



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
DOUTORADO EM AGRONOMIA**

**FÁBIO JÚNIOR DE OLIVEIRA**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA LEPROSE DOS CITROS E SEU VETOR EM DOIS  
SISTEMAS DE CULTIVO NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**BELÉM  
2017**

**FÁBIO JÚNIOR DE OLIVEIRA**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA LEPROSE DOS CITROS E SEU VETOR EM DOIS  
SISTEMAS DE CULTIVO NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia,  
como parte das exigências do Curso de Doutorado em  
Agronomia: área de concentração Agronomia, para obtenção  
do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias

Co-orientadora: Dra. Aloyséia Cristina da Silva Noronha

**BELÉM  
2017**

**Dados Internacionais de Catalogação de Publicação na Fonte (CIP)**  
**Ficha Catalográfica**

---

0842            Oliveira, Fábio Júnior de  
                   Distribuição espacial da leprose dos citros e seu vetor em dois sistemas de cultivo na Amazônia Oriental / Fábio Júnior de Oliveira. - Belém: [s.n], 2017.  
                   90f.  
                   Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias.  
                   Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia

                   1.Amostragem sequencial. 2. *Brevipalpus* spp. 3. *CiLV*. 4.Geoestatística.  
5. Krigagem.

CDD 23 ed. 631.4

---

Bibliotecária: Vanessa Baía CRB2-1322

## FÁBIO JÚNIOR DE OLIVEIRA

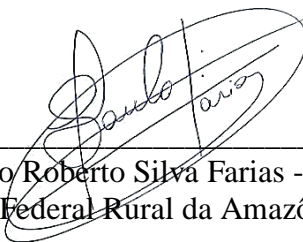
Tese apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia: área de concentração Agronomia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias

Co-orientadora: Dra. Aloyséia Cristina da Silva Noronha

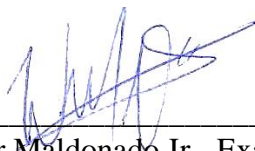
Aprovada em 14 de julho de 2017

### BANCA EXAMINADORA



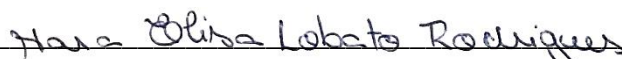
---

Dr. Paulo Roberto Silva Farias - Presidente  
Universidade Federal Rural da Amazônia – Belém/PA



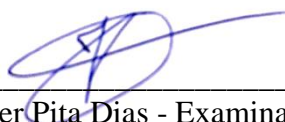
---

Dr. Walter Maldonado Jr - Examinador  
Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal/SP



---

Dra. Nara Elisa Lobato Rodrigues - Examinadora  
Universidade Federal Rural da Amazônia – Belém/PA



---

Dr. Javier Pita Dias - Examinador  
Instituto Federal do Pará – Castanhal/PA



---

Dr. Ivan Carlos Fernandes Martins - Examinador  
Universidade Federal Rural da Amazônia – Capanema/PA

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por estar em meu coração, onde eu encontro força para ir em busca dos meus sonhos e encarar os desafios da vida.

A Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar este curso.

Ao meu orientador Professor Doutor Paulo Roberto Silva Farias pela oportunidade da orientação durante a realização do curso de doutorado.

A minha Co-orientadora Dra. Aloyséia Cristina da Silva Noronha por ter me recebido, obrigado pela paciência.

Aos alunos da UFRA de Capitão Poço que me ajudaram incondicionalmente nas coletas dos dados, entre eles Beatriz Oliveira, Beatriz Lins, Krihsna Oliveira, Kleubia Nascimento, Hemerson Doglas, Welison Moura e Paulo, muito obrigado.

A minha esposa Francisca pela compreensão, companheirismo, amor e apoio incondicional durante todos os momentos da minha vida.

A minha mãe pelas orações e incentivo nos meus estudos. Aos meus irmãos, em especial Beatriz Oliveira por me apoiar em todos os momentos que estava ausente nas datas das coletas e Danilo Oliveira e sua esposa Suely Lima, por me apoiarem imensamente nessa jornada. Ao meu sogro Anastácio Ximendes e minha sogra Terezinha Araújo pelo apoio incondicional e orações frequentes para que esse sonho se tornasse realidade.

Aos proprietários da Fazenda Lima por disponibilizarem a área para estudo.

Ao Professor Doutor Walter Maldonado Jr da UNESP Jaboticabal pela atenção e paciência nas orientações para as análises estatísticas, muito obrigado mesmo.

Ao Dr. Jeferson Luiz de Carvalho Mineiro do Instituto Biológico, Campinas-SP, pela identificação das espécies dos ácaros.

Ao Professor Dr. José Paulo Molin pelo acolhimento e oportunidades no Laboratório de Agricultura de Precisão da Esalq/USP.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, sintam-se eternamente agradecidos.

**MUITO OBRIGADO!**

## **DEDICATÓRIA**

*“... A minha amada esposa Fran, a minha mãe Maria Sueli de Oliveira, a meus irmãos, meu sogro e minha sogra que me apoiaram incansavelmente nesta jornada...”*

## Sumário

RESUMO.....	7
ABSTRACT .....	8
1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	10
REFERÊNCIAS .....	16
2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA LEPROSE DOS CITROS ASSOCIADA AO VETOR E FATORES ABIÓTICOS EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO DE CITROS ....	20
RESUMO.....	20
SPATIAL DISTRIBUTION OF CITRUS LEPROSIS ASSOCIATED WITH YOUR VECTOR AND ABIOTIC FACTORS IN TWO CROP SYSTEMS.....	20
ABSTRACT .....	20
2.1 Introdução .....	21
2.2 Material e métodos.....	23
2.2.1 Localização e identificação da área de experimental.....	23
2.2.2 Avaliação do ácaro da leprose e da leprose dos citros em campo .....	25
2.2.3 Aquisição dos dados climáticos .....	26
2.2.4 Análises estatísticas .....	27
2.2.5 Geoestatística .....	27
2.2.6 Semivariograma .....	28
2.3 Resultados e discussão.....	31
2.3.1 Avaliação da influência dos fatores climáticos na infestação do ácaro da leprose e da leprose dos citros em sistemas de monocultivo e consorciado.....	31
2.3.2 Distribuição espacial do ácaro da leprose e da leprose dos citros em sistema de monocultivo e consorciado.....	37
2.4 Conclusões.....	49
REFERÊNCIAS .....	50

3	AMOSTRAGEM SEQUENCIAL E PADRÃO ESPACIAL DO ÁCARO DA LEPROSE DOS CITROS EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO .....	56
	RESUMO.....	56
	SEQUENTIAL SAMPLING OF CITRUS LEPROSIS MITES IN TWO CULTIVATION SYSTEMS .....	56
	ABSTRACT .....	56
3.1	Introdução .....	57
3.2	Material e métodos.....	58
3.2.1	Localização e identificação da área de experimental.....	58
3.2.2	Avaliação do ácaro da leprose dos citros em sistema de monocultivo e consorciado ..	59
3.2.3	Índices de agregação.....	60
3.2.4	Modelos probabilísticos para estudo da distribuição espacial do ácaro da leprose dos citros	63
3.2.5	Construção do plano de amostragem sequencial .....	64
3.3	Resultados e discussão.....	66
3.3.1	Avaliação da agregação ácaro da leprose dos citros em sistemas de monocultivo e consorciado.....	66
3.3.2	Índices de agregação e distribuição teórica de frequência em sistema de monocultivo de citros e consorciado com teca.....	66
3.3.3	Lei da Potência de Taylor para sistema de monocultivo e consorciado .....	78
3.3.4	Estimativa do $k$ comum ( $k_c$ ) para sistema de monocultivo e consorciado.....	78
3.3.5	Plano de amostragem sequencial .....	79
3.4	Conclusões.....	87
	REFERÊNCIAS .....	87
	CONCLUSÃO GERAL .....	90



## RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), com uma produção na safra 2014/2015 de aproximadamente 16,7 milhões de toneladas e com expectativa de diminuição de produção para 14,3 milhões de toneladas para a safra 2015/2016. A produção da laranja seria ainda maior se não fosse os danos causados pela leprose dos citros (*Citrus Leprosis Virus* – CiLV), transmitida pelos ácaros da leprose dos citros, do gênero *Brevipalpus* spp., que são encontrados em todas as regiões no mundo produtoras de citros. A leprose dos citros é considerada uma das mais importantes viroses dos pomares citrícolas no Brasil devido aos efeitos significativos na redução da produção e no período de vida das plantas, causado por lesões e queda prematura dos frutos e folhas, podendo ainda ocasionar morte de ramos e brotações. Dessa forma, trabalhos que visem ao manejo adequado do vetor do vírus, tornam-se cada vez mais necessários para que sejam reduzidos os custos de produção e se aumente a qualidade dos frutos e longevidade das plantas. Neste trabalho, foram realizados estudos em uma área de monocultivo de citros e em outra área com sistema de cultivo em consórcio de citros com teca, no pólo citrícola do estado do Pará, com objetivo de se estudar a distribuição espacial da leprose dos citros associada ao seu vetor e fatores abióticos na Amazônia brasileira, por meio da geoestatística, e também estudar a distribuição espacial por meio de índices de dispersão (índice de Morisita ( $I_{\delta}$ ), coeficiente de Green ( $Cx$ ), expoente  $k$  da distribuição binomial negativa, lei da potência de Taylor e estimativa do expoente  $k$  comum) para elaborar um plano de amostragem sequencial para o ácaro da leprose dos citros em condição local, afim de otimizar o método de amostragem. Verificou-se que os métodos estudados, a leprose dos citros e seu vetor, apresentaram distribuição espacial agregada nos dois sistemas de cultivo de citros avaliados. Com a utilização da geoestatística, verificou-se que a dependência espacial do ácaro da leprose dos citros variou de 15 a 80 metros em sistema de monocultivo e de 28 a 44 metros em sistema consorciado com teca, enquanto que para leprose dos citros a dependência espacial foi de 25 a 75 metros em monocultivo e 20 a 40 metros em sistema consorciado. Para o plano de amostragem sequencial conclui-se que o modelo de distribuição espacial que melhor representou os dados foi o da Distribuição Binomial Negativa e, para o número de ácaros por planta, o número máximo esperado de unidades amostrais para tomada de decisão é de 21 unidades amostrais, enquanto que para o número de ácaros em seis ramos esse valor é de 28 unidades amostrais.

**Palavras-chaves:** Amostragem sequencial. *Brevipalpus* spp. CiLV. Geoestatística. Krigagem.

## ABSTRACT

Brazil is the world's largest orange producer (*Citrus sinensis* L. Osbeck), whose production in 2014/2015 amounted to approximately 16.7 million metric tons and with an expected decrease in production of 14.3 million metric tons for the 2015/2016 crop. The orange production would be even greater, if it were not for damages caused by citrus leprosis viruses (*Citrus Leprosis Virus* - CiLV), transmitted by citrus leprosis mites of the genus *Brevipalpus* spp. found in all citrus producing regions of the world. Citrus leprosis is considered one of the most important viruses in citrus orchards in Brazil with significant results on the reduction of production and life span of plants, due to lesions and premature fall of fruits and leaves. It may also cause death of branches and shoots. Thus, researches aimed at the proper management of the virus vector are becoming increasingly necessary to reduce production costs and increase fruit quality and plant longevity. Therefore, studies were carried out in an area of monoculture of citrus, and in other areas with system of cultivation in consortium of citrus with teak, in the citrus growing areas of the state of Pará aiming to study the spatial distribution of citrus leprosis associated with its vector and abiotic factors in the Brazilian Amazon through geostatistics, and to test the spatial distribution by means of dispersion indices Morisita index ( $I_{\delta}$ ), Green coefficient ( $C_x$ ), exponent  $k$  of the negative binomial distribution, Taylor's power law, and estimation of the common  $k$  exponent) to elaborate a sequential sampling plan for the citrus leprosis mite under local conditions, in order to optimize the sampling method. It was verified that for the methods studied, the citrus leprosis and its vector presented an aggregated spatial distribution in the two evaluated citrus cultivation systems. Using geostatistics, it was verified that the spatial dependence of the citrus leprosis mite varied from 15 to 80 meters in a monoculture system, and from 28 to 44 meters in a consortium system with teak, whereas for citrus leprosis the spatial dependence was from 25 to 75 meters in monoculture, and 20 to 40 meters in a consortium system. For the sequential sampling plan, it is concluded that the spatial distribution model that best represented the data was the Negative Binomial Distribution and, for the number of mites per plant, the expected maximum number of sample units for decision making is 21 mites per plant in both cropping systems, while for the number of mites in six branches this value is 28 sample units.

