de uma cultura amplamente utilizada, principalmente em cultivo de monocultura, existem muitas pragas associadas ao coqueiro, entre elas, algumas espécies de ácaros fitófagos que infestam folhas e frutos de coqueiro no Brasil.

Atualmente, outra preocupação paira sobre a cocoicultura nacional, uma nova doença denominada de “Atrofia Letal da Coroa do Coqueiro” (ALCC), uma nova enfermidade que afeta a produtividade e leva plantas ao definhamento e morte, relatado primeiramente no Estado de Pernambuco (FERRAZ et al., 2012).

Os sintomas da ALCC não se assemelham aos de nenhuma doença dos diferentes grupos nos quais se enquadra o ‘amarelecimento letal’. Contudo há similaridade entre ela e a enfermidade conhecida por ‘Porroca’ que foi constatada no Panamá (GILBERT; PARKER, 2008).

As principais dificuldades para o controle dessa doença são, seu rápido progresso e alta letalidade, e a carência de estudos sobre a forma de transmissão. Os primeiros sintomas da doença surgem nas folhas mais jovens. Inicialmente, as extremidades dos folíolos ficam amarelos e se tornam necrosados e retorcidos (WARWICK et al., 2018).

Os sintomas culminam com o atrofiamento da coroa, com posterior queda da copa e morte da planta no intervalo de três meses a dois anos, sendo observado em todas as variedades de coco produzidos no Estado do Pará (WARWICK et al., 2018).

Outra praga associada ao coqueiro é o ácaro *Aceria guerreronis*, esse ácaro alimenta-se da região meristemática dos frutos, ocasionando a depreciação deles, causando prejuízos significativos à produção do albúmen sólido (copra) na maior parte dos países produtores de coco das Américas do Sul e Central, Antilhas, África e Ásia (MOORE & HOWARD, 1996). *A. guerreronis* foi descrito originalmente do Estado de Guerrero, no México (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

No Brasil, foi citado pela primeira vez em plantios nos Estados de Pernambuco e Rio de Janeiro (ROBBS; PERACCHI, 1965). Atualmente *A. guerreronis* está presente em todas as regiões produtoras de coco, com destaque para os Estados de Ceará, Bahia, Sergipe, Alagoas e Pará, (BASTIANEL et al., 2010; CAVALCANTE, 2019, IBGE, 2019; LAWSON-BALAGBO; GONDIM JÚNIOR; MORAES; HANNA, 2008;).

O sintoma inicial do ataque é o aparecimento de uma clorose triangular na superfície do fruto, que se origina sob as brácteas. Esta aumenta de tamanho e progride para uma necrose à medida que o fruto se desenvolve (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Frutos com esses sintomas perdem o seu valor comercial, especialmente para o consumo da água in natura. As perdas ocasionadas por *A. guerreronis* têm sido relatadas como variando de 30 a 60% (NAIR, 2002).

A agricultura moderna pode ser compreendida como o modelo de produção que incorpora grande acervo de tecnologia e conhecimento relacionados à produção agrícola. Diariamente surgem novas tecnologias que impactam a sociedade, as formas de consumo, o mercado e a forma de produzir alimentos. Nesse cenário, o campo também tem passado por muitas transformações, junto à chamada agricultura 4.0.

O conceito de tecnologia de aplicação nasceu na Inglaterra, em 1986, com os primeiros estudos realizados pelo professor Graham Matthews, como o emprego de todas as informações, produtos ou técnicas para promover aplicação de agroquímicos com a qualidade necessária para o melhor controle do agente de dano, ao mais baixo custo e menor contaminação ambiental possível (MATTHEWS, 2000).

Essa nova forma de agricultura aparece no novo cenário da hiperconectividade, sendo chamada hoje de Quarta Revolução Industrial (SIBALDE, 2020). Essa série de transformações, tornam a atividade agrícola um processo de gerenciamento produtivo com novas técnicas. O crescente desenvolvimento de novas técnicas ligadas ao manejo das culturas, novos equipamentos e insumos mais eficientes têm proporcionado ganhos significativos no rendimento das culturas (LOUREMBAM; LASKAR; MUKHERJEE, 2018).

A viabilidade desta atividade está sempre em risco em decorrência de fatores controláveis e não controláveis que definem a produtividade agrícola (SOARES FILHO; CUNHA, 2015). Na prática, a agricultura 4.0 é a conexão de todos os sistemas em tempo real a partir do uso de Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (AI), Big Data, Advanced analytics, nanobiotecnologia, softwares, sensores óticos e smartphones, entre outras inovações (ZHAI et al., 2020).

A Agricultura 4.0, como a quarta evolução da tecnologia agrícola, apresenta requisitos essenciais: aumentar a produtividade, alocar recursos de maneira razoável, adaptar-se às mudanças climáticas e evitar o desperdício de alimentos e redução do uso produtos químicos. Conforme o mercado de agricultura de precisão amadurece, mais agricultores adotam soluções baseadas em dados, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, por sua capacidade de agregar tendências, rastrear suprimentos, avaliar riscos e recompensas, gerar modelos preditivos e aumentar os rendimentos (CIÊNCIA E DADOS, 2019). Uma ferramenta muito útil na avaliação da distribuição espacial de pragas agrícolas é a geoestatística. Segundo Vieira, (1997) é um método que consiste em ajustar e elaborar um modelo de semivariograma teórico, para em seguida gerar mapas a partir da interpolação dos dados. Vários autores utilizaram a geoestatística para representar a distribuição espacial de pragas e doenças em sistemas agrícolas

(DIONISIO et al., 2020; PINHO et al., 2016). Para esses autores a geoestatística foi uma ferramenta eficiente na avaliação do padrão agregado de pragas de cultivos agrícolas. As distribuições espaciais dos organismos no espaço é uma característica ecológica da espécie podendo ser utilizado modelos matemáticos que interpretam as distribuições espaciais dos organismos, (YAMAMOTO; LANDIM, 2013; RODRIGUES; FERNANDES; ROBERTO, 2010; LYNCH; FOWLER; SIMMONS, 1990).

## REFERÊNCIAS

BRAINER, M. S. C. P. Produção de coco: o nordeste é destaque nacional. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v. 3 n. 61, dez. 2018. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4296541/61\\_coco.pdf/c172dd8f-3044-f1db-5d0c-a94c5eb735e0](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4296541/61_coco.pdf/c172dd8f-3044-f1db-5d0c-a94c5eb735e0). Acesso em: 25 fev. 2020.

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. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Agronomia (PPGA). Campus Universitário de Belém. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2019.

CIÊNCIA E DADOS. **Aplicações e Técnicas de Machine Learning na Agricultura**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://www.cienciaedados.com/aplicacoes-e-tecnicas-de-machine-learning-na-agricultura/>. Acesso em: 5 jul. 2019.

DIONISIO, L. F. S. *et al.* Spatial distribution of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in oil palm, Roraima State, Brazil. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, Recife v. 15, n. 1, p. 1-9, 2020.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 18 maio 2020.

FERRAZ, L. G. B. et al. Nova doença letal ao coqueiro no Brasil. **Tropical Plant Pathology**, Germany, v. 38, p. 295–301, 2012.

GILBERT, G. S.; PARKER, I. M. Porroca: An emerging disease of coconut in Central America. **Plant Disease**, United States, v. 92, n. 5, p. 826-830, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Agricultura**: sistema IBGE de recuperação automática - Sidra. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 25 out. 2020.

LOUREMBAM, D.; LASKAR, S.; MUKHERJEE, S. Framework for an optical sensor system for monitoring of soil nitrogen and tailoring soil pH. **Journal of Optics**, India, v. 47, n. 2, p. 180–194, 1 jun. 2018.

LAWSON-BALAGBO, L.M.; GONDIM JÚNIOR, 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*, v.98, p.83-96, 2008.

LYNCH, A. M.; FOWLER, G. W.; SIMMONS, G. A. Sequential Sampling Plans for Spruce Budworm (Lepidoptera: Tortricidae) Egg Mass Density Using Monte Carlo **Simulation**. **Journal of Economic Entomology**, London, v. 83, n. 4, p. 1479–1484, 1 ago. 1990.

MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A. **Produção e Comercialização de Coco no Brasil Internacional: Panorama 2014**. Aracaju: Comitê Local de Publicações, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/122994/1/Producao-e-comercializacao-Doc-184.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2021.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Acarology manual: basic acarology and plant mites cultivated in Brazil**. Ribeirão Preto: Holos, 2008.

MOORE, D.; HOWARD, F.W. Coconuts. In: LINDQUIST, E.E.; SABELIS, M.W.; BRUIN, J. (Ed.). Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam: Elsevier Science, 1996. p.561-570

NAIR C.P.R. Status of coconut eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer in India. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON COCONUT MITE (*ACERIA GUERRERONIS*). Lunuwila. Proceedings [...]. Lunuwila: Coconut Research Institute, 2002. p 9-12.

PINHO, R. C. *et al.* Distribuição espacial de *Rhynchophorus palmarum* em palma de óleo no Estado do Pará, Amazônia. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 59, n. 1, p. 22-31, 2016. Disponível: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2116>. Acesso em: 2 abr. 2021.

ROBBS, C. F.; PERACCHI, A. L. Sobre a ocorrência de um ácaro prejudicial ao coqueiro (*Cocos nucifera* L.). In: REUNIÃO FITOSSANITÁRIA, 1965, Rio de Janeiro. **Anais**[...]. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1965.

RODRIGUES, T. R.; FERNANDES, M. G.; ROBERTO, H. Distribuição espacial de *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera , Aphididae ) e *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera, Aleyrodidae ) em algodoeiro Bt e não- Bt. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 136–143, 2010.

SIBALDE, S. **Qualidade de dados é desafio para a Agricultura 4.0**. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <http://www.cenarioagro.com.br/qualidade-de-dados-e-desafio-para-a-agricultura-4-0/>. Acesso em: 2 abr. 2021.

SOARES FILHO, R.; CUNHA, J. P. A. R. Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás-Brasil. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v. 4430, n. 64, p. 689-698, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/PSDTZRmBFrCdxTsJFwSVbZm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 2 abr. 2021.

VIEIRA, S. R. Spatial variability of clay content, silt content and chemical properties within an experimental plot of a dusky red latosol in Campinas, state of São Paulo, Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 181-190, 1997.

WARWICK, D. R. N. *et al.* **Coconut culture in Brazil**. 3. ed. ed. Brasília, DF: Ed. Técnicos, 2018.

MATTHEWS, G. **Pesticide Application Methods**. 3 ed. Hoboken, NJ, Publisher Wiley-Blackwell, 2000



YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geostatistics**: concepts and applications. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

ZHAI, Z. *et al.* Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 170, n. 2019, p. 16, aug. 2020.

## 2 MODELAGEM GEOESTATÍSTICA DA “ATROFIA LETAL DA COROA DO COQUEIRO”, NOVA DOENÇA NO ESTADO DO PARÁ<sup>1</sup>

### RESUMO:

A ‘Atrofia Letal da Coroa do Coqueiro’ (ALCC) é uma doença capaz de levar plantas a morte e que se dissemina rapidamente pelo país, ameaçando a exploração comercial do coqueiro no Brasil. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o padrão de distribuição espacial e temporal da ALCC em área de plantio comercial de coco anão verde do Brasil no município de Santa Izabel, mesorregião do Nordeste Paraense. Realizaram-se avaliações com intervalo mensal no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2018, verificando plantas com sintomas característicos da ALCC. Aplicou-se a ferramenta geoestatística para realizar estimativas espaço-temporal da doença, a partir da modelagem de semivariogramas e confecção de mapas de krigagem ordinária. Essas estimativas espaciais são conduzidas por meio de interpolações que caracterizam a variabilidade dos dados na área. O modelo que melhor ajustou-se à distribuição espacial da doença foi o esférico, por apresentar valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) satisfatório, com variação no alcance de 14 a 45 m. O Índice de Dependência Espacial (IDE) apresentou-se moderado nas avaliações entre 2014 e 2017, ficando no intervalo de 0,26 a 0,64, com exceção do ano de 2018, que apresentou IDE forte, com valor de 0,23. Os valores da intensidade de agrupamento de plantas com sintomas de ALCC foram estimados em pontos não amostrados. O modelo de ajuste esférico dos dados indica um padrão de distribuição agregada, mostrado através de manchas de agregação no plantio, graduados por valores de intensidade da disseminação. Através dos mapas de krigagem, observa-se, que a expansão da doença ocorre entre plantas na mesma linha, sugerindo a possibilidade da presença de um vetor de curto alcance.

**Palavras-chave:** *Cocos nucifera* L. ALCC. Interpolação. krigagem.

---

<sup>1</sup> Artigo aceito na revista Semina: Ciências Agrárias, conforme normas da revista. Estilo American Psychology Association [APA].

**ABSTRACT:**

The 'Lethal Atrophy of the Coconut Crown' (LCCA) is a disease capable of killing plants and that spreads quickly throughout the country, threatening the commercial exploitation of the coconut tree in Brazil. The objective of this work was to characterize the pattern of spatial and temporal distribution of the ALCC in an area of commercial planting green dwarf coconut in Brazil in the municipality of Santa Izabel, mesoregion of the Northeast of Pará. Monthly evaluations were carried out from January 2014 to December 2018, checking plants with symptoms characteristic of ALCC. The geostatistical tool was applied to perform spatial and temporal estimates of the disease, based on semivariogram modeling and preparation of ordinary kriging maps. These spatial estimates are conducted through interpolations that characterize the variability of the data in the area. The model that best fitted the spatial distribution of the disease was the spherical one, as it presented a satisfactory coefficient of determination ( $R^2$ ) with a range of range from 14 to 45 m. The Spatial Dependence Index (SDI) was moderate in the evaluations between 2014 and 2017, in the range of 0.26 to 0.64, except for 2018, which presented a strong SDI, with a value of 0.23. The values the clustering intensity of plants with symptoms of ALCC were estimated in non-sampled points. The spherical fit model of the data indicates an aggregated distribution pattern, shown by patches of aggregation in the plantation, graded by values dissemination intensity. Through the kriging maps, it is observed that the expansion of the disease occurs between plants in the same line, suggesting the possibility of the presence of a short-range vector.

**Keywords:** *Cocos nucifera* L. ALCC. Interpolation. kriging.

## 2.1 Introdução

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é explorado comercialmente em 90 países, totalizando doze milhões de hectares, beneficiando mais de 80 milhões de pessoas (Ferraz et al., 2020). Esta espécie de palmeira possui grande importância econômica e social nos países produtores (Harries & Clement, 2014). Os dados mais recentes disponíveis da produção mundial de coco são de 2019, indicando que foram produzidos 62,4 milhões de toneladas de frutos, sendo 73,8% do total produzidos por Indonésia (30,1%), Filipinas (24,7%) e Índia (19,0%) (United States Department of Agriculture [USDA], 2020).

O Brasil é o quinto maior produtor de coco do mundo, com participação de 3,8% do total mundial de frutos produzidos. Segundo estatísticas do agronegócio brasileiro, a exportação do fruto gerou um faturamento superior a US\$ 996.000 em 2020 (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento [MAPA], 2021).

O Estado do Pará ocupa a terceira posição nacional com 17.311 hectares de área plantada da cultura, produzindo 175.215 toneladas de frutos, ficando atrás apenas dos Estados da Bahia e Ceará (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2019).

O ataque de pragas e doenças causam grandes prejuízos à cocoicultura (Ferreira et al., 2018). Atualmente, diversos problemas fitossanitários afetam coqueiros no mundo e no Brasil, como: Amarelecimento Letal (fitoplasmas do grupo 16Sr DNA IV), Resinose (*Thielaviopsis paradoxa*), Ácaro vermelho das palmeiras (*Raoiella indica* Hirs), Anel vermelho (*Bursaphelenchus cocophilus*), Ácaro da necrose (*Aceria guerreronis* Keifer), entre outros (Barroso et al., 2019; Bonnot et al., 2010; Carvalho et al., 2021; Rezende et al., 2016; Silva et al., 2016).

No Brasil, uma doença denominada “Atrofia Letal da Coroa do Coqueiro” (ALCC), foi registrada no país em 2012, no Estado de Pernambuco. Essa doença afeta a produtividade do coqueiro com posterior morte da planta, estando presente em diversos Estados do país, como: Bahia, Amazonas, Sergipe, Roraima, Paraíba e Pará (Ferraz et al., 2020).

Os sintomas da ALCC são diferentes dos apresentados pelas doenças causadas por fitoplasmas, como o “amarelecimento letal” (Gurr et al., 2016). Contudo, há similaridade de sintomas entre ALCC e outra doença conhecido por “Porroca” (folha curta), que se propaga da Colômbia em direção ao Panamá (Gilbert & Parker, 2008).

Neste contexto, apesar do conhecimento sobre o efeito negativo da ALCC sobre os plantios, não há estudos confirmados sobre a sua etiologia ou epidemiologia nos coqueiros e/ou possíveis vetores que possam transmitir a doença. Não há, na literatura, relato de caracterização do padrão de distribuição espacial e temporal da ALCC descrito até o presente momento.

Nesse caso, a geoestatística é uma ferramenta adequada para identificar padrões de distribuição espacial e temporal, auxiliando na identificação de focos sintomáticos (Bonnot, Franqueville, & Lourença, 2010). Existe uma diversidade de trabalhos nessa linha de estudo de modelagem de distribuição espacial como Oliveira et al., (2016), Ferraz et al., (2017), Trindade et al. (2017) e Brandão et al. (2018), que utilizaram geoestatística para caracterizar o padrão de distribuição espacial, subsidiando estratégias de identificação e manejo de pragas em diversas culturas. Portanto, a geração de mapas de distribuição espacial e temporal, auxilia nos métodos de identificação, manejo e controle de pragas, conferindo-lhes maior eficácia (Duarte, Calvo, Borges, & Scatoni, 2015; Ferreira et al., 2020).

Portanto, devido à importância desta doença para a cocoicultura brasileira e à falta de estudos básicos para identificar e implementar um manejo adequado, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o padrão de distribuição espacial e temporal da doença Atrofia Letal da Coroa do Coqueiro em coqueiros no estado do Pará por meio de análise geoestatística.

## **2.2 Material e métodos**

### **2.2.1 Área experimental**

O estudo foi realizado em plantio comercial de coqueiro, localizado no município de Santa Izabel - PA, pertencente a fazenda Reunidas Sococo (01° 13' 40,16" Sul; 48° 02' 54,35" Oeste). O solo predominante na área é o Neossolo Quartzarênico distrófico, com baixa capacidade de agregação de partículas, muito arenoso, limitação quanto à capacidade de armazenamento de água disponível, baixos teores de argila e de matéria orgânica, tornando-o suscetível à erosão (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa], 2017).

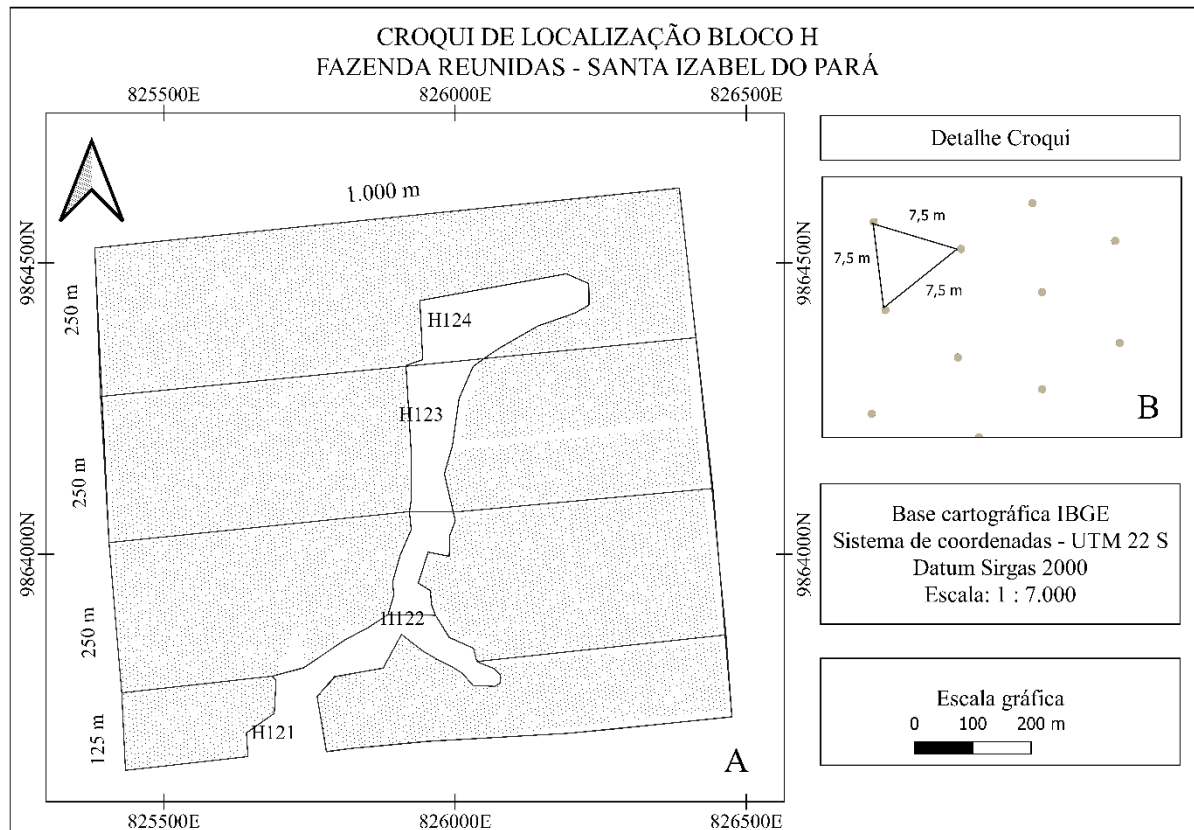
A região é caracterizada por elevados índices pluviométricos anual, com valores de até 3.000 mm anuais e umidade relativa média de 80% (Dubreuil, Fante, Planchon, & Neto, 2018). A classificação climática segundo Köppen-Geiger é do tipo Af<sub>i</sub>, em que o período de chuvas ocorre de janeiro a maio e o período de seca de junho a dezembro (Secretária do Estado e Meio Ambiente e Sustentabilidade [SEMAS], 2019).

### **2.2.2 Delineamento experimental**

A variedade de coco analisada no estudo é a anão verde do Brasil (*Cocos nucifera* L.), destinada a extração de água, espaçamento equilátero (7,5 x 7,5 x 7,5 m), 205 plantas/hectare, implantadas entre os anos 2011/2012. Os dados do estudo foram obtidos do bloco denominado H, contendo quatro talhões (H121; H122; H123; H124), totalizando 15.880 plantas em 81,35

hectares. Os tamanhos de três dos talhões eram de 250 x 1.000 m e um menor (H 121) com 125 x 1.000 m. Cada talhão possui 155 fileiras de 33 plantas, com exceção da parcela H 121, com apenas 17 plantas por fileira (Figura 2.1).

**Figura 2.1.** Disposição dos talhões (A) e plantas (B) em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, Santa Izabel, Pará, Brasil.



Fonte: O autor (2021).

### 2.2.3 Banco de dados

Os dados são referentes aos anos de 2014/2018, obtidos pelo monitoramento de sintomas da ALCC em condições de campo. As plantas dos talhões que apresentaram sintomas foram registradas em um banco de dados temporal (anual), disponibilizado pela empresa Sococo S/A, totalizando 15.880 plantas. As plantas foram inspecionadas mensalmente por monitores de campo treinados, anotando-se presença de sintomas com o número um (1) ou ausência de sintomas com o número zero (0). Para identificação dos sintomas foi utilizado uma escala diagramática disponível na literatura (Warwick et al., 2019). Os dados de produtividade dos talhões foram fornecidos pela empresa Sococo S/A. Na mensuração da produtividade dos talhões são utilizados sacos modelo 'big bag' agrícola (120 x 90 x 90 cm), fabricados em

polipropileno, que comportam até 400 unidades de fruto, que são coletados por caminhões de transbordo, sendo a unidade de produtividade medida em bags/talhão.