**Keywords:** Sampling sequential. *Brevipalpus* spp. CiLV. Geostatistic. Kriging.

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Como a produção mundial de citros é muito dependente de fatores abióticos, diversas geadas afetaram a produção dos Estados Unidos e devido a tal fato, a partir da década de 60 a citricultura brasileira se destacou consideravelmente, o que elevou a produção no país. A partir de então, o Brasil assumiu posição de destaque na citricultura mundial tanto na produção do produto in natura quanto na exportação de suco, favorecido pela combinação de diversos fatores como, por exemplo, condições naturais favoráveis (BOTEON; NEVES, 2005). Na safra 2014/2015 a produção global foi de 48,6 milhões de toneladas, ocasionados principalmente pelos problemas climáticos ocorridos nos Estados Unidos e no México, que acarretaram uma redução global de 740 mil toneladas (USDA, 2016).

Atualmente, problemas nos Estados Unidos causados pelo Greening, principalmente na Flórida e na Califórnia, responsáveis por aproximadamente 60% e 40% da produção do país respectivamente, fez com que ocorresse uma redução na área plantada com citros nesses estados e conseqüentemente, os rendimentos com a cultura. O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de laranja (*Citrus sinensis* Osbeck), com uma produção na safra 2014/2015 de aproximadamente 16,3 milhões toneladas, o que corresponde a cerca de 33,5% da produção mundial dessa cultura. Projeções indicam expectativa de aumento de 3% da produção para a safra 2015/2016. Além disso, o Brasil detém a maior parcela do comércio internacional de suco de laranja, que corresponde a 55% do comércio mundial (USDA, 2016).

A cadeia produtiva dos citros gera cerca de 230 mil empregos diretos e indiretos no setor, sendo responsável por um PIB de aproximadamente US\$ 6,5 bilhões no ano de 2009 (NEVES, 2010). O Estado de São Paulo é o maior produtor nacional de laranja, cerca de 11,8 milhões de toneladas, o que correspondeu a 78,6% da produção em 2014, com uma área colhida de 504.715 ha, destacando-se como maior região produtora de citros no cenário global (AGRIANUAL, 2017). O Estado do Pará ocupa a 7ª posição como produtor nacional de laranja, com uma produção de aproximadamente 197,8 mil toneladas na safra 2014 em uma área colhida de 11.839 ha. Nesse Estado destaca-se como polo citrícola o município de Capitão Poço, com produção na safra 2014 de 146,4 mil toneladas, com área colhida de 8.610 ha (IBGE, 2015).

A produção seria ainda maior se não fossem os danos causados pela leprose dos citros (*Citrus Leprosis Virus* – CiLV), transmitida, principalmente, pelo ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) (RODRIGUES et al., 2008), que se destacou consideravelmente na última década, ocorrendo em diversos estados brasileiros onde há

produção de citros, com destaque econômico no Estado de São Paulo, responsável por cerca de 80% da produção nacional (BASTIANEL et al., 2010).

Entretanto, existem alguns fatores limitantes da produção, tais como a presença de doenças nos pomares produtores, com destaque para as viroses, como a leprose dos citros (MARQUES et al., 2007), que pode ocasionar a redução na produtividade, redução no período de vida útil da planta e conseqüentemente a redução na rentabilidade da atividade agrícola.

A ocorrência da leprose foi verificada em quase todos os estados do território nacional, sendo que em São Paulo ela é considerada endêmica. Segundo Czermainski et al. (2007), em 1995, a doença ocorreu em mais de 60% dos pomares apresentando cerca de 40% de plantas com sintomas e presença do ácaro vetor da virose.

Lopes et al. (2007) verificaram que dos custos com agrotóxicos na agricultura para o controle fitossanitário no Brasil, a utilização na citricultura corresponde a 6% do total, sendo que mais de 60% dos acaricidas utilizados na cultura são destinados ao ácaro da leprose. Os custos dispendidos para o controle de ácaros na citricultura são da ordem de 90 milhões de dólares anualmente, e cerca de 75 milhões de dólares têm sido destinados para o controle do ácaro da leprose (RODRIGUES; MACHADO, 2000).

Kitajima (1972) descreveu pela primeira vez a doença, que é causada pelo *CiLV* e transmitido, em condições naturais, pelo ácaro *B. phoenicis*, também conhecido como ácaro da leprose ou ácaro-plano.

Segundo Childers et al. (2003a) o primeiro relato da doença ocorreu em meados do século XIX no Estados Unidos por Fawcett, sendo estudada por esse autor em 1911. Na América do Sul, verificou-se os sintomas da leprose, primeiramente no Paraguai em 1920, porém, na época, atribuíram a causa dos sintomas a um fungo. O primeiro registro convicto da doença ocorreu na Argentina em 1932 onde a doença era muito danosa e foi chamada de “lepra explosiva”. No Brasil a doença foi descrita pela primeira vez em 1933 e foi chamada de “leprose” ou “varíola”, pois apresenta sintomas semelhantes às doenças humanas de mesmo nome (BITANCOURT, 1934; 1955).

A doença vem sendo encontrada em diversos países da América do Sul e Central (RODRIGUES; CHILDERS, 2013), dentre eles, Paraguai, Uruguai, Argentina, Brasil, Bolívia, Venezuela, Colômbia, Panamá, Costa Rica, Nicarágua, Guatemala, Honduras, El Salvador e México (BASTIANEL et al., 2010). A presença da doença nestes países significa grande ameaça para a citricultura norte americana (CHILDERS et al., 2003b), uma vez que podem representar danos em potencial.

No Brasil a doença está presente em todas as regiões produtoras de laranja (BASTIANEL et al., 2010), com destaque para os Estados de São Paulo, Bahia, Minas Gerais, Sergipe, Paraná, Rio Grande do Sul e Pará, que são, nessa ordem, os maiores produtores nacionais de laranja, detentores de cerca de 88 % da produção (AGRIANUAL, 2017).

Os primeiros relatos de ocorrência da doença no Estado do Pará foram registrados em 1999, em poucas propriedades (TRINDADE et al., 1999). A presença da doença foi confirmada por meio da técnica de RT-PCR e TEM no município de Capitão Poço (BOARI et al., 2007).

Nos últimos anos o número de ocorrências aumentou e atualmente a doença ocorre na região que abrange os municípios de Capitão Poço, Irituia, Ourém e Garrafão do Norte, que por sua vez compõem o pólo citrícola do Estado do Pará (ADEPARÁ, dados não publicados).

As principais espécies de ácaros vetores da leprose dos citros pertencem ao gênero *Brevipalpus*, com relatos de transmissão por *B. phoenicis*, *B. obovatus* e *B. californicus*, sendo *B. phoenicis* o vetor com maior expressão e importância no Brasil (CHILDERS et al., 2003c).

O ácaro da leprose é achatado, apresenta quatro pares de pernas e tem coloração avermelhada com manchas escuras no dorso. Os adultos medem cerca de 0,3 mm de comprimento, têm coloração sempre alaranjada. Seu ciclo de vida varia de 20 a 30 dias, em média. Uma característica singular é que as fêmeas de *B. phoenicis* possuem somente dois cromossomos, reproduzindo-se principalmente por partenogênese telítoca e originando possivelmente uma descendência geneticamente similar (BASTIANEL et al., 2006b).

Os ácaros da leprose, quando oriundos de ovos, não apresentam as partículas no corpo nem transmitem o vírus, indicando que este não apresenta passagem transovarial, ou seja, cada nova larva eclodida necessita alimentar-se em tecidos da planta que contenha o vírus para adquiri-lo e, assim passar a transmiti-lo. O ácaro que adquire o vírus tem habilidade para transmiti-lo por toda a vida, mesmo permanecendo em plantas não hospedeiras do vírus e após sucessivas ecdises (RODRIGUES et al., 2001). Porém, a fase adulta tem uma importância destacada, dada sua maior mobilidade e longevidade, o que aumenta muito as chances de se contaminar e transmitir a doença. Um indivíduo é capaz de múltiplas infecções em transmissões primárias e secundárias simultâneas no pomar (RODRIGUES, 2000).

O vírus causa lesões locais em folhas e ramos, desfolha e seca de ramos (RODRIGUES et al., 2003) e lesões em frutos, acarretando redução de seu valor comercial. Os frutos atacados pela leprose ficam mais suscetíveis à queda antes do amadurecimento, podendo, em variedades altamente suscetíveis, ocasionar perdas de até 100% da produção (RODRIGUES et al., 2000). Os sintomas são caracterizados pelo aparecimento de lesões cloróticas e ou necróticas, lisas ou

salientes, circulares ou alongadas quando próximas às nervuras foliares. Os sintomas aparecem a partir de 17 a 60 dias após a infecção do tecido vegetal, nos locais onde o ácaro se alimenta (COLARICCIO et al., 1995; RODRIGUES, 1995), podendo variar de acordo com a espécie ou variedade do hospedeiro, a região onde ocorre a doença e a fase de desenvolvimento do órgão afetado no momento da infecção (BASTIANEL et al., 2006a).

Nas folhas os sintomas são caracterizados por manchas cloróticas, variando do amarelo-claro ao marrom, com formato geralmente circular, não delimitado pelas nervuras das folhas, apresentando algumas vezes um ponto central e círculos concêntricos. As lesões maiores encontram-se geralmente em folhas mais velhas localizadas na parte interna da copa. Algumas folhas com sintomas podem cair, mas as que permanecem servem de fonte de inóculo para os ácaros transmitirem a doença para novas folhas (MÜLLER et al., 2005). Nos frutos verdes as lesões são inicialmente amareladas e deprimidas, o que reduz muito o valor comercial dos mesmos. Nos ramos há formação de protuberâncias de coloração cinza ou marrom e textura de cortiça (RODRIGUES et al., 2003) que podem secar completamente levando a morte de plantas jovens. O número de lesões e a época de aparecimento dos sintomas podem causar queda prematura de frutos e intensa desfolha na planta, reduzindo a capacidade fotossintética de variedades suscetíveis (BASSANEZI et al., 2002; LOCALI et al., 2003).

O ácaro da leprose dos citros *B. phoenicis*, está presente durante todo o ano no pomar e juntamente com a fonte de inóculo pode levar a grandes prejuízos. Esse fato exige que a população de ácaro seja mantida em baixas densidades, estimulando os produtores ao controle químico do vetor e tornando essa a principal forma de controle da leprose (BASTIANEL et al., 2006a). A utilização desse tipo de controle com mesmo princípio ativo induz a seleção natural de vetores resistentes (ALVES, 2004). Por isso, Gravena (2005) recomenda o uso de acaricidas alternados, além da utilização de acaricidas seletivos que favoreçam a manutenção de ácaros predadores.