#### 2.2.4 Geoestatística

Seguiu-se a metodologia de Vieira, Hatfield, Nielsen e Biggar (1983) utilizando a informação da posição da amostra (x, y) e o valor que a variável sintomas (0 e 1) assumiu em cada ponto (planta). Desta forma, de cada ponto de amostragem obteve-se o valor da variável de estudo e as coordenadas (longitude e latitude) do ponto onde foi realizada a amostragem.

#### 2.2.5 Semivariograma experimental

O semivariograma expressa a variabilidade espacial entre as amostras, sendo uma função dependente do vetor (h), ou seja, a distância entre os pares de amostras. É capaz de medir o grau de dissimilaridade entre pares em razão da distância e orientação entre dois locais de amostragem (Seidel & Oliveira, 2014). É um procedimento essencial da análise geoestatística, pois o modelo escolhido será utilizado na krigagem ordinária para interpolação dos dados. O semivariograma é estimado por:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Onde,  $\gamma(h)$  é a semivariância calculada pela distância h; N(h) é o número total de plantas doentes analisadas, separadas por uma distância (h). No caso de variáveis dependentes do espaço, os valores  $[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$ , aumentam até atingir o patamar de estabilidade, onde a distância (h) entre os pares não interfere mais na variabilidade presente (Yamamoto & Landim, 2013).

A semivariância mede o grau de dependência espacial entre amostras, assumindo-se uma estacionaridade nas propagações de plantas doentes. Isso significa que o semivariograma mede a variabilidade condicionada pela distância (h) entre as amostras. Isso significa que observações mais próximas tendem para um comportamento mais semelhante entre si do que aquelas separadas por maiores distâncias (Nanos, Calama, Montero, & Gil, 2004).

#### 2.2.6 Modelo esférico

O modelo de semivariograma utilizado neste trabalho foi o esférico, em função de ter apresentado os melhores resultados para coeficiente de correlação ( $R^2$ ). O modelo esférico tem um comportamento linear próximo da origem que representa fenômenos contínuos, mas não

diferenciáveis, sendo um dos modelos matemáticos mais usados (Yamamoto & Landim, 2013). O modelo esférico é representado pela seguinte equação:

$$\gamma^*(h) = C_0 + C_1 \left[ 1,5 \frac{h}{a} - 0,5 \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right], \quad \text{para } 0 < h < a$$

$$\gamma^*(h) = C_0 + C_1, \quad \text{para } h \geq a$$

Onde,  $C_0$  é o efeito pepita,  $C_1$  é o patamar depois passando-se uma reta que intercepte o eixo  $y$  em  $C_1$  e seja tangente aos primeiros pontos próximos de  $h=0$ . Essa tangente cruzará o patamar à distância,  $a'=2/3 a$ . Assim, o alcance ( $a$ ), será  $a=3a'/2$ . O modelo esférico é linear até aproximadamente  $1/3 a$ .

### 2.2.7 Mapeamento

O Software *Surfer* (v.11) foi utilizado para interpolar dos dados. É um programa de mapeamento baseado em grade que interpola dados XYZ com espaçamento irregular em uma grade com espaçamento regular, permitindo o ajuste dos parâmetros de interpolação e grade, identificando a continuidade espacial dos dados com variogramas modelados em função grau de dependência espacial entre amostras (Golden Software, 2014). Os semivariogramas foram ajustados usando como base o índice de determinação ( $R^2$ ), para a escolha do melhor modelo em função do quadrado médio do erro, erro padrão de predição e a autocorrelação entre os dados (Seidel & Oliveira, 2016; Silva et al., 2016).

### 2.2.8 Krigagem

Com base nos semivariogramas ajustados foram construídos mapas de krigagem ordinária, que demonstraram a distribuição espacial de ALCC nos talhões, modelando a estrutura de variabilidade presente. Além disso, foram gerados índices de dependência espacial [ $IDE = C_0 / (C_0 + C_1)$ ], classificados de acordo com intervalos que consideram a dependência espacial em três tipos: forte ( $IDE < 0,25$ ), moderada ( $0,25 < IDE < 0,75$ ) e fraca ( $IDE > 0,75$ ) conforme trabalho de Cambardella (1994). Os valores da intensidade de agrupamento de plantas com sintomas de ALCC foram estimados em pontos não amostrados, pela seguinte equação:

$$Z^*(X_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$$

Onde,  $Z^*$  é a estimativa referencial de localização e  $x_i$  são os valores combinados linearmente das amostras vizinhas.  $N$  simboliza os valores medidos relacionados da estimativa,  $\lambda_i$  foi a moderação associada aos valores medidos. Nesse método, os pesos foram



calculados sob duas restrições: onde a variância é a mínima possível e o estimador não apresenta tendência (Journal & Huijbregts, 2003). O modelo mais adequado aos parâmetros foi selecionado através da padronização e ajuste dos dados, estimado por:

$$\gamma(h) = [C_0 + C_1 * modelo(\alpha)]$$

Onde,  $C_0$  = semivariância mínima,  $(C_0 + C_1)$  = semivariância máxima,  $\alpha$  = intervalo de agregação e  $h$  = distância que separa os pares de pontos obtidos (Yamamoto & Landim, 2013).

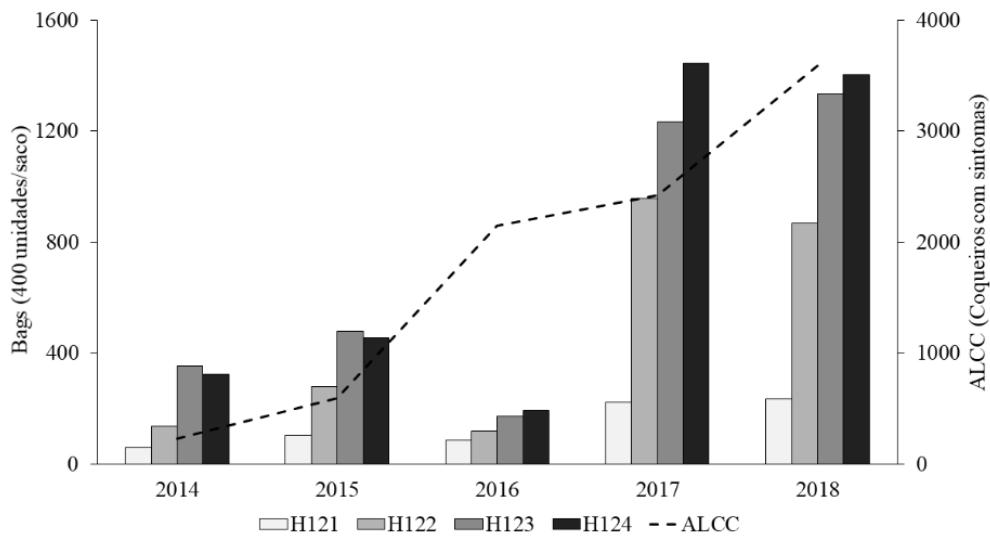
Para definição do grau de dependência espacial destaca-se a metodologia utilizada por Cambardella et al. (1994). Esse método de avaliação utiliza os parâmetros do efeito pepita e contribuição ( $C_0 + C_1$ ). Por outro lado, a metodologia denominada de Índice de Dependência Espacial (IDE) proposta por Sidel e Oliveira (2014) inclui na análise o parâmetro alcance e um fator de correção do modelo. O IDE tem como objetivo considerar os aspectos geométricos da área, abrangendo todas as características da dependência espacial.

## 2.3 Resultados e discussão

### 2.3.1 Produtividade de frutos

A produtividade de frutos colhidos foi mensurada em ‘bags’ (400 frutos/saco) para cada talhão. A produtividade dos talhões foi fortemente afetada nos anos de 2014 e 2015, possivelmente pela redução da pluviosidade na região e que afetou o desenvolvimento vegetativo das plantas, sendo o ano de maior redução na produção de frutos o ano de 2016, onde todos os talhões tiveram produtividade abaixo de 500 bags. Essa tendência de crescimento na produtividade é normal devido à idade do plantio, que é jovem e está se tornando adulto onde estabiliza a produção. Em 2015 teve uma seca forte na Amazônia e o gráfico mostra que essa seca afetou a produtividade de 2016 e afetou também a curva e crescimento de casos de ALCC, isso pode indicar que o déficit hídrico foi determinante para o crescimento do número de casos. A Figura 2.2 apresenta as diferenças de produtividade entre cada talhão entre 2014 e 2018 e o registro de casos aa inciência da doença.

**Figura 2.2.** Produção de cocos (bags) e incidência de ALCC (número de coqueiro com sintomas) entre 2014 e 2018 em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, Santa Izabel, Pará, Brasil.

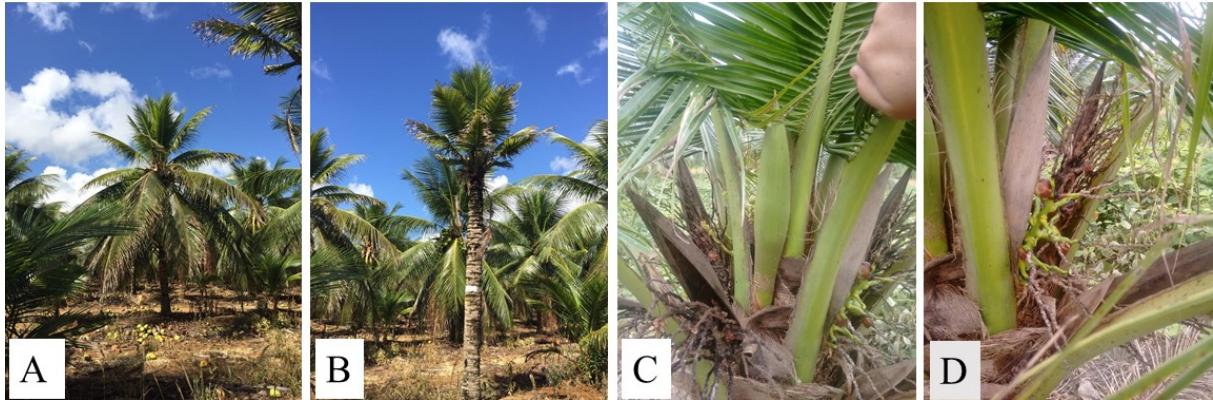


Fonte: O autor (2021).

### 2.3.2 Sintomatologia da ALCC

Ocorre acentuada redução da coroa a partir dos tecidos na região de crescimento apical. Seguem mais sintomas como encurtamento dos folíolos da folha flecha (Figura 2.3A), atrofia completa das folhas (Figura 2.3B), encurtamento da espata (Figura 2.3C) e abortamento de frutos (Figura 2.3D). Existem variações na expressão sintomatológica de plantas com ALCC, sendo possível estar associadas a mais de uma enfermidade presente no local, o que interfere em uma definição de quais são realmente os sintomas característicos da doença. As maiores prevalências de plantas com sintomas estão localizadas nos talhões H121 e H122. Isso é reflexo da diminuição do número de novas folhas emitidas, encurtamento dos folíolos, redução da fotossíntese, abortamento de frutos em estágios iniciais, seguida da morte da planta.

**Figura 2.3.** Sintomas da ALCC em diversos órgãos do coqueiro. (A) encurtamento dos folíolos da folha flecha, (B) atrofia completa, (C) encurtamento da espata e (D) abortamento de frutos em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, Santa Izabel, Pará, Brasil.