Para o controle biológico, os ácaros predadores são os mais eficientes como inimigos naturais de ácaros fitófagos, sendo que a família Phytoseiidae é considerada a mais importante no controle natural dessa praga. Algumas espécies são utilizadas no controle biológico, principalmente as do gênero *Euseiu* e *Iphiseoides* (MORAES, 1991).

O controle cultural é recomendado por meio da instalação de quebra-ventos e cercas vivas; restrição o trânsito de pessoas, veículos, máquinas e implementos nos pomares; a desinfecção de veículos, máquinas, equipamentos e materiais de colheita antes de adentrarem nos pomares; a eliminação de ramos com sintomas da leprose, através da poda, é uma tática que

diminui o potencial de inóculo do vírus e a contaminação de novos ácaros; a catação e destruição de frutos ou colheita profilática; uso de cobertura verde na rua e herbicidas na linha; manejo das plantas invasoras com roçadeira; adubação equilibrada e adubação orgânica; irrigação do pomar nos meses secos do ano para evitar a queda excessiva de folhas e uma maior predisposição das plantas ao ataque dos fungos. Outra alternativa seria antecipar a colheita usando variedades precoces e de meia estação (BRASIL, 2008).

A Instrução Normativa nº 005 de 30 de setembro de 2008 e a Portaria nº 822 de 19 de abril de 2011, baixada pela Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (ADEPARÁ), torna obrigatório o controle do agente etiológico da “leprose dos citros”, e seu respectivo vetor, no Estado do Pará. De acordo com a IN, as medidas preconizadas para o controle da leprose e do vetor disseminador devem ser aplicadas obrigatoriamente nas áreas onde ocorre a doença. A portaria entre outras disposições recomenda as medidas para o controle fitossanitário da praga e de seu vetor, e também proíbe o trânsito de veículos destinados à colheita em propriedades com ocorrência da praga para outra área indene. Nesta portaria torna-se obrigatória a lavagem pós-colheita de frutos de citros em “Packing house”, oriundos de áreas com registro de ocorrência da praga, uma vez que o ácaro transmissor da leprose pode ser retirado do fruto por este procedimento, minimizando o risco de disseminação da praga (BRASIL, 2008; BRASIL, 2011).

Entre esses diversos problemas encontrados no controle do ácaro e conseqüentemente da leprose dos citros, outro problema atual é recorrente dos fenômenos meteorológicos, relacionados ao aquecimento global, que devido à elevação das temperaturas da superfície da terra acarreta no encurtamento dos ciclos reprodutivos dos ácaros e com isso, aumentos populacionais. O aquecimento das águas do Oceano Pacífico é conhecido como El niño (FEARNSIDE, 2009), sendo um fator recorrente de secas no norte da Amazônia. Em anos de atividade intensa, este fenômeno natural desregula a população de ácaros *B. phoenicis*, que se beneficia do clima favorável para maior disseminação. Vários trabalhos mostram que fatores relacionados aos fatores abióticos podem interferir diretamente na população do ácaro da leprose dos citros (OLIVEIRA, 1987; CZERMAINSKI, 2006; ANDRADE et al., 2010; LARANJEIRA et al., 2015).

Na tentativa de otimizar o controle de pragas e doenças em ambientes agrícolas, além de amenizar o uso e custos com acaricidas, pode-se citar o cultivo consorciado de citros com espécies arbóreas é comum em algumas regiões. Essa prática consiste no cultivo permanente de espécies arbóreas consorciadas com culturas agrícolas, visando aproximar a um ambiente de

floresta natural (YARED et al., 1998). Nesse sentido, a teca (*Tectona grandis* Linn. F.) destaca-se como uma espécie arbórea que apresenta um alto valor comercial que é bastante utilizada nesse sistema de plantio (MOREIRA et al., 2006).

Uma ferramenta que vem sendo bastante utilizada para avaliar a distribuição espacial de pragas agrícolas é a geoestatística, que segundo Vieira (1995) 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 (CHELLEMI, 1988; FARIAS et al., 2004; SÁNCHEZ-PALE et al., 2011; UCHOA et al., 2011; FREITAS et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016). Esses autores verificaram que essa ferramenta mostrou bastante eficácia na avaliação do padrão agregado de pragas de cultivos agrícolas.

As distribuições espaciais dos organismos no espaço é uma característica ecológica da espécie. Existem modelos matemáticos que interpretam as distribuições espaciais dos organismos, entre os mais utilizados estão a distribuição de Poisson, distribuição Binomial Positiva e distribuição Binomial Negativa (TAYLOR, 1984). Os índices de agregação são essenciais para avaliações ecológicas, porém não há nenhum índice perfeito que preencha todos os requisitos desejados. Por meio desses índices é possível estimar a distribuição que melhor descreve o arranjo espacial de várias pragas (GREEN, 1966; RABINOVICH, 1980).

Segundo Green (1966) para ser considerado perfeito, o índice deve apresentar algumas características, como: a) fornecer valores reais e contínuos para todo grau de agregação; b) não deve ser afetado pelo número de unidades amostrais, pelo tamanho da unidade amostral ou pelo número total de indivíduos e c) seu cálculo deve ser fácil. Entre os principais índices utilizados para medir o grau de dispersão de insetos estão a razão variância/média ( $I$ ), índice de Morisita ( $I_\delta$ ), Coeficiente de Green ( $C_x$ ), parâmetro  $k$  da distribuição binomial negativa, e também a lei da potência de Taylor, entre outros.

Esses índices são fundamentais para a construção de um plano de amostragem sequencial para uma determinada praga, o que consiste em um procedimento no qual observações são tiradas em sequência e as decisões são feitas após a leitura de cada unidade amostral. Nesse tipo de amostragem, a avaliação pode classificar rapidamente a população do organismo tratado em grandes categorias como baixa, média ou alta, ou ainda indicar se é necessário adotar alguma medida de controle, ou não (LYNCH et al., 1990). Desse modo, o momento de determinar a amostragem e tomar uma decisão depende, em cada etapa, dos resultados obtidos a cada momento (WALD, 1945).



## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comercio, 2017. 472p.
- ALVES, E. B. **Dinâmica da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) ao acaricida dicofol**. 2004. 79 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- ANDRADE, D. J. DE et al. Acaricides used in conventional and organic citrus orchard: leprosis and phytoseiid mites population control. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1028–1037, 2010.
- BASSANEZI, R. B. et al. Adeus à leprose. **Revista Cultivar**, v. 10, n. 1, p. 37, 2002.
- BASTIANEL, M. et al. The citrus leprosis pathosystem. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 3, p. 211–220, 2006a.
- BASTIANEL, M. et al. Inheritance and Heritability of Resistance to Citrus Leprosis. **Phytopathology**, v. 96, n. 10, p. 1092–1096, 2006b.
- BASTIANEL, M. et al. Citrus leprosis: centennial of an unusual mite–virus pathosystem. **Plant Disease**, v. 94, n. 3, p. 284–292, 2010.
- BITANCOURT, A. A. **As manchas das laranjas, descrição das principais manchas, podridões e outras alterações das laranjas, e dos meios para combate-las**. 1. ed. São Paulo: Arquivos do Instituto Biológico, 1934. 135p.
- BITANCOURT, A. A. Estudos sobre a leprose-dos-citros. I. Distribuição geográfica e sintomatologia. II. Transmissão natural às folhas. III. Transmissão natural às frutas. IV. Experiências de tratamento. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 22, p. 161–231, 1955.
- BOARI, A. J. et al. Confirmação da presença da leprose dos citros, tipo citoplasmático, no Estado do Pará... In: XL Congresso Brasileiro de Fitopatologia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. S207-207, 2007.
- BOTEON, M.; NEVES, E. Citricultura brasileira: aspectos econômicos. In: MATTOS JR, D. et al. (Eds.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p. 20–36.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 005, de 30 de setembro de 2008. Dispõe sobre o controle do agente etiológico da leprose dos citros e do seu respectivo vetor, no estado do Pará, e dá outras providências. **Imprensa Oficial do Estado do Pará**. Belém, PA, 01 de outubro de 2008. Disponível em: <[http://www.adepara.pa.gov.br/images/IN\\_005.DOC](http://www.adepara.pa.gov.br/images/IN_005.DOC)>. Acesso em: 20 de janeiro de 2016.
- BRASIL. Portaria nº 822, de 19 de abril de 2011. Dispõe sobre o controle do agente etiológico da leprose dos citros e do seu respectivo vetor, no estado do Pará, e dá outras providências. **Imprensa Oficial do Estado do Pará**. Belém, PA, 20 de abril de 2011. Disponível em: <[http://www.ioepa.com.br/diarios/2011/06/06/2011.06.06.DOE\\_16.pdf](http://www.ioepa.com.br/diarios/2011/06/06/2011.06.06.DOE_16.pdf)>. Acesso em: 20 de janeiro de 2016.

- CHELLEMI, D. O. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens and diseased plants using geostatistics. **Phytopathology**, v. 78, n. 2, p. 221, 1988.
- CHILDERS, C. C. et al. Citrus Leprosis and its Status in Florida and Texas: Past and Present. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, n. 1–3, p. 181–202, 2003a.
- CHILDERS, C. C.; FRENCH, J. V.; RODRIGUES, J. C. V. *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, *B. phoenicis*, and *B. lewisi* (Acari: Tenuipalpidae): a Review of their Biology, Feeding Injury and Economic Importance. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, n. 1–3, p. 5–28, 2003b.
- CHILDERS, C. C.; RODRIGUES, J. C. V.; WELBOURN, W. C. Host Plants of *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, and *B. phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) and their Potential Involvement in the Spread of Viral Diseases Vected by these Mites. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, n. 1–3, p. 29–105, 2003c.
- COLARICCIO, A. et al. Mechanical transmission and ultrastructural aspects of citrus leprosis disease. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 208–213, 1995.
- CZERMAINSKI, A. B. C. **Dinâmica espaço-temporal de populações do patossistema leprose dos citros em condições naturais de epidemia**. 2006. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2006.
- CZERMAINSKI, A. B. C. et al. Dinâmica temporal da população do ácaro *Brevipalpus phoenicis* e da leprose dos citros sob condições naturais de epidemia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 295–303, 2007.
- FARIAS, P. R. S. et al. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xylella fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 1, p. 13–20, 2004.
- FEARNSIDE, P. M. A vulnerabilidade da Floresta Amazônica oerante as mudanças climáticas. **Oecologia Australis**, v. 13, n. 4, p. 609–618, 2009.
- FREITAS, A. S. et al. Spatial distribution of Yellow Sigatoka Leaf Spot correlated with soil fertility and plant nutrition. **Precision Agriculture**, v. 17, n. 1, p. 93–107, 2016.
- GRAVENA, S. **Manual prático: Manejo ecológico de pragas dos citros**. Jaboticabal - SP: Gravena LTDA, 2005. 372p.
- GREEN, R. H. Measurement of non-randomness in spatial distributions. **Researches on Population Ecology**, v. 8, n. 1, p. 1–7, 1966.
- IBGE. **Agricultura: sistema IBGE de recuperação automática - Sidra**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 dez. 2015.
- KITAJIMA, E. W. et al. Short, rod-like particles associated with Citrus leprosis. **Virology**, v. 50, n. 1, p. 254–8, out. 1972.

- LARANJEIRA, F. F. et al. Infestation dynamics of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus orchards as affected by edaphic and climatic variables. **Experimental and Applied Acarology**, v. 66, n. 4, p. 491–508, 2015.
- LOCALI, E. C. et al. Development of a molecular tool for the diagnosis of leprosis, a major threat to citrus production in the americas. **Plant Disease**, v. 87, n. 11, p. 1317–1321, 2003.
- LOPES, M. V et al. Mesurament of samples for monitoring the acarid of leprous *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) in citros. **Revista Brasileira De Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 671–676, 2007.
- LYNCH, A. M.; FOWLER, G. W.; SIMMONS, G. A. Sequential sampling plans for spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) egg mass density using Monte Claro simulation. **Jornal of Economic Entomology**, v. 83, n. 4, p. 1479–1484, 1990.
- MARQUES, J. P. R. et al. Foliar and twigs lesions of sweet orange caused by citrus leprosis. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1531–1536, 2007.
- MORAES, G. J. Controle biológico de ácaros fitófagos. **Informe Agropecuário Brasileiro**, Belo Horizonte, v.15, n. 167, p.56-62, 1991.
- MOREIRA, R. Y. O. et al. Antraquinonas e naftoquinonas do caule de um espécime de reflorestamento de *Tectona grandis* (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 3, p. 392–396, 2006.
- MULLER, G. W. et al. Doenças de citros causadas por vírus e viróides. In: JUNIOR, D. M. .; DE NEGRI, J.D.; PIO, R. M.; JUNIOR, J. P. (Eds.). . **Citros**. Centro APTA Citros Sylvio Moreira, 2005. p. 567–604.
- NEVES, M. F. O Retrato da Citricultura Brasileira. In: NEVES, M. F. (Ed.). **O Retrato da Citricultura Brasileira**. 1. ed. Ribeirão Preto: Markestrat, 2010. p. 138.
- OLIVEIRA, C. A. L. Flutuacão populacional e medidas de controle do a ácaro *Brevipalpus phoenicis* em citros. **Laranja**, v. 6, p. 1–32, 1987.
- OLIVEIRA, F. J. DE et al. Spatial distribution of citrus leprosis in the Eastern Amazon. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 56–68, 2016.
- RABINOVICH, J. E. **Introducción a la ecología de poblaciones animales**. México: Com. Ed. Continental, 1980. 313p.
- RODRIGUES, J. C. V. **Leprose dos citros, cito-histopatologia, transmissibilidade e relação com o vetor *Brevipalpus phoenicis* Geijskes (Acari: Tenuipalpidae)**. 1995. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de Concentração em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo, 1995.
- RODRIGUES, J. C. V. et al. **Yield damage associated to citrus leprosis on sweet-orange varietie**. Proceedings of the International Society of Citriculture. **Anais...**Orlando: 2000.
- RODRIGUES, J. C. V. et al. Citrus leprosis virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari:

Tenuipalpidae) on citrus in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, n. 1–3, p. 161–179, 2003.

RODRIGUES, J. V. C. **Relações patógeno-vetor-planta no sistema leprose dos citros**. 2000. 168 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2000.

RODRIGUES, J. V.; MACHADO, M. A. Virus-*Brevipalpus*-plant relationships on citrus leprosis pathosystems. **Proceedings of the International Societ, Anais...** International Society of Citriculture. Orlando, FL, USA. p. 768–770, 2000.

RODRIGUES, J. C. V. et al. Uma estratégia para o controle da Leprose dos citros. **Laranja**, v. 22, n. 2, p. 411–423, 2001.

RODRIGUES, J. C. V et al. *Brevipalpus*-associated viruses in the central Amazon Basin. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 1, p. 12–19, 2008.

RODRIGUES, J. C. V; CHILDERS, C. C. *Brevipalpus* mites (Acari: Tenuipalpidae): vectors of invasive, non-systemic cytoplasmic and nuclear viruses in plants. **Experimental and Applied Acarology**, v. 59, n. 1–2, p. 165–175, 2013.

SÁNCHEZ-PALE, J. R. et al. Spatial distribution of head smut (*Sporisorium reilianum*) of corn in Mexico. **Ciencia e Investigacion Agraria**, v. 38, n. 2, p. 253–263, 2011.

TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distribution of insects populations. **Annual Review of Entomology**, v. 29, n. 1, p. 321–357, 1984.

TRINDADE, D. R. et al. Ocorrência da leprose dos citros no estado do pará: sintomatologia e controle. **Comunicado Técnico**, v. Belém, Emb, p. 3, 1999. 3p.

UCHOA, C. D. et al. Geostatistical modeling of black-sigatoka and relation to soil fertility. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 3, p. 357–362, 2011.

USDA, United States Department of Agriculture. **Citrus: World markets and trade**. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

WALD, A. Sequential Tests of Statistical Hypotheses. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 16, n. 2, p. 117–186, jun. 1945.

YARED, J. A. G.; BRIENZA JÚNIOR, S.; MARQUES, L. C. T. Agrossilvicultura: conceitos, classificação e oportunidades para a aplicação na Amazônia Brasileira. **EMPRAPA-CPATU**, 1998. 39p.

## 2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA LEPROSE DOS CITROS ASSOCIADA AO VETOR E FATORES ABIÓTICOS EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO DE CITROS

### RESUMO

A leprose dos citros destaca-se como um dos principais problemas fitossanitários encontrados no cultivo de citros, e é transmitida pelo ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus* spp. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a distribuição espacial da leprose dos citros e seu vetor associados aos fatores abióticos em dois sistemas de cultivo de laranja, variedade “Pêra rio”, na Amazônia Oriental. As áreas foram selecionadas a partir de levantamento prévio da ocorrência do vetor e da doença em pomares de laranja no município de Capitão Poço, Estado do Pará. Foram realizadas coletas em 112 plantas georreferenciadas em um talhão de citros em sistema de plantio de monocultivo e 112 plantas georreferenciadas em um talhão com sistema consorciado com teca no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, em intervalos mensais. Com o auxílio de uma lupa de bolso com aumento de 10 vezes, foi realizada a contagem do ácaro (*Brevipalpus* spp.) em 3 frutos, 3 ramos e 3 folhas das partes interna e externa de cada planta. A presença de plantas com sintomas de leprose dos citros foi avaliada visualmente em toda a copa da planta observando qualquer estrutura sintomática. Os dados climáticos foram coletados da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no Campus da Universidade Federal Rural da Amazônia no município de Capitão Poço/PA. Verificou-se que a maioria dos fatores climáticos estão correlacionados com a ocorrência do ácaro da leprose dos citros na região. A leprose dos citros, assim como seu vetor, apresentou distribuição agregada na maioria das avaliações. A partir dos mapas de krigagem conclui-se que não houve associação entre a incidência da leprose dos citros com seu vetor nos meses avaliados nos dois sistemas de cultivo.

**Palavras-chave:** *Brevipalpus* spp. CiLV. Geoestatística. Krigagem. Semivariograma.

### SPATIAL DISTRIBUTION OF CITRUS LEPROSIS ASSOCIATED WITH YOUR VECTOR AND ABIOTIC FACTORS IN TWO CROP SYSTEMS

#### ABSTRACT

Citrus leprosis stands out as one of the main phytosanitary problems found in citrus cultivation. It is transmitted by the citrus leprosis mite *Brevipalpus* spp. This study aims to characterize the spatial distribution of citrus leprosis, and its vector associated with abiotic factors in two orange peat systems, "Pêra rio" variety, in the Eastern Amazon. The areas were selected from a

previous survey of the occurrence of the vector and the disease in orange orchards in the municipality of Capitão Poço, State of Pará-Brazil. Data were collected from 112 plants in a citrus orchard in a monoculture planting system and from 112 plants in a field with a consortium with teak between September 2015 and August 2016, at monthly intervals. Using a 10 times magnifying glass, counting of mite (*Brevipalpus* spp.) was done in 3 fruits, 3 branches and 3 leaves of the internal and external parts of each plant. The presence of plants with citrus leprosis symptoms was evaluated visually throughout the plant canopy observing any symptomatic structure. Climatic data were collected from the automatic station of the National Institute of Meteorology (INMET) located at the Federal Rural University of Amazônia Campus in the municipality of Capitão Poço / PA. It was verified that most climatic factors are correlated with the occurrence of the citrus leprosis mite in the region. Citrus leprosis, as well as its vector, presented aggregate distribution in most evaluations. From the kriging maps, it was concluded that there was no association between the incidence of citrus leprosis, and its vector during the months when the two cropping systems were evaluated.

**Keys-word:** *Brevipalpus* spp. CiLV. Geostatistics. Kriging. Semivariogram.

## 2.1 Introdução

O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), com uma produção na safra 2014/2015 de aproximadamente 16,7 milhões de toneladas e com expectativa de produção de 14,3 milhões de toneladas para a safra 2015/2016 (AGRIANUAL, 2017). A produção da cultura poderia ser ainda maior se não fossem os danos causados pela leprose dos citros (*Citrus Leprosis Virus – CiLV*), que é transmitida pelos ácaros da leprose dos citros, do gênero *Brevipalpus* spp., que são encontrados em todas as regiões no mundo (BEARD et al., 2015), com destaques para as espécies *B. phoenicis* (Geijskes, 1939), *B. californicus* Banks, *B. obovatus* Donnadieu (KITAJIMA et al., 2001; KITAJIMA, CHAGAS e RODRIGUES, 2003; RODRIGUES et al., 2008; RODRIGUES; CHILDERS, 2013). O *CiLV* destacou-se consideravelmente na última década, ocorrendo em 22 Estados brasileiros onde há produção de citros, com destaque econômico no Estado de São Paulo, responsável por cerca de 80 % da produção nacional (BASTIANEL et al., 2010). No Estado do Pará destaca-se como polo citrícola o município de Capitão Poço, no qual a doença foi identificada e confirmada pela metodologia RT-PCR e TEM (BOARI et al. 2007).

Segundo Rodrigues et al. (2003) a leprose dos citros tem sido considerada uma das mais importantes viroses dos pomares citrícolas no Brasil na última década devido a seus efeitos

significativos na redução da produção e no período de vida das plantas, causado por lesões e queda prematura dos frutos e folhas, podendo ainda ocasionar morte de ramos e brotações.

A principal forma de manejo do ácaro da leprose dos citros, é o uso de acaricidas sintéticos, o que gera um aumento significativo no custo de produção (ANDRADE et al., 2010 e BASTIANEL et al., 2010). O custo anual com acaricidas para controle do ácaro da leprose gira em torno de 60 a 70 milhões de dólares (YAMAMOTO et al., 2006), o que explica a necessidade da adoção de um manejo integrado adequado da doença e do ácaro, destacando a importância do vetor da leprose no custo de produção dos citros. Uma maneira de minimizar custos com acaricidas é o cultivo consorciado de citros com espécies arbóreas, comum na região nordeste do estado do Pará. Nesse sentido, a teca (*Tectona grandis* Linn. F.: Lamiaceae) destaca-se como uma espécie arbórea que apresenta um alto valor comercial (MOREIRA et al., 2006) e é bastante utilizada nesse sistema de plantio nessa região do estado do Pará.

A doença transmitida pelo ácaro causa danos caracterizados como aparecimento de lesões cloróticas e/ou necróticas, lisas ou salientes, circulares ou alongadas quando próximas às nervuras foliares (LOCALI et al., 2004; MARQUES et al., 2007). Essas lesões resultam na queda prematura dos frutos, folhas e a morte de ramos e brotações (RODRIGUES et al., 2003). A seca drástica dos ramos, que leva a morte de plantas jovens mais susceptíveis, compromete a produção de frutos significativamente (LOCALI et al., 2003).