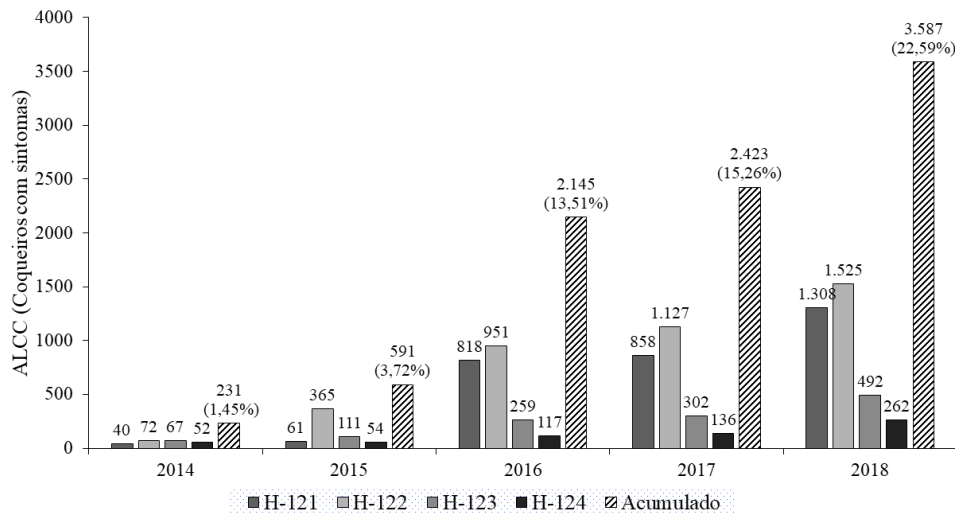


Fonte: O autor (2021).

A melhora na produtividade de *bags* em 2017 e 2018, deu-se pela adoção de algumas técnicas de manejo como adubação reforçada e controle de pragas e pela melhoria no índice pluviométrico na região. Embora a produtividade tenha melhorado, o número de plantas afetadas pela ALCC continuou a crescer pelos talhões, evidenciando-se que nos talhões H121 e H122 houve uma maior incidência de plantas doentes, ocasionando a necessidade da eliminação de plantas, causando redução do número de *bags* produzidos, não acompanhando o padrão de produtividade dos outros talhões H123 e H124, onde o número de *bags* permaneceu acima de 800.

Entre os anos de 2014 e 2015 o número de plantas com ALCC variou entre 40 e 365 nos talhões, com um valor acumulado de 231 (2014) e 591 (2015) plantas com sintomas, representando um aumento considerável no valor inicial em apenas um ano de monitoramento dos sintomas, o que equivale a 1,45% e 3,72%, respectivamente. Os anos subsequentes de 2016 (13,51%) e 2017 (15,26%) demonstraram que esses percentual de plantas doentes teve expressivo crescimento. De 2016 até 2018, as plantas dos talhões H121 e H122 foram as que mais apresentaram sintomas, a dispersão da doença alcançou o valor acumulado de 3.587 (2018) plantas com sintomas nos quatro talhões na última avaliação, o que representou 22,59% de plantas afetadas durante o período de tempo analisado (Figura 2.4).

**Figura 2.4.** Percentual de incidência de ALCC por talhão e total da área experimental (acumulado) entre 2014 e 2018, em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, no município de Santa Izabel, Pará, Brasil.



Fonte: O autor (2021).

### 2.3.3 Dependência espacial

A geoestatística é considerada um método auxiliar de pesquisa qualitativa, favorecendo uma redução no custo relativo do inventário de problemas do plantio, fornecendo resultados mais detalhados e confiáveis quanto aos obtidos por meio do uso da estatística clássica, que não considera a posição do dado (x, y) (Lundgren et al., 2015). A análise da dependência espacial viabiliza a observação da estrutura de dependência espacial, que associa distâncias com semivariâncias, auxiliando o fator de correção do modelo pelo índice de determinação ( $R^2$ ) (Seidel & Oliveira, 2016).

A dependência espacial do número de plantas com sintomas de ALCC foi estudada por meio de semivariogramas e o modelo esférico foi o que melhor ajustou-se aos dados, por proporcionar maior valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), em todos os anos avaliados, e que permitiu demonstrar que a geoestatística pode auxiliar no monitoramento da distribuição espacial e temporal da ALCC no campo. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) indica a qualidade do ajuste do modelo do semivariograma. Valores próximos de 1,0 indicam bom ajuste, o que pode ser observado para o presente trabalho, onde apresentou resultados entre 0,91 e 0,99. Os parâmetros dos semivariogramas utilizados são descritos na tabela 2.1.

Tabela 2.2 - Parâmetros do semivariograma, área de alcance, coeficiente de determinação, índice de aleatoriedade, modelo experimental para análise geoestatística e índice de dependência espacial, em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, no município de Santa Izabel, Pará, Brasil.

<sup>1</sup> Ano	<sup>2</sup> Área (m <sup>2</sup> )	Parâmetros							
		<sup>3</sup> C <sub>0</sub>	<sup>4</sup> C <sub>1</sub>	<sup>5</sup> a (m)	<sup>6</sup> R <sup>2</sup>	<sup>7</sup> k	<sup>8</sup> Modelo	<sup>9</sup> IDE	<sup>10</sup> NPF
2014	3.630	0,017	0,0094	34	0,94	0,64	Esférico	Moderada	74
2015	2.640	0,016	0,0035	29	0,99	0,31	Esférico	Moderada	54
2016	615	0,016	0,045	14	0,91	0,26	Esférico	Moderada	12
2017	706	0,019	0,043	15	0,91	0,30	Esférico	Moderada	14
2018	6.358	0,006	0,019	45	0,99	0,23	Esférico	Forte	130

<sup>1</sup>Ano da amostragem; <sup>2</sup>Área estimada pela relação  $\pi.r^2$  ( $r = a$ ); <sup>3</sup>Efeito pepita; <sup>4</sup>Variância espacial; <sup>5</sup>Alcance (metros); <sup>6</sup>Coeficiente de determinação; <sup>7</sup>Índice k para aleatoriedade espacial estimada pela relação  $C_0/(C_0+C_1)$ ; <sup>8</sup>Ajustes do modelo; <sup>9</sup> Dependência espacial; <sup>10</sup> Número de plantas doentes por foco. Fonte: O autor (2021).

O parâmetro k, estima quanto de aleatoriedade existem nos levantamentos, observou-se nas amostragens, que os valores variaram de 0,23 a 0,64 (Tabela 2.6), indicando uma variação máxima de 64% nos levantamentos da ALCC. Esses resultados estão dentro do recomendado por Journel & Huijbregts (2003), que citam que valores maiores que 0,80 indicam aleatoriedade e nenhuma dependência entre as amostras.

A ALCC possui padrão agregado de dispersão, isso significa, que quando existe plantas vizinhas doentes, a probabilidade de uma planta sadia próxima apresentar a doença é maior. Geralmente esse padrão é fortemente ligado a presença de um vetor, que transmite a doença a curta distâncias, preferencialmente dentro da linha do plantio (Bassanezi & Laranjeira, 2007). Esse padrão também é observado por outros autores que estudaram comportamento de pragas agrícolas e que mostram que plantas infectadas por vetores tem efeito nas plantas vizinhas (Correia et al., 2019; Oliveira et al., 2016).

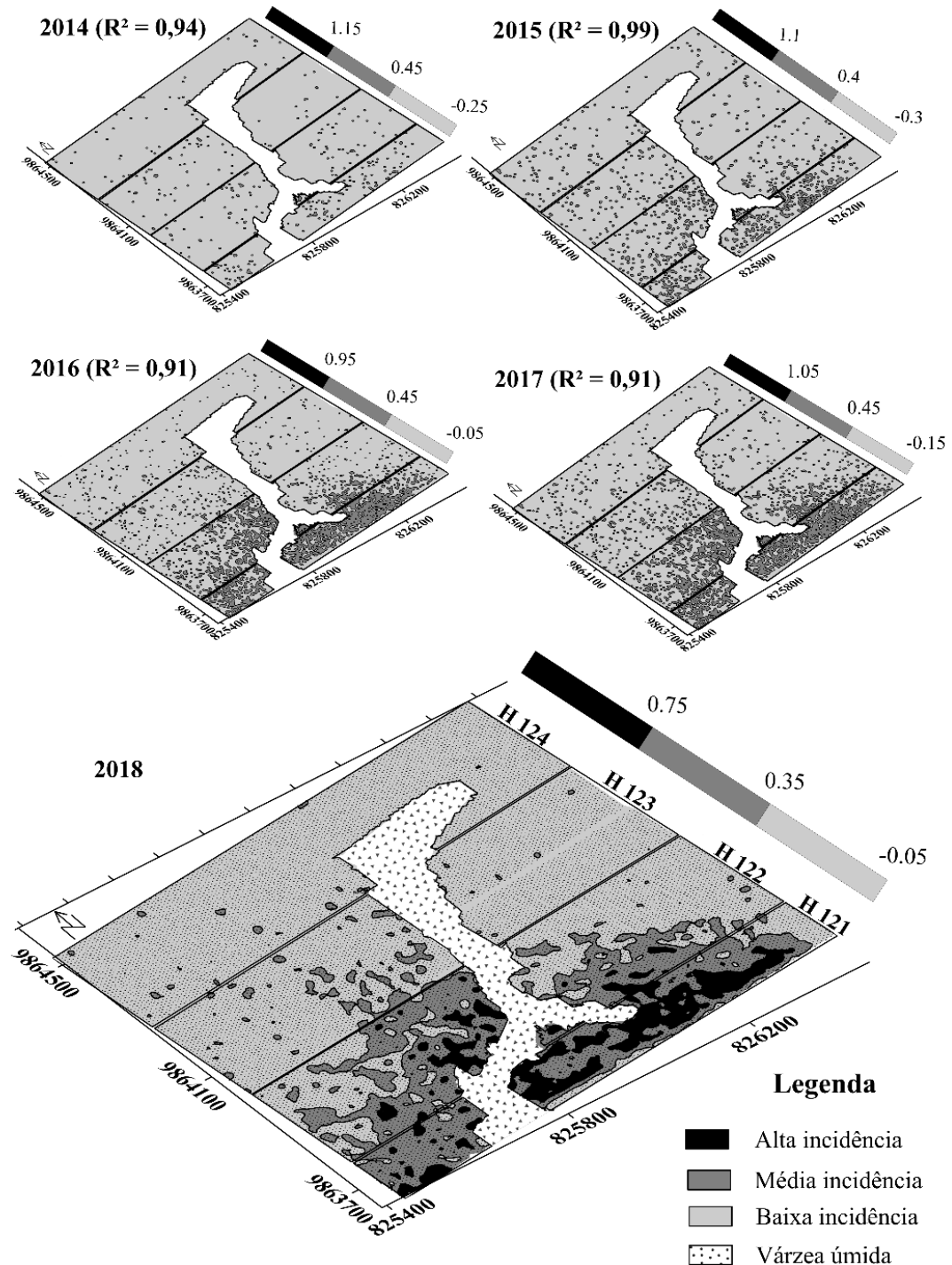
Esse modelo de distribuição agregada é o que melhor se adequa ao comportamento espacial da doença, pois mostra os focos de incidência na forma de áreas concêntricas que tendem a se expandir em todas as direções de acordo com o crescimento populacional da doença (Bastos et al., 2019). Estudos de Silva et al. (2016), encontraram distribuição agregada com moderada dependência espacial para anel vermelho (causado por *Bursaphelenchus cocophilus*)

e forte dependência espacial para a incidência de resinose (causado por *Thielaviopsis paradoxa*), doenças que atacam coqueiros na região do estudo.

Houve redução no raio de agregação nos anos de 2015, 2016 e 2017, em relação ao primeiro ano de avaliação (2014), diminuindo a formação de manchas agrupadas, o que pode ter ocorrido por conta da eliminação de plantas doentes, diminuído o número de focos de incidência da doença, mas que voltou a crescer em 2018. No ano de 2018, ocorreu um novo surto de plantas doentes, com alcance máximo de 45 m (Tabela 2.6). Os talhões H121 e H122 foram os que tiveram maior progresso da doença em todo o período. Em função dos alcances, foi possível determinar o tamanho das áreas (m<sup>2</sup>) e o número de plantas doentes por foco de agregação (NPF) (Tabela 2.6). Isso implica dizer que, o alcance foi capaz de projetar a área de influência com plantas doentes, por exemplo para uma distância de alcance mínimo de 14 metros, implica que 12 plantas estão passíveis de apresentar sintomas de ALCC, e que uma distância de alcance máximo de 45 metros, ocasiona ao menos 130 plantas com sintomas, desde que haja um foco inicial.

Esses resultados auxiliam na definição de estratégias de monitoramento, pois utilizando espaçamentos inferiores aos alcances encontrados pode-se obter uma forma eficiente de amostragem em áreas específicas. Os mapas de krigagem mostram melhor a evolução da doença em campo pela formação de manchas agrupadas e seus respectivo valores de ajustes de semivariograma para geração dos mapas de distribuição espacial e temporal da doença (Figura 2.5).

Figura 2.5. Mapa de krigagem da distribuição espacial e temporal de ALCC em plantio comercial de coco anão verde do Brasil, no período de 2014 a 2018. Município de Santa Isabel, Pará, Brasil.



Fonte: O autor (2021).

Os mapas temáticos de krigagem mostram que as infecções não se distribuíram em área total na superfície dos talhões analisados, havendo zonas de maior incidência de plantas doentes, sendo necessário direcionar medidas de controle nas áreas específicas de contágio.

## 2.4 CONCLUSÃO

A distribuição espacial da Atrofia letal da coroa do coqueiro formando manchas de agregação de 14 a 45 m, sugerindo que sejam realizadas ações de controle no raio de alcance da expansão da doença;

O modelo de ajuste esférico dos dados indica um padrão de distribuição agregada, mostrado através de manchas de agregação no plantio;

Através dos mapas de krigagem, observa-se, que a expansão da doença ocorre entre plantas próximas, sugerindo a presença de um vetor de curto alcance, o que requer estudos mais aprofundados.

## AGRADECIMENTOS

À Gerência da empresa Sococo Agroindústria da Amazônia S/A, à equipe técnica de fitossanidade da fazenda Reunidas Sococo por contribuir ricamente para o sucesso desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Barroso, G., Rocha, C. M., Moreira, G. F., Hata, F. T., Roggia, S., Ventura, M. U., Pasini, A., Silva, J. E. P., Holtz, A. M., & Moraes, G. J. (2019). What is the Southern Limit of the Distribution of Red Palm Mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), in Agricultural Lands in Brazil?. *Florida Entomologist*, 102(3), 581–585. doi:10.1653/024.102.0334
- Bassanezi, R. B., & Laranjeira, F. F. (2007). Spatial patterns of leprosis and its mite vector in commercial citrus groves in Brazil. *Plant Pathology*, 56(1), 97–106. doi:10.1111/j.1365-3059.2006.01457.x
- Bastos, L. F., Santos, A. V. F., Penner, F. V., Siqueira, L. M. M., Silva, A. G., Martins, I. C. F., Lins, P. M. P., & Batista, T. F. V. (2019). Spatial Analysis and Population Dynamics of *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Cixiidae) in Coconut Amazon. *Journal of Agricultural Science*, 11(14), 186–197. doi:10.5539/jas.v11n14p186
- Bonnot, F., Franqueville, H., & Lourença, E. (2010). Spatial and spatiotemporal pattern analysis of coconut lethal yellowing in Mozambique. *Phytopathology*, 100(4), 300–312. doi:10.1094/PHYTO-100-4-0300
- Brandão, A. D. S., Dionisio, L. F. S., Farias, P. R. S., Schwartz, G., & Carvalho, J. O. P. (2018). Spatial distribution pattern of *Euxylophora paraensis* Huber in a natural managed forest in the Eastern Amazon. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 13(3), 1–9. doi:10.5039/agraria.v13i3a5545
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., Novak, J. M., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F., & Konopka, A. E. (1994). Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58(5), 1501–1511. doi:10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x
- Carvalho, L. L. B., Castro, H. S., Campos, I. L., Anhê, B. B., Jucá, A. C. C., Oliveira, D. A., Lins, P. M. P., Silva, G. B., & Batista, T. F. V. (2021). Edaphic entomofauna associated with coconut crops in the eastern Amazon. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(5), 2615–2628. doi:10.5433/1679-0359.2021v42n5p2615



- Correia, R. G., Oliveira, F. A., Souza, L. S., Neves, R. L. P., Senado, J. A. V., Santos, J. T. S., & Batista, T. F. V. (2019). Coleopterans prospection associated to forest ecosystems of *Swietenia macrophylla* (King), Eastern Amazonia. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(5), 1775–1788. doi:10.5433/1679-0359.2019v40n5p1775
- Duarte, F., Calvo, M. V., Borges, A., & Scatoni, I. B. (2015). Geostatistics and Geographic Information Systems to Study the Spatial Distribution of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) in Peach Fields. *Neotropical Entomology*, 44, 319–327. doi:10.1007/s13744-015-0288-3
- Dubreuil, V., Fante, K. P., Planchon, O., & Sant'anna, J. L. Neto. (2018). Les types de climats annuels au Brésil: une application du classement de Köppen de 1961 à 2015. *Confins - Revista Franco-Brasileira de Geografia*, 37, 1–27. doi:10.4000/confins.15738
- Ferraz, L. G. B., Assis, T. C., Coelho, I. L., Santiago, M. F., & Santos, A. M. G. (2020). Nova doença ameaça coqueirais brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, 25(1), 4–8. doi:10.12661/pap.2020.005
- Ferreira, J. F. S., Warwick, D. R. N., & Siqueira, L. A. (2018). A cultura do coqueiro no Brasil. 3 ed. Brasília, DF: FUNEP.
- Gilbert, G. S., & Parker, I. M. (2008). Porroca: An emerging disease of coconut in Central America. *Plant Disease*, 92(5), 826–830. doi:10.1094/PDIS-92-5-0826
- Golden Software. (2014). Surfer 12 User 's Guide (No. 12; p. 71). <https://www.goldensoftware.com/>
- Gurr, G. M., Johnson, A. C., Ash, G. J., Wilson, B. A. L., Ero, M. M., Pilotti, C. A., Dewhurst, C. F., & You, M. S. (2016). Coconut lethal yellowing diseases: A phytoplasma threat to palms of global economic and social significance. *Frontiers in Plant Science*, 7(1), 1–21. doi:10.3389/fpls.2016.01521
- Harries, H. C., & Clement, C. R. (2014). Long-distance dispersal of the coconut palm by migration within the coral atoll ecosystem. *Annals of Botany*, 113(4), 565–570. doi:10.1093/aob/mct293
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. (2019). Indicadores Produção Agrícola (2019). <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>.
- Journel, A. G., & Huijbregts, J. C. H. (2003). Mining geostatistics. Nova York: Blackburn Press Krame (ed.); 2 ed. University of Virginia. doi:10.1180/minmag.1979.043.328.34
- Lundgren, W. J. C., Silva, J. A. A., & Ferreira, R. L. C. (2015). Estimação de volume de madeira de eucalipto por cokrigagem, krigagem e regressão. *Cerne*, 21(2), 243–250. doi:10.1590/01047760201521021532
- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento [MAPA]. (2021). *Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro*. AGROSTAT. <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>
- Nanos, N., Calama, R., Montero, G., & Gil, L. (2004). Geostatistical prediction of height/diameter models. *Forest Ecology and Management*, 195(1), 221–235. doi:10.1016/j.foreco.2004.02.031
- Oliveira, F. J., Farias, P. R. S., Silva, A. G., Rodrigo, K. C. V., & Araújo, F. C. B. (2016). Distribuição espacial da leprose dos citros na Amazônia Oriental. *Revista Ciência Agronômica*, 47(1), 56–68. doi:10.5935/1806-6690.20160007

- 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. *Experimental and Applied Acarology*, 69(3), 297–310. doi:10.1007/s10493-016-0039-0
- Rojo, J., & Pérez-Badia, R. (2015). Science of the Total Environment Spatiotemporal analysis of olive flowering using geostatistical techniques. *Science of the Total Environment*, 505(1), 860–869. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.10.022
- Secretária do Estado e Meio Ambiente e Sustentabilidade [SEMAS]. (2019). Classificação climática do Pará (Método de Köppen). Belém. <https://www.semas.pa.gov.br/hidromet/>
- Seidel, E. J., & Oliveira, M. S. (2016). A classification for a geostatistical index of spatial dependence. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, 40(1), 1–10. doi:10.1590/18069657rbcS20160007
- Seidel, E. J., & Oliveira, M. S. (2014). New geostatistical index for measuring spatial dependence. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(3), 699–705. doi:10.1590/S0100-06832014000300002
- Silva, C. M., Macambira, L., Mercês, E., Silva, G. B., Lins, P. P., & Carvalho, E. A. (2016). Distribuição espacial do anel vermelho (*Bursaphelenchus cocophilus*) e da resinose (*Thielaviopsis paradoxa*) em coqueiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 11(3), 192–197. doi:10.5039/agraria.v11i3a5385
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). Manual de Métodos de Análise de Solo (3a Edição). Brasília. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>
- Trindade, R. B., Fernandes, M. G., Oliveira, A. C., & Martins, P. H. A. (2017). Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, noctuidae) em milho convencional e Bt. *EntomoBrasilis*, 10(2), 89–93. doi:10.12741/ebrasilis.v10i2.683
- United States Department of Agriculture [USDA]. (2020). *Foreign Agricultural Service. Production, Supply and Distribution (PSD) Datasets*. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>
- Vieira, R., Hatfield, J. L., Nielsen, D. R., & Biggar, W. (1983). Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51(3), 1–75. doi:10.3733/hilg.v51n03p075
- Warwick, D. R. N., Talamini, V., Ferreira, J. F. S., & Moreira, M. A. B. (2019). Escala diagramática para avaliação da severidade da Atrofia Letal da Coroa do Coqueiro (ALCC) (No. 221; Vol. 1). Sergipe. EMBRAPA. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1108714/escala-diagramatica-para-avaliacao-da-severidade-da-atrofia-letal-da-coroa-do-coqueiro-alcc>
- Yamamoto, J. K., & Landim, P. M. B. (2013). *Geostatística: conceitos e aplicações* São Paulo, SP: Oficina de Textos.

### 3 DEPOSIÇÃO DA CALDA DE APLICAÇÃO EM COQUEIRO UTILIZANDO PULVERIZAÇÃO ELETROSTÁTICA PARA CONTROLE DE *Aceria guerreronis*<sup>2</sup>

#### RESUMO

O trabalho avaliou os parâmetros da pulverização em cultura de coqueiro. A eficiência e a deposição de gotas sobre o alvo são importantes para a eficácia no combate de pragas e doenças. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de três posições de deposição de calda e dois volumes de aplicação em coqueiros, através da densidade de gotas, diâmetro da mediana volumétrica e deposição da calda. O pulverizador eletrostático mostrou-se eficiente para a pulverização em plantas adultas de coqueiro. Observou-se que todos os tratamentos avaliados apresentaram densidade e tamanho de gotas satisfatórias para a pulverização. Quanto aos parâmetros, deposição e uniformidade de distribuição volumétrica, os melhores resultados ocorreram quando foram utilizados os volumes de 888 L/ha. A cobertura de pulverização e deposição foram maiores no terço médio e no terço inferior. O experimento mostrou que o pulverizador eletrostático pode ser considerado uma forma eficiente para aplicação de fitossanitários em coqueiros adultos, reduzindo o volume de calda aplicada por planta. Os valores médios de densidade de gotas superaram a necessidade de 40 gotas cm<sup>-1</sup>. O maior diâmetro da mediana volumétrica e o menor não comprometeram a qualidade das pulverizações, por gerarem gotas médias e finas.