Segundo Childers e Rodrigues (2011) a determinação da distância e da dispersão do vetor é fundamental para fornecer informações que podem otimizar o manejo da praga, evitando a propagação desta doença precocemente, minimizando assim as perdas econômicas. Para isso, a geoestatística tem sido usada nos últimos anos com bastante aplicação na modelagem do padrão espaço-temporal para formular hipóteses a respeito do aspecto epidemiológico de doenças de plantas (CHELLEMI, 1988; WALLACE; HAWKINS, 1994; LARKIN et al., 1995; JAIME-GARCIA et al., 2001; CHAREST et al., 2002).

Devido a importância da cultura dos citros na região e ao fato de que poucos trabalhos têm sido realizados para acompanhar o progresso da leprose dos citros e seu vetor, tornam-se necessários conhecimentos básicos que objetivem caracterizar a distribuição espacial da incidência da leprose dos citros e a infestação de seu vetor em condições locais em diferentes sistemas de cultivo, para estabelecer um manejo adequado.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi caracterizar a distribuição espacial da leprose dos citros e do ácaro da leprose dos citros, associado aos fatores abióticos locais em sistemas

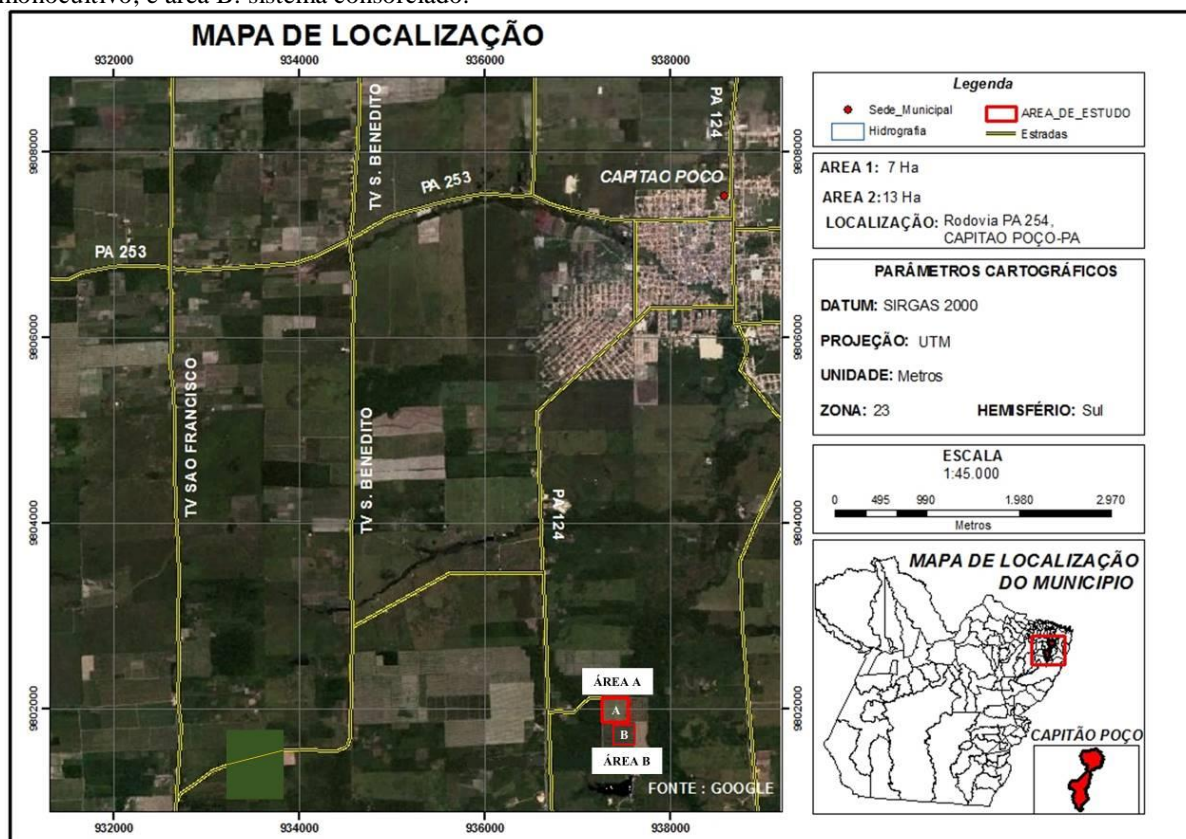
de plantio de citros em monocultivo e consorciado com teca em pomares comerciais de laranja doce, variedade “Pêra rio”, no município de Capitão Poço, PA, no Nordeste Paraense.

## 2.2 Material e métodos

### 2.2.1 Localização e identificação da área de experimental

As áreas em estudo estão localizadas no município de Capitão Poço, PA, pertencente a mesorregião do Nordeste Paraense e a Microrregião do Guamá, com as coordenadas geográficas 01°44’54” de latitude Sul e 47°03’42” de longitude Oeste do Meridiano de Greenwich (Figura 2.1). O clima é classificado como AMI segundo Köppen, com temperatura média anual de aproximadamente 25° C e precipitação pluviométrica próxima a 2.250 mm anuais, com maior concentração de janeiro a junho, representando cerca de 80% do total. A umidade relativa do ar gira em torno de 85% (KOPPEN, 1948).

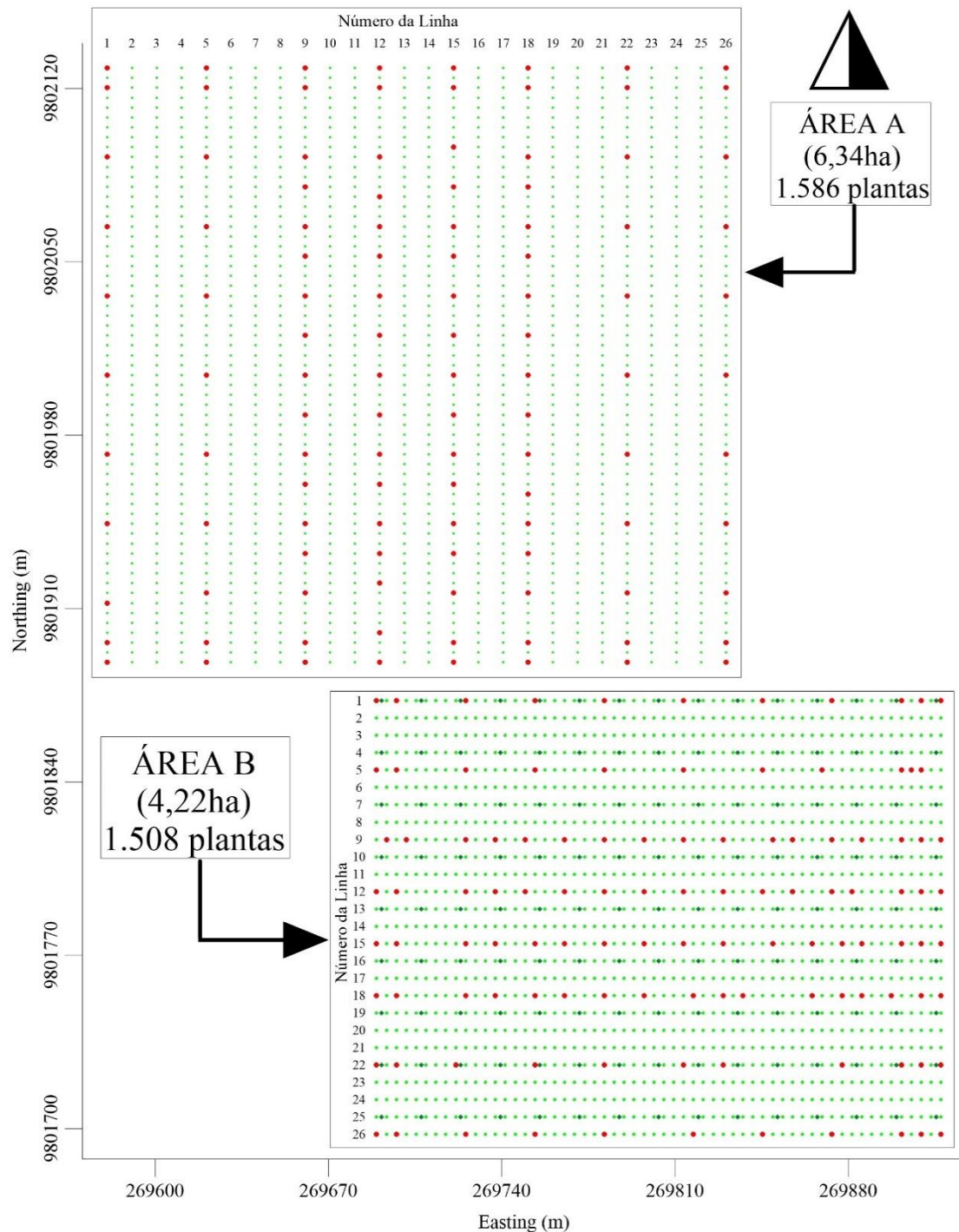
**Figura 2.1** – Mapa de localização das áreas em estudo no município de Capitão Poço, PA (Área A: sistema monocultivo; e área B: sistema consorciado).



Fonte: O autor.



**Figura 2.2** - Mapa de localização das plantas: Área A - com 1.586 plantas e espaçamento de 10x4 metros e Área B - com 1.508 plantas com espaçamento de 7x4 metros e consorciando com teca. Pontos em vermelho indicam a planta amostrada, pontos em verde claro indicam plantas de citros e ponto em verde escuro indicam plantas de teca.



**Fonte:** Autor.

Após a inspeção foi selecionada uma área para realização das avaliações, e dentro desta, foram selecionados dois talhões: o primeiro com 1.586 plantas, em sistema de plantio em monocultivo, de plantio 1992, plantadas com espaçamento 4 x 10 m (Figura 2.2- ÁREA A), dispostas em 26 fileiras com 61 plantas cada, com uma densidade de 250 plantas por hectare, e

coordenadas geográficas 01°47'34,25" de latitude Sul e 47°04'12,60" de longitude oeste do Meridiano de Greenwich. O segundo talhão com 1508 plantas, em sistema de plantio consorciado com Teca (*Tectona grandis* Linn. F.), de plantio 2002, plantadas com espaçamento de 4 x 7 m (Figura 2.2– ÁREA B), disposta em 26 fileiras com número de 58 plantas cada, com densidade de 357 plantas por hectare e coordenadas geográficas 01°47'46,73" de latitude Sul e 47°07'16,22" de longitude oeste do Meridiano de Greenwich. No sistema consorciado a plantas de Teca, foram plantadas nas linhas das laranjeiras com espaçamento de 20 x 21 m. Todas as plantas de cada talhão foram georreferenciadas previamente à realização das coletas.

Foram aplicados todos os tratos culturais como adubações, roçagens, etc., em ambas as áreas experimentais, e não foi utilizado nenhum tipo de agrotóxico nas áreas dos talhões em estudo no período das avaliações para que a população de ácaro da leprose não fosse afetada, ocorrendo assim uma infestação de forma natural da doença.

### 2.2.2 Avaliação do ácaro da leprose e da leprose dos citros em campo

Para avaliação do ácaro da leprose em campo foram avaliadas 112 plantas na área em monocultivo e 112 plantas na área consorciada (Figura 2.2), no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, com intervalo entre avaliações de aproximadamente um mês, totalizando doze amostragens. Em cada planta foram amostrados 3 frutos internos, 3 frutos externos, 3 ramos internos, 3 ramos externos, 3 folhas internas e 3 folhas externas (Anexo 1), na parte mediana da copa da planta, observando-se a presença do ácaro da leprose e realizando a contagem do número de ácaros encontrados em cada segmento observado, com auxílio de uma lupa de bolso com aumento de 10x. Na ausência de frutos no período da avaliação, substituiu-se esse por um ramo, conforme indicação de Gravena (2005).

Para identificação e confirmação da espécie de *Brevipalpus* existente na área em estudo, foram coletadas cinco amostras de ácaros e identificados no laboratório do Instituto Biológico em Campinas, São Paulo, pelo Pesquisador Doutor Jeferson Luiz de Carvalho Mineiro, como *Brevipalpus yothersi* nas cinco amostras.

A contagem dos ácaros encontrados foi feita da seguinte forma: para frutos foram escolhidos sempre aqueles com sintomas de verrugose ou com superfície irregular, a partir do tamanho de pingue-pongue, realizando-se a varredura completa em toda sua superfície; para folhas fez-se a varredura completa das superfícies abaxial e adaxial, observando principalmente as nervuras das folhas, onde os ácaros preferencialmente são encontrados; e para ramos foram selecionados aqueles com superfície irregular pronunciada, fazendo-se a varredura de

aproximadamente 20 cm da superfície a partir do ápice. Em cada segmento avaliado foi realizada a contagem de até o número máximo de dez ácaros, e nos frutos em que foram encontrados mais que dez ácaros, adotou-se o valor de dez para este.

Para avaliação da leprose dos citros foi realizada amostragem nas mesmas 112 plantas avaliadas para contagem dos ácaros, em ambos os sistemas de plantio, também em intervalos de aproximadamente um mês. Cada planta teve a copa avaliada visualmente em todos os quadrantes (norte, sul, leste e oeste) em todos os níveis de altura da planta, na parte interna e externa, observando-se sintomas característicos da leprose dos citros em frutos, ramos e folhas (Figura 2.3), anotando-se 1 (um) para presença e 0 (zero) para ausência da doença.

É importante ressaltar que a confirmação da leprose dos citros na área estudada foi previamente comprovada por Oliveira et al. (2016).

**Figura 2.3** - A: Folhas; B: Frutos; e C: Ramos, com sintomas diversos característicos da leprose dos citros observados nas áreas em estudo.



Fonte: O autor.

### 2.2.3 Aquisição dos dados climáticos

Os dados climáticos com valores mensais de precipitação pluviométrica acumulada (mm), temperatura mínima, máxima e média (°C), e, umidade relativa do ar (%) foram obtidos

a partir da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET do município de Capitão Poço/PA, no intervalo correspondente ao período de avaliação do trabalho, setembro de 2015 a agosto de 2016. A estação meteorológica automática está instalada no campus da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, com uma distância do centro da área A (monocultivo) aproximada de 6,3 km e da área B (consorciado) cerca de 6,5 km. Devido a problemas técnicos na estação, que resultaram na ausência dos dados de precipitação pluviométrica mensal, temperatura média mensal e umidade relativa do ar do mês de janeiro de 2016, foram utilizadas para cada uma dessas variáveis, as médias observadas nos meses de janeiro do ano de 2012 a 2015 da mesma estação automática da qual foram coletados os dados.

#### 2.2.4 Análises estatísticas

Para avaliação estatística dos dados foi utilizado o percentual de plantas infestadas por ácaro da leprose (%) e o de plantas com incidência da leprose dos citros (%) para cada mês avaliado. Os dados referentes a cada sistema de plantio (monocultivo e consorciado) foram submetidos a análise de correlação linear simples de Pearson, afim de verificar as influências da infestação do ácaro da leprose na incidência da leprose dos citros nos dois sistemas de cultivo e avaliou-se a influência das variáveis climáticas tanto na infestação do vetor como na incidência da doença.

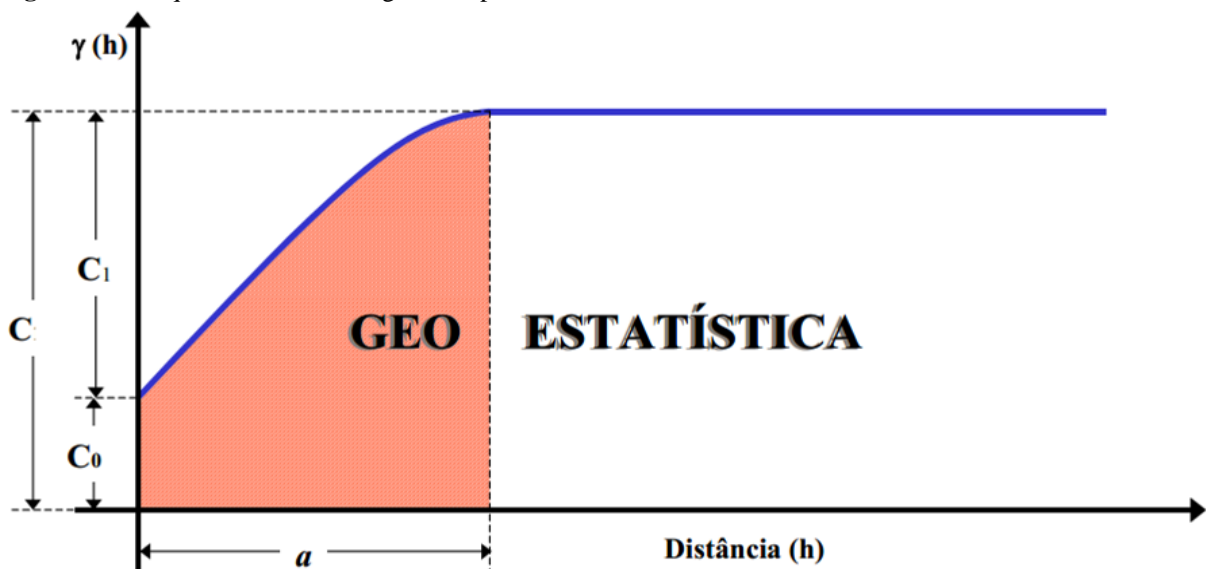
#### 2.2.5 Geoestatística

Para a avaliação da distribuição espacial de infestação do ácaro da leprose dos citros, assim como da incidência da doença utilizou-se a geoestatística. Na avaliação da infestação do ácaro, utilizou-se a soma do número de ácaros encontrados nos frutos, ramos e folhas. Já para a avaliação da distribuição espacial da leprose dos citros, utilizou-se os valores 1 (um) para presença e 0 (zero) para ausência, independentemente do órgão da planta onde foi observado o sintoma da doença. A avaliação dos dados foi realizada a partir da confecção de semivariograma e interpolação dos dados a partir dos mapas de krigagem. Para esse procedimento utilizaram-se as informações da posição de cada amostra e os referidos valores observados em cada ponto. Portanto, cada ponto amostrado da variável, que nesse caso seria cada planta, teve sua localização conhecida, com suas coordenadas em unidades de medidas que pudessem serem calculadas as distâncias entre plantas.

## 2.2.6 Semivariograma

A primeira parte para realização da análise geoestatística foi ajustar o modelo de semivariograma para infestação do ácaro da leprose e da leprose dos citros para cada sistema de plantio, para assim identificar o tipo e a forma da dependência espacial em cada mês avaliado. Isso foi realizado através da construção de um gráfico da semivariância em função da distância, conforme esquema a seguir (Figura 2.4).

**Figura 2.4** - Esquema do semivariograma experimental.



Fonte: Adaptado por Guerra (1988).

Onde:

$a$  = Alcance ou “range”: mede a distância limite da dependência espacial;

$C$  ou  $C_1 + C_0$  = Patamar ou “sill”: é o valor do semivariograma correspondente ao seu alcance, ou seja, desse ponto em diante não existe mais dependência espacial entre as amostras;

$C_1$  = Variância espacial: é a diferença espacial entre os valores de uma variável tomada em dois pontos separados por distâncias cada vez maiores;

$C_0$  = Efeito pepita ou “nugget effect”: é a semivariância nos pontos muito próximos, quando as distâncias entre as unidades amostrais são bem pequenas.

Assim, foram definidos os parâmetros referentes ao semivariograma: o patamar, a variância espacial, o efeito pepita e o alcance, pela estimação do semivariograma (Equação 2.1). Essa etapa é bastante importante, pois a partir dos resultados obtidos do semivariograma foram utilizados no processo de krigagem para interpolação dos dados e confecção dos mapas de contorno das áreas em estudo.

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2.1)$$

onde  $N(h)$  é o número de pares de valores medidos  $Z(x_i) - Z(x_i + h)$ , separados por um vetor  $h$ .  $\gamma^*(h)$  é a semivariância dada em função da distância, portanto depende da direção de  $h$ .

Para fim de ajuste os dados foram testados aos modelos experimentais com patamar e ajustados segundo cada comportamento. Para escolha dos modelos foi avaliado coeficiente de determinação ( $R^2$ ), optando por aqueles que proporcionaram maiores valores. Os modelos experimentais testados para os dados foram os seguintes:

a – Modelo esférico: o modelo esférico alcança um patamar a uma distância  $h$  finita, e pode ser representado pelas equações 2.2 e 2.3:

$$\gamma^*(h) = C_0 + C_1 \left[ \frac{3}{2} \left( \frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right], \quad 0 < h < a \quad (2.2)$$

$$\gamma^*(h) = C_0 + C_1, \quad h \geq a \quad (\text{Estabilização}) \quad (2.3)$$

b – Modelo exponencial: o modelo exponencial alcança seu patamar somente assintoticamente, pode ser estimado pela equação 2.4:

$$\gamma^*(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-3 \frac{h}{a})], \quad 0 < h < d \quad (2.4)$$

c – Modelo Gaussiano: A função é parabólica próxima à origem, apresentando um alcance extenso e o patamar semelhante ao modelo exponencial, podendo ser representado pela equação 2.5:

$$\gamma^*(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(3 - \left( \frac{h}{a} \right)^2)], \quad 0 < h < d \quad (2.5)$$

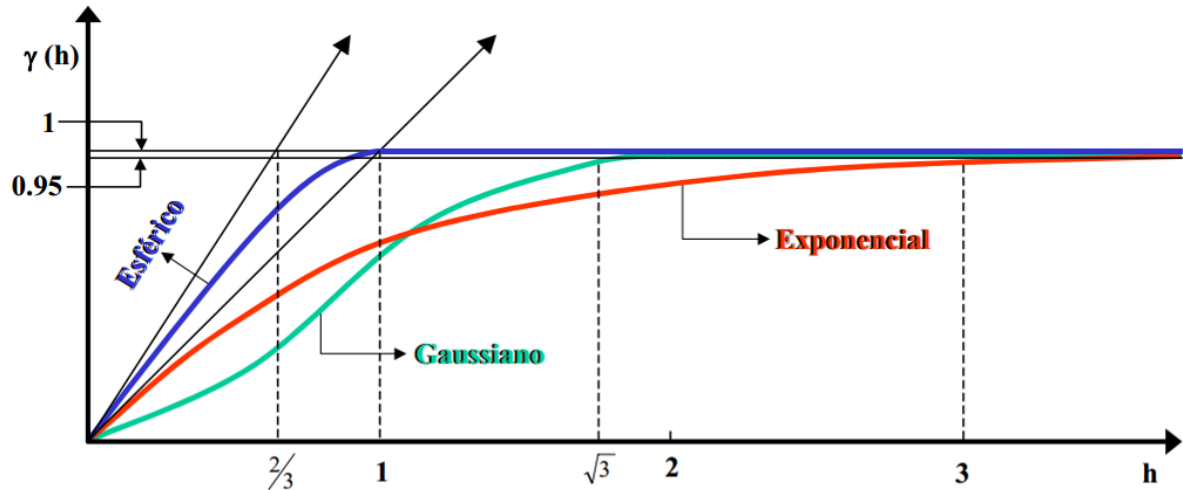
d – Modelo aleatório: à medida que aumenta a descontinuidade na origem do semivariograma, mais aleatório é o fenômeno que originou a variável em análise, é estimado pela equação 2.6:

$$\gamma^*(h) = C_0 + C_1, \quad 0 < h < d \quad (2.6)$$

Os modelos com patamar testados neste trabalho são representados na Figura 2.5, mostrando que para uma mesma distância  $h$ , os três modelos apresentam variações diferentes

(eixo  $\gamma(h)$ ), ou de outra forma, as distâncias onde a tangente na origem intercepta o patamar são diferentes.