**Palavras-chave:** Artrópode-praga. Dossel. Etiqueta hidrossensível. Densidade de gotas.

---

<sup>2</sup> Formato ABNT

## ABSTRACT

The work evaluated the parameters of spraying in coconut culture. The efficiency and the deposition of drops on the target are important for the effectiveness in combating pests and diseases. The objective of this work was to evaluate the effect of three spray deposition positions and two application volumes on coconut trees, through droplet density, volumetric median diameter and spray deposition. The electrostatic sprayer proved to be efficient for spraying adult coconut plants. It was observed that all evaluated treatments presented satisfactory density and droplet size for spraying. As for the parameters, deposition and volumetric distribution uniformity, the best results occurred when volumes of 888 L/ha were used. Spray coverage and deposition were higher in the middle and lower thirds. The experiment showed that the electrostatic spray can be considered an efficient way to apply pesticides to adult coconut trees, reducing the volume of spray applied per plant. The average drop density values exceeded the need for 40 drops  $\text{cm}^{-1}$ . The largest diameter of the volumetric median and the smallest did not compromise the quality of the sprays, as they generated medium and fine droplets.

**Key words:** Arthropod-plague. Canopy. Water sensitive label. Density of droplets.

## Introdução

Muitas culturas agrícolas foram afetadas durante o ano de 2020 por conta da pandemia causada pelo coronavírus, mais ainda sim a produção e exportação de frutas produzidas no Brasil alcançou faturamento de 875 milhões de dólares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS [ABRAFRUTAS], 2020).

No manejo fitossanitário das culturas agrícolas estão disponíveis vários métodos de controle e dentre esses o controle químico ainda é o mais utilizado para pragas no coqueiro (BALAJI; HARIPRASAD, 2015; SOUZA et al., 2016). Atualmente, as pragas de maior importância são os artrópodes-praga: *Aceria cocofolius* (Eriophyidae), *Steneotarsonemus concavuscutum*, *Steneotarsonemus furcatus* (Tarsonemidae) e *Aceria guerreronis* Keifer (KARMAKAR, 2016; SOUSA et al., 2016). Eles alimentam-se da região meristemática dos frutos causando sérios danos a produção (NAVIA et al., 2012).

O artrópode-praga *Aceria guerreronis*, Keifer 1965 (Acari: Eriophyidae), conhecido como ácaro da necrose do coqueiro, espalhou-se para a maioria das áreas de produção de coco por todo o mundo, sendo considerado uma importante praga dos frutos do coqueiro (SOUSA et al., 2017). Não existem estudos detalhados de estimativa de perdas econômicas pelo ataque de *A. guerreronis* e poucos estudos que abordem a viabilidade econômica do controle químico, principal estratégia de manejo desse artrópode-praga. Além disso, existem poucos produtos químicos registrados para o controle desta praga no país e poucos maquinários que facilitem a aplicação desses produtos químicos (REZENDE et al., 2016).

A dispersão desses ácaros pode ocorrer involuntariamente, por meio do transporte de partes da planta infestada, ou voluntariamente, para novas partes da planta, onde fatores bióticos ou abióticos os carregam para longas distâncias (GALVÃO et al., 2012).

Nas infestações por artrópode-praga, o tratamento pode ser feito através de diversas formas: controle biológico, físico ou químico dependendo da condição econômica disponível

(FRANÇA et al., 2018). Porém, quando infestações ocorrem no dossel de plantas consideradas altas, o controle torna-se difícil, de baixa eficiência e dispendioso. O método de controle mais utilizado para essas situações é a pulverização assistida por ar, que consiste na fragmentação do líquido em gotas menores (PATEL, 2016).

Vários pesquisadores, têm investigado medidas de controle com produtos sistêmicos, para combater o ataque de *A. guerreronis* (MOREIRA & NASCIMENTO, 2002).

Para que a pulverização seja eficiente devem ser considerados fatores, como o momento certo da aplicação; o uso do produto adequado para a praga alvo; o maquinário correto e a correta deposição de gotas sobre o alvo (ANTUNIASSI; BOLLER, 2019).

Um dos métodos de avaliação da qualidade da aplicação de produtos químicos pulverizados é o uso de etiqueta hidrossensível (CERRUTO et al., 2019; CERRUTO; AGLIECO, 2013). Essas etiquetas apresentam, em uma de suas faces, a presença da substância bromofenol que permite caracterizar o tamanho e formato das gotas depositadas na etiqueta. O conhecimento do espectro das gotas que atingem o alvo permite adequar o tamanho das gotas às condições locais, garantindo, assim, aplicação eficiente de produtos fitossanitários (TANG et al., 2018).

A análise por etiqueta hidrossensível permite a determinação de parâmetros mais complexos como o depósito unitário e a densidade de impacto, dados estritamente relacionados à eficácia de um tratamento fitossanitário por pulverização (CERRUTO et al., 2019).

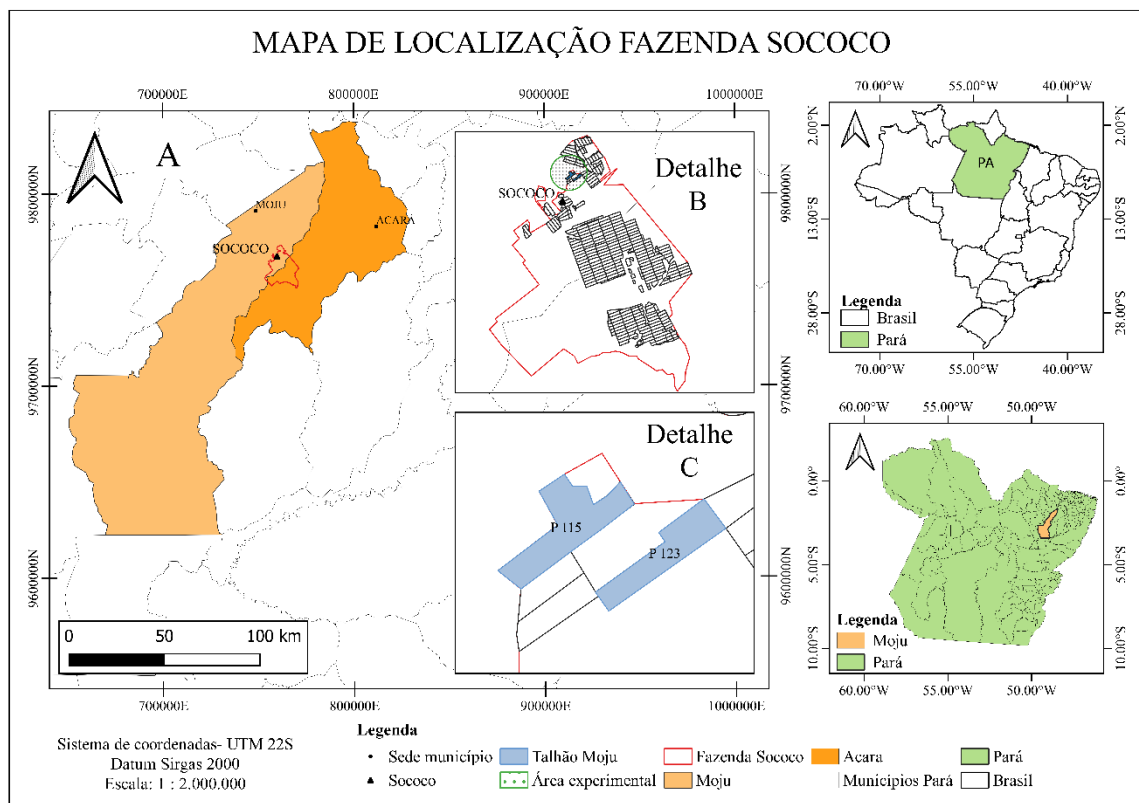
Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a quantidade e qualidade da deposição da calda de pulverização em coqueiro, considerando volumes de aplicação da pulverização eletrostática com o uso de etiquetas hidrossensíveis no combate ao artrópode-praga *A. guerreronis*.

## Material e métodos

O estudo foi realizado no ano de 2020 em pomar comercial de coco maduro, plantado em 2011, no município de Moju, Pará, Brasil (2°04'54" Sul; Longitude 48°39'27" Oeste), altitude local 16 m acima do nível do mar (Figura 3.1). A pluviosidade média anual é de 2.700 mm e temperatura média de 27 °C, umidade relativa do ar acima de 80%.

O solo da área experimental é um Latossolo amarelo distrófico, textura argilo arenosa e relevo suave. O pomar é composto por híbridos PB 121 (Anão-amarelo da Malásia x Gigante do Oeste Africano) com 160 plantas por hectare. As plantas possuem altura média de 11,8 m, diâmetro de copa médio de 5,0 m e distância entre linhas de 8,5 x 8,5 x 8,5 m, em triângulo equilátero.

**Figura 3.1** - Mapa de localização: (A) Limites municipais, (B) Talhões da fazenda. Moju (PA), 2021.



Fonte: O autor (2021).

Os experimentos foram compostos por dois volumes aplicados em três posições: (I) 765 L ha<sup>-1</sup> de calda aplicada no dossel das plantas (3,8 L min<sup>-1</sup>), aplicado somente na face leste da

planta; (II) 888 L ha<sup>-1</sup> de calda (5,6 L min<sup>-1</sup>), aplicado na face Leste. As condições do vento, temperatura e a umidade relativa foram monitoradas durante as aplicações através de um termo-higro-anemômetro digital (Akron<sup>®</sup>, modelo 825).

O conjunto trator-pulverizador utilizado para deslocamento era composto por um trator Newholland, modelo TL 5.80, com 73,82 kW de potência. As pulverizações foram realizadas com um pulverizador turbo atomizador de arrasto, com capacidade de 2.000 L de calda (Rocha<sup>®</sup>, modelo Spray GunRB), com bomba de membrana modelo AR713, com capacidade de 70 L min<sup>-1</sup>, sistema totalmente hidráulico para giro e levante do canhão em ângulo de 180°, acionado pelo sistema hidráulico do trator. O pulverizador utiliza o método de indução de cargas direto para a eletrificação das gotas, com assistência de ar e conta com estrutura de prolongação telescópica vertical, alcançando a altura máxima de nove metros (Figura 2A, B, C e D).

**Figura 3.2** - Pulverizador eletrostático em detalhes: (A) aplicação em campo, (B) bicos com eletrificação indireta, (C) Comando de acionamento do sistema, (D) módulo de eletrificação. Moju (PA), 2021.



Fonte: O autor (2021).

A velocidade média de trabalho do conjunto trator-pulverizador foi 5,2 km h<sup>-1</sup>, com rotação da tomada de potência de 540 rpm. Um total de sete pontas de pulverização (quatro principais e três auxiliares), modelo MGA 40, em cerâmica, recomendado principalmente para produtos de contato em culturas com grande massa foliar (MagnoJet, Brasil), agrupados em 0,25 x 0,25 m na torre dispersora do pulverizador assitido por ar. Os volumes de pulverização



foram escolhidos em função do fluxo necessário para cada tratamento, obtidos ajustando-se a pressão (Tabela 3.1).

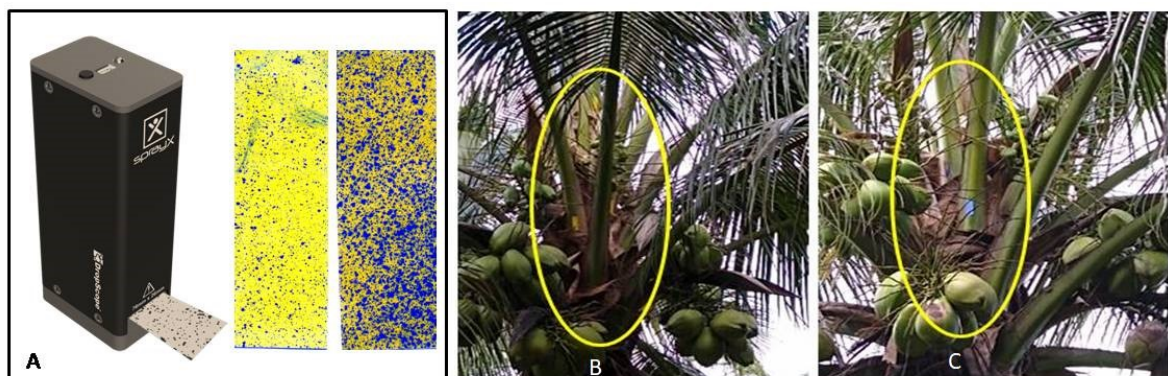
Tabela 3.1 - Volumes de pulverização eletrostática e configurações do pulverizador. Moju (PA), 2020.

Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	Lado	Vazão (L min <sup>-1</sup> )	Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Ponta (Modelo)	Pressão (kPa)*
888	Leste (L)	5,6	5,2	MGA 40	999
765	Leste (L)	3,8	5,2	MGA 40	690

\* Determinado por especificação do manual do fabricante Magnojet®, para aplicação do fluxo necessário. Fonte: O autor (2021).

Colocaram-se etiquetas de papel hidrossensível posicionadas no dossel dos coqueiros, em três alturas (terço inferior, médio e superior) e face em relação ao dossel (Leste). Embora o local ideal fosse próximo as brácteas, local preferido pelo *A. guerreronis*, a fragilidade do tecido dos frutos acabava por extravasar líquido e molhava as etiquetas hidrossensíveis. As etiquetas hidrossensíveis (26 x 76 mm, WS-Paper®) utilizados são impregnados com corante azul de brometofenol que na sua forma não-ionizada se apresenta na cor amarela e quando em contato com soluções aquosas torna-se azul (BAIO et al., 2015). Após a realização das pulverizações as etiquetas foram coletas e armazenadas para análise. Essas etiquetas foram lidas pelo scanner *DropScope*® para a quantificação do volume aplicado (Figura 3.3 A, B e C).

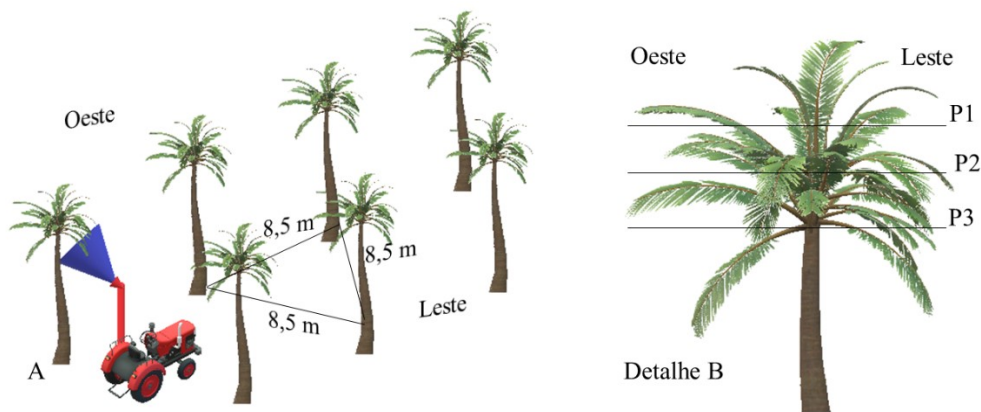
**Figura 3.3** - Papel hidrossensível posicionadas no dossel dos coqueiros: (A) Mini scanner DropScope e etiquetas, (B) papéis dispostos na planta antes de pulverizar, (C) papéis na planta após pulverização. Moju (PA), 2020.



Fonte: O autor (2021).

Para fins de padronização de tamanho de gotas, as pontas foram reguladas para proporcionar a densidade mínima de 40 gotas/cm<sup>2</sup>, conforme recomendação para controle de *A. guerreronis* ([MAPA], 2020). A qualidade cobertura da pulverização utilizando dois volumes foi medida na parte mais interna de cada planta usando três etiquetas hidrossensíveis colocados na face leste (três) de cada planta. Utilizou-se como alvo o terço inferior (cacho 17 e 21), terço médio (cacho 14 e 18) locais preferenciais de localização de *A. guerreronis* e no terço superior (folha flecha) do dossel, espaçados a 0,4 m entre si (Figura 3.4).

**Figura 3.4** - Croqui da localização de alvos da pulverização no dossel do coqueiro. Moju (PA), 2020.



Fonte: O autor (2021).

No dossel das plantas, cada terço foi subdividido em três posições denominadas P1, P2 e P3. A calda utilizada constitui-se apenas de água, sem ingrediente ativo, para que fosse possível digitalizar as amostras logo após a pulverização.

Após serem coletadas, as etiquetas hidrossensíveis foram digitalizadas, com o auxílio do scanner *DropScope*®, com resolução de 2.500 dpi, comercializado pela empresa X-Factory. O scanner é composto por software (app), área *WEB* para visualização e compartilhamento de análises e um microscópio digital (acessório). As imagens das gotas obtidas pelo scanner são digitalizadas em alta resolução (25 micras após fator de espalhamento). Posteriormente, com o auxílio do software da *DropScope*®, foram analisados: Densidade de gotas (gotas cm<sup>-2</sup>), Diâmetro médio volumétrico (μL), Volume aplicado na etiqueta (μL cm<sup>-2</sup>).

O experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas principal os dois volumes de aplicação, nas subparcelas três posições, em blocos casualizados com oito repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os dados foram testados para normalidade, homocedasticidade e submetidos à análise de variância quando possível, em caso de significância pelo teste F, as médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste Tukey. Todas as análises foram realizadas considerando um nível de probabilidade igual a 95%, com o auxílio do software estatístico Sisvar, versão 5.3 (FERREIRA, 2019).

### Resultados e discussão

Durante a realização do experimento as condições ambientais foram monitoradas através de um termo-higro-anemômetro digital, onde temperatura local do ar variou entre 28 e 32 °C, a velocidade do vento local era de 1,0 a 4,0 m s<sup>-1</sup> a 2,0 m do solo, enquanto a umidade relativa permaneceu acima de 80%, condições consideradas adequadas.

Os dados de densidade apresentaram normalidade de Shapiro-Wilk ( $W = 0.97$ , p-value = 0.44) e ao teste de Bartlett para homogeneidade das variâncias (Bartlett's K-squared = 2.07, df = 1, p-value = 0.14), sendo possível realizar ANOVA e teste de comparação de médias.

Conforme resposta da análise de variância, houve interação significativa entre a posição da etiqueta e o volume de pulverização do parâmetro densidade de gotas. Em relação a densidade de gotas, como a pulverização foi feita em um ângulo de 30°, de baixo para cima, era esperada maior densidade de gotas no terço inferior e terço médio do dossel. Observa-se que os dois volumes utilizados tiveram bons resultados, quando comparados a necessidade de mínima de 40 gotas cm<sup>-1</sup> (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Densidade (gotas cm<sup>-1</sup>) em relação a posição das etiquetas e volume (L min<sup>-1</sup>). Moju (PA), 2020.

Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Densidade (gotas cm <sup>-2</sup> )		
	P1	P2	P3
888 (L)	135,44 aA	140,58 aB	139,21 aB
765 (L)	136,13 aA	134,78 aA	137,32 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Fonte: O autor (2021).

Uma das dificuldades para o controle do *A. guerreronis*, ocorre pela sua localização na região meristemática do fruto, pois o mesmo fica abrigado sob as brácteas do fruto, dificultando a ação direta de acaricidas (SOUSA et al., 2016). O contato com acaricidas ocorre somente quando eles deixam a região meristemática para se alimentar (SILVA et al., 2017).

As folhas mais baixas serviram de barreira para a penetração do líquido no interior do dossel para posições mais elevadas (MEWES et al., 2011). A densidade mínima de gotas recomendada varia entre 20 a 80 gotas/cm<sup>2</sup> para produtos de ação de contato e de ingestão, do grupo químico das avermectinas ([MAPA], 2020).

Os valores médios obtidos de densidade de gotas variaram de 136 a 138 gotas cm<sup>-2</sup>, dependendo da posição e do volume aplicado. As densidades de gotas que os dois volumes utilizados proporcionaram foram considerados bons resultados (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Valores médios obtidos de densidade de gotas por cm<sup>2</sup> em função do volume aplicado. Moju (PA), 2020.

Tratamento (L ha <sup>-1</sup> )	Média	Desvio padrão
888	138,41	3,19
765	136,08	2,35

Fonte: O autor (2021).

Assim, destaca-se que o volume de 888 L/ha obteve melhores deposições de calda, sendo o número de gotas superior para uma aplicação de acaricida.

Segundo Freitas et al. (2006), utilizando como controle o acaricida com abamectina como princípio ativo e aplicando uma média de 2,8 L por planta, na menor concentração (5 ml L<sup>-1</sup>) reduziu o dano causado pelo ácaro em 18,9%, a intermediária (10 ml L<sup>-1</sup>) em 28,34% e a maior concentração (15 ml L<sup>-1</sup>) reduziu em 32,43%, por meio de pulverizações feitas com o jato dirigido aos cachos. Isso demonstra a necessidade de estudos da deposição de calda no alvo.

O maior número de gotas presentes no terço médio é importante no controle do ácaro *A. guerreronis*, uma vez que eles iniciam os danos a partir do cacho 14 do coqueiro, na parte

mediana do dossel (Michereff, Sobral, Ferreira, Rodrigues, Michereff, 2008). As diferenças de deposição entre os terços pode ser justificada pela arquitetura da planta e em função das folhas funcionarem como barreira física para os diferentes volumes utilizados. Para Sousa Júnior et al.(2017), estudando volumes de pulverização em plantas de café, observou que a diminuição da densidade foliar no período de pós-colheita proporciona maior penetração e deposição de calda no dossel da planta, podendo ser adotado para o coqueiro também, após a colheita do cacho mais baixo, quando é eliminada a folhagem.

Ramos et al. (2007) avaliando o efeito do volume de calda aplicado por um turbo pulverizador sobre a deposição e a cobertura em folhas, ramos e frutos de citros, mostrou que as deposições foram muito maiores nos ramos, provavelmente em função de sua maior rugosidade, do que nas folhas e frutos, evidenciando ser esse um alvo mais fácil de ser atingido.

A pulverização produzida por uma ponta de pulverização é classificado de acordo com classes de tamanho de gotas, através do diâmetro mediano volumétrico (DMV). Esta classificação é importante para a seleção de uma ponta de trabalho, pois o diâmetro das gotas geradas influencia a capacidade da pulverização em cobrir o alvo e penetrar na massa das folhas. Gotas menores (classes fina e muito fina) possuem melhor capacidade de cobertura (oferecem maior número de gotas  $\text{cm}^{-2}$ ), assim como propiciam melhor penetração. Por outro lado, gotas pequenas demais podem ser mais sensíveis à evaporação e aos processos de deriva (SILVA et al., 2014).

Uma das formas de viabilizar o uso de gotas pequenas em condições climáticas menos favoráveis é o emprego de técnicas como a assistência de ar e aditivos de calda para reduzir a evaporação. As gotas médias e grandes são melhores onde é necessário reduzir o risco de deriva, mas comprometem a qualidade da pulverização. O tamanho das gotas numa pulverização é avaliado através do DMV.

O DMV é o diâmetro de gota que divide a massa de gotas em duas partes. Em relação ao

DMV, são valores razoáveis esperados, uma vez que o pulverizador pneumático utiliza pontas de pulverização para fracionar a calda e gerar a gota e com a corrente de ar produzida pelo ventilador, esse processo torna-se mais eficiente.

Embora o DMV apresente-se de normalidade de dados ( $W = 0.96$ ,  $p\text{-value} = 0.12$ ) e homogeneidade das variâncias (Bartlett's K-squared = 10.10,  $df = 7$ ,  $p\text{-value} = 0.18$ ), sendo possível realizar a ANOVA, Não houve interação entre o volume de calda aplicado e a posição para a variável DMV, indicando que os valores obtidos nas três posições são semelhantes, não havendo diferenças significativas entre os dois volumes aplicados (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Valores médios obtidos de Diâmetro da mediana volumétrica ( $\mu\text{m}$ ), em função do volume aplicado. Moju (PA), 2020.

Tratamento ( $\text{L ha}^{-1}$ )	Média	Desvio padrão
888	294,25 a	32,34
765	275,88 b	28,30

Fonte: O autor (2021).

Os valores médios obtidos de DMV de gotas variaram de 275 a 294 ( $\mu\text{m}$ ), dependendo da posição e do volume aplicado. Os DMV que os dois volumes utilizados proporcionaram bons resultados.