**Figura 2.5** - Semivariogramas experimentais com patamar.



Fonte: Adaptado por Rendu (1978).

Definindo-se os parâmetros dos semivariogramas experimentais ajustados, calculou-se o índice de dependência espacial, parâmetro  $k$  ( $C_0/(C_0+C_1)$ ), para determinação da dependência espacial de cada avaliação, e classificados de acordo com os intervalos propostos por Cambardella et al. (1994), em que valores de  $k < 0,25$  considera-se dependência forte,  $0,25 \leq k < 0,75$  considera-se dependência moderada e, de  $k > 0,75$  tem-se dependência espacial fraca.

O passo seguinte da geoestatística foi a interpolação dos dados de infestação de ácaro da leprose dos citros e da incidência da leprose dos citros para cada mês avaliado em ambos os sistemas, pela elaboração de mapas de krigagem e avaliação do estudo. A interpolação dos dados obtidos em cada ponto (planta) amostrado para a obtenção de uma estimativa foi dada pela equação 2.6:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (2.6)$$

Em que:

$Z^*$  = estimativa;

$x_0$  = combinação linear dos valores das medidas vizinhas;

$N$  = número dos valores medidos envolvidos na estimativa  $z(x_i)$ ;

$\lambda_i$  = peso associada a cada valor medido.

Na elaboração e ajustes dos semivariogramas assim como na confecção dos mapas de interpolação (mapas de krigagem) foi utilizado o software Surfer 8.0.

## 2.3 Resultados e discussão

### 2.3.1 Avaliação da influência dos fatores climáticos na infestação do ácaro da leprose e da leprose dos citros em sistemas de monocultivo e consorciado

Os resultados das avaliações do percentual de plantas com a presença do ácaro da leprose e incidência da leprose dos citros observados no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, nos dois sistemas de cultivo de citros, assim como as variáveis climáticas podem ser observadas na Tabela 2.1. A partir dos resultados observou-se que o ácaro da leprose esteve sempre presente nos dois sistemas de plantio durante todo o período de avaliação, como também aconteceu com a incidência da doença nas duas áreas, independente das condições climáticas. No período de setembro de 2015 a fevereiro de 2016 nota-se que a infestação do ácaro da leprose sempre esteve acima de 50 % e valores abaixo de 50 % no período de março a agosto de 2016, nos dois sistemas de cultivo. Para a leprose dos citros observou-se que não houve um padrão na ocorrência do índice de plantas infectadas nos meses avaliados.

Essas características apresentadas podem estar relacionadas a falta de manejo do ácaro da leprose dos citros e também da doença na área, onde plantas infectadas com o vírus da leprose dos citros serviram permanentemente como fonte de inóculo, associado ao alto percentual plantas infestadas por ácaros e condições que favoreceram a permanência do vetor da doença na área ao longo das avaliações.

Na Tabela 2.1 observa-se que a temperatura máxima variou de 33,00 °C a 37,80 °C, correspondentes aos meses de julho de 2016 e dezembro de 2015, respectivamente. Para a temperatura média, houve variação de 25,70 °C a 27,80 °C, que foram referentes aos meses de junho/julho de 2016 e dezembro de 2015, respectivamente. Para a amplitude térmica, a variação foi de 10,30 °C a 16,30 °C março de 2016 e dezembro de 2015. A precipitação oscilou de 0,80 mm no mês de novembro de 2015 a 257,80 mm no mês de março de 2016. A umidade relativa do ar foi sempre acima de 80 % no período de fevereiro a julho de 2016 e abaixo de 80 % nos demais meses avaliados.

Na Figura 2.6 verifica-se a oscilação da infestação do ácaro da leprose dos citros e da doença associados à variação de temperatura ao longo das avaliações realizadas. Fica evidente que em períodos nos quais a temperatura máxima, temperatura média e amplitude térmica foram mais baixas, houve menores infestações do ácaro da leprose, que corresponderam ao período de fevereiro a agosto de 2016 para AM e de janeiro a agosto de 2016 para AC, e quando essas variáveis foram mais altas houveram picos de infestação do ácaro da leprose, que



corresponderam ao período de setembro de 2015 a janeiro de 2016. Na Figura 2.7 observa-se a variação da precipitação, porém não fica nítida a influência na infestação do ácaro. Na Figura 2.8, como consequência da precipitação pluviométrica, valores mais baixos de umidade relativa do ar também mostraram-se favoráveis a infestação do vetor.

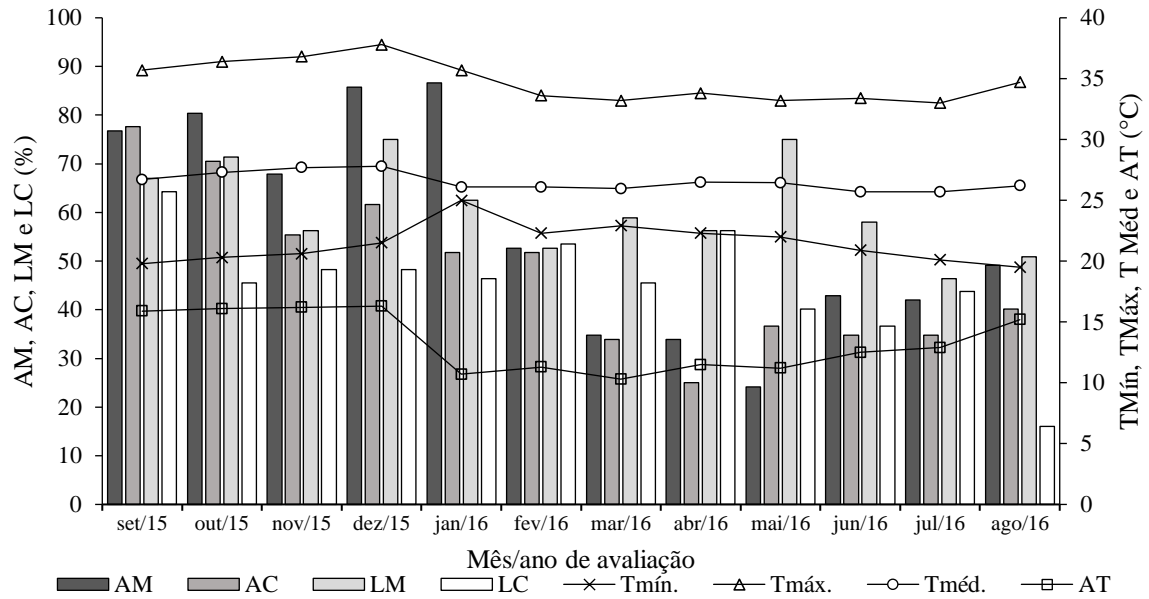
**Tabela 2.1** – Percentual de plantas infestadas por ácaro da leprose dos citros em sistemas de monocultivo (AM) e consorciado (AC) e percentual de plantas infestadas pela leprose dos citros em sistema de monocultivo (LM - %) e consorciado (LC - %) e variáveis climáticas, no município de Capitão Poço, PA.

Mês/ano de amostragem	AM	AC	LM	LC	Temperatura (°C)			Amplitude Térmica (°C)	Precipitação (mm)	Umidade relativa do ar (%)
					Mín.	Máx.	Média			
Set/2015	76,79	77,68	66,96	64,29	19,80	35,70	26,70	15,90	4,40	72,50
Out/2015	80,36	70,54	71,43	45,54	20,30	36,40	27,30	16,10	16,60	70,00
Nov/2015	67,86	55,36	56,25	48,21	20,60	36,80	27,70	16,20	0,80	68,00
Dez/2015	85,71	61,61	75,00	48,21	21,50	37,80	27,80	16,30	35,00	69,00
Jan/2016	86,61	51,79	62,50	46,43	25,00	35,70	26,10	10,70	133,68	79,68
Fev/2016	52,68	51,79	52,68	53,57	22,30	33,60	26,10	11,30	223,60	84,66
Mar/2016	34,82	33,93	58,93	45,54	22,90	33,20	25,95	10,30	257,80	85,74
Abr/2016	33,93	25,00	56,25	56,25	22,30	33,80	26,48	11,50	182,60	83,14
Mai/2016	24,11	36,61	75,00	40,18	22,00	33,20	26,44	11,20	123,20	81,93
Jun/2016	42,86	34,82	58,04	36,61	20,90	33,40	25,70	12,50	174,15	81,00
Jul/2016	41,96	34,82	46,43	43,75	20,10	33,00	25,70	12,90	149,40	81,00
Ago/2016	49,11	40,18	50,89	16,07	19,50	34,70	26,20	15,20	4,80	76,00

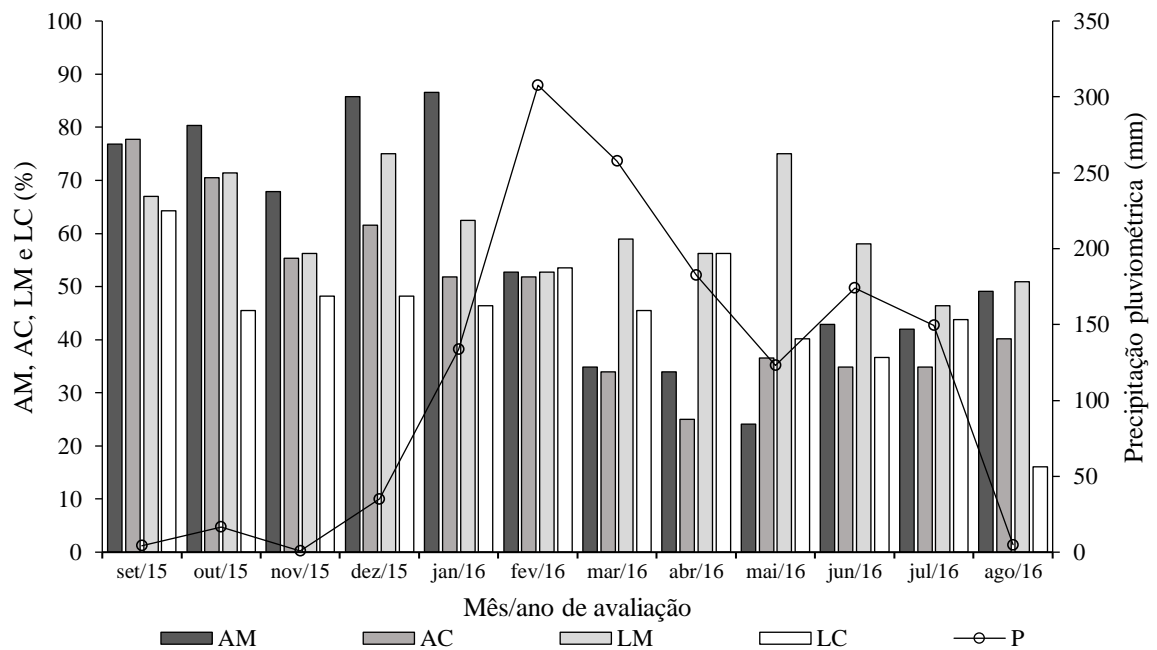
Avaliou-se pela análise de correlação linear simples de Pearson ( $r$ ) a influência das variáveis climáticas no percentual de infestação do ácaro da leprose e na incidência da leprose dos citros nos sistemas de cultivo de citros em monocultivo e consorciado com teca, assim como a influência da presença do ácaro na incidência da doença (Tabela 2.2).