A deposição de calda nas etiquetas alvo foram influenciados também pela interação posição e volume. O volume de calda acumulado nas etiquetas foi expresso em  $\mu\text{L cm}^{-2}$  (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Valores médios obtidos de Diâmetro da mediana volumétrica ( $\mu\text{m}$ ) em função do volume aplicado. Moju (PA), 2020.

Tratamento ( $\text{L ha}^{-1}$ )	Média ( $\mu\text{L.cm}^{-2}$ )	Desvio padrão
888	9,61	0,40
765	9,77	0,58

Fonte: O autor (2021).

Os dados de deposição apresentaram normalidade ( $W = 0.98$ ,  $p\text{-value} = 0.60$ ) e homogeneidade das variâncias (Bartlett's K-squared = 2.37,  $df = 7$ ,  $p\text{-value} = 0.93$ ), sendo possível realizar a análise de variância e o teste de comparação de médias (Tabela 3.6).

Tabela 3.3 - Deposição de calda em relação a posição das etiquetas e volume (L min<sup>-1</sup>). Moju (PA), 2020. Moju (PA), 2020.

Deposição de calda (μL cm <sup>-2</sup> )			
Volume (L ha <sup>-1</sup> )	P1	P2	P3
888 (L)	9,56 aB	9,48 aA	9,79 aB
765 (L)	8,28 aA	9,06 bA	8,98 bA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (P <0,05). Fonte: O autor (2021).

O volume de calda depositado pela pulverização eletrostática nas etiquetas alvos é o parâmetro mais eficiente para determinação da qualidade da pulverização. Os maiores valores depositados foram observados nas posições mediana e inferior, para o maior volume utilizado, semelhante aos resultados encontrados por Scapin et al. (2015) e Silva Junior et al. (2016) no controle de cancro em citros, utilizando pulverização eletrostática.

Calvet et al. (2018), estudando o comportamento desse ácaro aponta que *A. guerreronis* é capaz de reconhecer pistas bioquímicas de predadores e competidores e modifica seu comportamento para aumentar sua aptidão na planta. Mesmo no manejo integrado com a utilização de predadores como *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) e *Proctolaelaps bickleyi* (Bram) (Mesostigmata: Ascidae), é difícil em função do tamanho corporal de ambos, limitando o desempenho como agentes de controle do ácaro *A. guerreronis*, o que nos remete a tentar melhorar as formas de controle (GALVÃO et al., 2011; LIMA et al., 2012).

Para Antuniassi e Boller (2019), a deposição de acaricidas no dossel pode ser afetada direta ou indiretamente pela arquitetura da planta, pelas propriedades físico-químicas do produto, pelas condições meteorológicas locais e pela técnica de pulverização utilizada.

À medida que as plantas se desenvolvem e modificam sua arquitetura, aumenta a dificuldade de avaliar a eficiência e a qualidade da aplicação. Mewes et al. (2011), avaliando a deposição da calda nas folhas em eucalipto, constatou que a densidade e a altura da copa reduziram a deposição da calda, pelo efeito parede das folhas no dossel, impedindo a penetração

de produtos aplicados.

Segundo Catania et al. (2011), o fluxo de ar gerado pela turbina dos equipamentos que utilizam assistência de ar, ocasiona movimentação do dossel, resultando também em variabilidade, ou seja, aumenta o coeficiente de variação dos parâmetros das gotas.

A pulverização eletrostática apresenta-se como boa alternativa na aplicação de produtos fitossanitários líquidos a ser ingerida ou por contato para ácaros, pois apresenta bom percentual de cobertura e população de gotas satisfatória, nos índices volumétricos de  $888 \text{ L ha}^{-1}$ , para duas faces do dossel. A população de gotas é diretamente proporcional ao percentual de cobertura de pulverização utilizado, sendo também um bom parâmetro da qualidade da pulverização eletrostática, uma vez que é muito difícil conseguir número adequado de gotas nas plantas altas e dossel denso. Desse modo, o emprego de gotas grandes reduz a eficiência das pulverizações e geram escorrimento de produto.

Segundo Maciel et al. (2018), outro fator que a aplicação de produtos químicos estará sempre suscetível às perdas por evaporação e deriva das gotas pulverizadas, ocasionando menor quantidade de deposição no alvo, reduzindo a eficiência do controle fitossanitário em campo.

Em culturas de dossel relativamente denso como coqueiro, o tamanho de gotas ganha importância, visto que as correntes de ar produzidas pelos pulverizadores pneumáticos com auxílio de ar e suporte eletrostático são responsáveis por conduzir as gotas até o interior da copa.

### **Conclusões**

1. O experimento mostrou que o pulverizador eletrostático pode ser considerado uma forma eficiente para aplicação de fitossanitários em coqueiros adultos, reduzindo o volume de calda aplicada por planta.
2. Os valores médios de densidade de gotas superaram a necessidade de  $40 \text{ gotas cm}^{-1}$ .
3. O maior diâmetro da mediana volumétrica e o menor não comprometeram a qualidade das pulverizações, por gerarem gotas médias e finas.



## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS. **Abrafrutas**: Dados de exportação 2020. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2021/02/dados-de-exportacao-2020/>. Acesso em: 2 fev. 2021.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. AGROFIT: **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 11 set. 2020.
- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação culturas anuais**. 2. ed. Botucatu: FEPAF, 2019.
- BAIO, F. H. R. *et al.* Papel hidrossensível e alternativo fotográfico em ensaios de deposição de gotas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, São Paulo, v. 9, n. 4, p. 339–347, dec. 2015. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/330/256>. Acesso em: 2 fev. 2021.
- BALAJI, K.; HARIPRASAD, Y. Efficacy of botanicals on the management of coconut mite *Aceria guerreronis* (Keifer) (Acaridae: Eriophyidae). **Journal of Biopesticides**, Tamil Nadu, v. 8, n. 1, p. 13–18, 2015.
- MOREIRA, J.O.T.; NASCIMENTO, A.R.P. Avaliação da eficiência de acaricidas isolados e em mistura no controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* Keifer, 1965 (prostigmata: eriophyidae) no vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1, p. 072-076, 2002.
- CALVET, É. C. *et al.* Chemosensory cues of predators and competitors influence search for refuge in fruit by the coconut mite *Aceria guerreronis*. **Experimental and Applied Acarology**, Berlin, v. 74, n. 3, p. 249-259, feb. 2018.
- CATANIA, P. *et al.* Assessment of the wind influence on spray application using an artificial vineyard. **European Journal of Horticultural Science**, Belgium, v. 76, n. 3, p. 102-108, 2011.
- CERRUTO, E. *et al.* A model to estimate the spray deposit by simulated water sensitive papers. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 124, n. 104861, p. 1-10, jun. 2019.
- CERRUTO, E.; AGLIECO, C. Water sensitive papers simulation to assess deposits on targets. **Journal of Agricultural Engineering**, Pavia, v. 44, n. 2, 2013. Disponível em: <https://www.readcube.com/articles/10.4081%2Fjae.2013.322>. Acesso em: 2 fev. 2021.
- FREITAS, J. *et al.* Controle alternativo do ácaro da necrose do coqueiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n.3, p. 314-319, 2006. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/issue/view/7>. Acesso em: 2 fev. 2021.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529, dec. 2019. Disponível em: <http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450/251>. Acesso em 2 fev. 2021.
- FRANÇA, G. V. *et al.* toxicity of acaricides to and the behavioural response of *steneotarsonemus concavuscutum* (Acari: Tarsonemidae). **Crop Protection**, v. 112, p. 83-89, oct. 2018.

- GALVÃO, A. *et al.* Distribution of *aceria guerreronis* and *neoseiulus baraki* among and within coconut bunches in northeast Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 54, n. 4, p. 373-384, 2011.
- GALVÃO, A. S. *et al.* Dispersal strategies of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a coconut pest. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 1, p. 1-13, 2012.
- KARMAKAR, K. The mites of the family Tarsonemidae (Acari: Heterostigmata) in West Bengal, India. **Journal of the Acarological Society of Japan**, Sapporo, v. 25, n. 1, p. 77-81, mar. 2016. Disponível em: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/acari/25/Supplement1/25\\_S77/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/acari/25/Supplement1/25_S77/_pdf). Acesso em: 2 abr. 2021.
- LIMA, D. B. *et al.* Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis*. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 56, n. 3, p. 233-246, 2012.
- MACIEL, C. F. S. *et al.* Droplet spectrum of a spray nozzle under different weather conditions. **Revista Ciencia Agronomica**, Fortaleza, v. 49, n. 3, p. 430-436, 2018. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/5059/1736>. Acesso em: 2 abr. 2021.
- MEWES, W. L. C. *et al.* Pneumática deposition of sause in Eucaliptus spray using pneumatic. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 283-288, 2011.
- MICHEREFF, M., FILHO. *et al.* Adubação química, ataque do ácaro *Aceria guerreronis* e produtividade do coqueiro 'Anão-Verde'. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 43, n. 3, p. 303-308. 2008.
- NAVIA, D. *et al.* A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 59, n. 1/2, p. 67-94, 2012.
- PATEL, M. K. Technological improvements in electrostatic spraying and its impact to agriculture during the last decade and future research perspectives: a review. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, Amsterdam, v. 9, n. 1, p. 92-100, 2016. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1881836615300173>. Acesso em: 2 abr. 2021.
- RAMOS, H. H. *et al.* Effect of carrier volume applied with a airblast sprayer on spray characteristics in citrus. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 56-65, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/eagri/v27nspe/09.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2021.
- REZENDE, D. *et al.* Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 69, n. 3, p. 297-310, 2016.
- SCAPIN, M. S. *et al.* Tree-row-volume-based sprays of copper bactericide for control of citrus canker. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 77, p. 119-126, 2015.
- SILVA, B. P. *et al.* Distribuição, diâmetro de gotas e fitotoxicidade de herbicidas aplicados em mudas de eucalipto com pontas de indução de ar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 13, n. 3, p. 225-234, 2014. Disponível em: [http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/266/pdf\\_42](http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/266/pdf_42). Acesso em: 2 abr. 2021.
- SILVA JUNIOR, G. J. *et al.* Spray volume and fungicide rates for citrus black spot control based on tree canopy volume. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 85, p. 38-45, 2016.

SILVA, V. F. *et al.* Targeting hidden pests: acaricides against the coconut mite *Aceria guerreronis*. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 1, p. 207-215, 2017.

SOUSA, A. S. *et al.* Influence of fruit age of the Brazilian Green Dwarf coconut on the relationship between *Aceria guerreronis* population density and percentage of fruit damage. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 72, n. 4, p. 329–337, 2017.

SOUSA, A. S. G. *et al.* Evaluating damage in the perianth: a new diagrammatic scale to estimate population level of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) in coconut fruits. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 66, n. 1, p. 141–147, 16 out. 2016. Disponível em: [http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/53491](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/53491). Acesso em: 1 out. 2019.

SOUSA JÚNIOR, J. M. *et al.* Determination of spray volume index for culture of coffee. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 82-90, 2017.

SOUZA, L. P. *et al.* Chemical composition and toxicity of eucalyptus essential oil on spotted spider mite. **Comunicata Scientiae**, Piauí, v. 7, n. 4, p. 486-493, 2016.

TANG, Y. *et al.* Effects of operation height and tree shape on droplet deposition in citrus trees using an unmanned aerial vehicle. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 148, p. 1-7, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.026>. Acesso em: 2 abr. 2021.

## CONCLUSÕES FINAIS

As pragas e doenças são o principal desafio à produção agrícola e da economia na cocoicultura no Brasil. Diariamente surgem novas tecnologias que impactam a sociedade, as formas de consumo, o mercado e a forma de produzir alimentos. Nesse cenário, conforme o mercado de agricultura de precisão amadurece, mais agricultores adotarão soluções baseadas em dados, como inteligência artificial e aprendizado de máquina, por sua capacidade de gerar modelos preditivos para controle de sucos no plantio e aumentar os rendimentos.