Observa-se que houve correlação significativa forte positiva entre a ocorrência do ácaro da leprose nos dois sistemas de cultivo ( $r = 0,8443$ ;  $p$ -valor = 0,0006) (Tabela 2.2). Isso mostra que a ocorrência do vetor nas duas áreas foi proporcionalmente equivalente, indicando que quando houve aumento da infestação do vetor na área de monocultivo, também houve aumento na área consorciada.

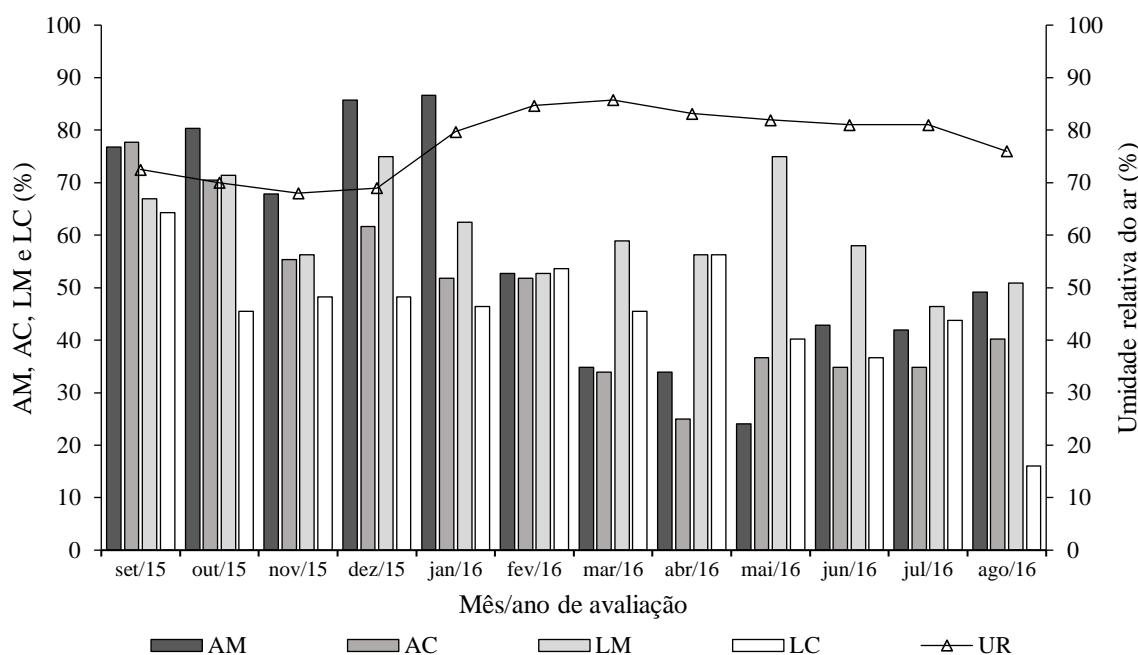
**Figura 2.6** - Infestação de ácaro da leprose dos citros em sistema de monocultivo (AM) e consorciado (AC) e incidência da leprose dos citros em sistema de monocultivo (LM) e consorciado (LC), temperatura mínima (TMín.), temperatura máxima (TMáx.), temperatura média (TMéd.) e amplitude térmica (AT), no município de Capitão Poço, PA, no período de setembro de 2015 à agosto-2016.



**Figura 2.7** - Infestação de ácaro da leprose dos citros em sistema de monocultivo (AM) e consorciado (AC) e incidência da leprose dos citros em sistema de monocultivo (LM) e consorciado (LC) e precipitação pluviométrica (PP), no município de Capitão Poço, PA, no período de setembro de 2015 à agosto-2016.



**Figura 2.8** - Infestação de ácaro da leprose dos citros em sistema de monocultivo (AM) e consorciado (AC) e incidência da leprose dos citros em sistema de monocultivo (LM) e consorciado (LC) e umidade relativa do ar (UR), no município de Capitão Poço, PA, no período de setembro de 2015 à agosto-2016.



Não houve correlação entre a percentual de plantas infestadas por ácaro da leprose com a incidência da leprose dos citros nos dois sistemas de plantio. Fato já esperado, pois após a infecção causada pelo vírus ter sido efetivada, essa planta poderá manifestar os sintomas depois de vários dias. Além disso, a presença constante do inóculo na área e em percentuais elevados, contribuiu para disseminação da doença na área, independentemente, se a infestação por ácaro da leprose for baixa ou alta. Czermainski et al. (2007) avaliaram a dinâmica temporal da população do ácaro *B. phoenicis* e da leprose dos citros sob condições naturais e concluíram que a incidência de plantas doentes esteve correlacionada positivamente com o número de plantas doentes que foram registradas nas avaliações anteriores, e não encontraram correlação com o número de ácaros nas plantas em levantamentos anteriores.

Para a leprose dos citros, não foram observadas correlações com qualquer variável climática em ambos os sistemas de plantio estudados (Tabela 2.2). Isso pode ser explicado devido ao período entre a infecção da planta pelo ácaro virulífero e o aparecimento dos sintomas nas plantas que pode variar de 17 a 60 dias com predominância de aparecimento dos sintomas entre 21 a 30 dias (COLARICCIO et al., 1995; RODRIGUES, 1995). Além disso, a colheita ou queda de frutos, a queda de folhas infectadas, podem ter influenciado nas observações.

Para temperatura média mensal e a amplitude térmica houve correlação positiva significativa com a infestação do ácaro da leprose em ambos os sistemas de cultivo, com 5%

de significancia, enquanto a temperatura máxima mensal e umidade relativa do ar apresentaram correlação positiva, no nível de 1% de probabilidade para os dois sistemas de cultivo. A precipitação pluviométrica mensal a temperatura mínima mensal não apresentaram associação com a infestação de ácaro em ambos os sistemas (Tabela 2.2).

**Tabela 2.2** - Coeficientes de correlação linear simples (r) entre a infestação de ácaro da leprose em sistema de monocultivo (AM), consorciado (AC), incidência da leprose em sistema de monocultivo (LM), consorciado (LC), temperaturas mínima, máxima e média mensal, amplitude térmica mensal e precipitação pluviométrica acumulada mensal e umidade relativa do ar, no município de Capitão Poço, PA.

Variável	Coeficiente de correlação (r)			
	AM	AC	LM	LC
AC	0,8443**	-	-	-
	0,0006	-	-	-
LM	0,3607 <sup>NS</sup>	0,4907 <sup>NS</sup>	-	-
	0,2494	0,1053	-	-
LC	0,2734 <sup>NS</sup>	0,3943 <sup>NS</sup>	0,2414 <sup>NS</sup>	-
	0,3899	0,2047	0,4496	-
Temperatura mínima mensal	0,0200 <sup>NS</sup>	-0,2476 <sup>NS</sup>	0,1398 <sup>NS</sup>	0,2350 <sup>NS</sup>
	0,9509	0,4377	0,6647	0,4621
Temperatura máxima mensal	0,8821**	0,7567**	0,4838 <sup>NS</sup>	0,1772 <sup>NS</sup>
	0,0001	0,0044	0,1110	0,5816
Temperatura média mensal	0,5856*	0,6128*	0,5600 <sup>NS</sup>	0,2594 <sup>NS</sup>
	0,0454	0,0341	0,0583	0,4156
Amplitude térmica	0,5912*	0,6799*	0,2402 <sup>NS</sup>	-0,0319 <sup>NS</sup>
	0,0429	0,0150	0,4520	0,9216
Precipitação pluviométrica mensal	-0,5415 <sup>NS</sup>	-0,5675 <sup>NS</sup>	-0,3587 <sup>NS</sup>	0,1703 <sup>NS</sup>
	0,0690	0,0543	0,2523	0,5967
Umidade relativa do ar	-0,7346**	-0,7399**	-0,4025 <sup>NS</sup>	-0,0469 <sup>NS</sup>
	0,0065	0,0059	0,1946	0,8850

<sup>NS</sup>não significativo ( $p \geq 0,05$ ); \*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); \*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

Sabe-se que a temperatura é um fator determinante na infestação do ácaro da leprose, e que temperaturas elevadas encurtam o ciclo da doença e do ácaro, o que pode explicar picos de infestação do ácaro da leprose e as correlações significativas para os meses em que ocorreram temperaturas máximas mais elevadas na região (35,7 °C a 37,8 °C), se prolongando de setembro a dezembro de 2015. Vários trabalhos mostram a importância da temperatura no desenvolvimento do ácaro da leprose (OLIVEIRA; DONALDIO, 1995; CZERMAINSKI et al., 2007; ANDRADE et al., 2010). Chiavegato (1986) estudando a biologia do ácaro da leprose observou que na temperatura de 30 °C seu ciclo completo teve duração de 14,3 dias, enquanto na temperatura de 20 °C o ciclo durou 43,4 dias.

A influência da precipitação sobre a incidência do ácaro da leprose foi estudada por Laranjeira et al. (2015) e Salinas-Vargas et al. (2013) que observaram correlação negativa entre a quantidade de chuva e a ocorrência do ácaro. Pedro Neto et al. (2009) estudando a influência da precipitação na ocorrência de ácaros fitófagos e predadores em café, observaram que a precipitação influenciou a densidade populacional de pragas e predadores em sistema de plantio orgânico e convencional. Mineiro et al. (2008) também observaram que a precipitação teve correlação negativa com densidade de *B. phoenicis* na superfície da folha na cultura do café. No presente estudo não houve correlação significativa para a precipitação pluviométrica mensal, provavelmente devido a amostragem da infestação de ácaros ter levado em consideração frutos, ramos e folhas da planta, fator esse não considerado em outros trabalhos que mostraram que a precipitação pluviométrica mostrou-se como fator determinante na população de ácaros. Oliveira e Donaldio (1995) relataram que a migração de ácaros das folhas para os frutos pode afetar a abundância de *Brevipalpus* spp.

Vale ressaltar que nas duas áreas em estudo, o ácaro da leprose dos citros manteve-se sempre acima do nível de controle, que é de 10% de plantas infestadas por ácaros com a ocorrência do vírus da leprose dos citros na área amostrada, conforme recomendação de controle para área com incidência da leprose dos citros, proposta por Gravena (2005). Provavelmente isso ocorreu devido à não utilização de qualquer método direcionado para o controle dessa praga, que em consequência, mantém a incidência da leprose dos citros sempre em níveis elevados. Sabe-se que fatores abióticos como baixa precipitação pluviométrica e temperaturas elevadas podem favorecer o crescimento da densidade populacional do ácaro na planta (OLIVEIRA et al., 2007). Esses fatores podem ter contribuído para a manutenção do ácaro em níveis acima do nível de controle nos meses com menores precipitações e maiores temperaturas, e também contribuído para redução considerável da praga em períodos mais chuvosos (fevereiro a maio), pois a região amazônica tem índices de precipitação bastante elevados, variando de 122,0 mm a 496,6 mm no período mais chuvoso de avaliação, correspondentes aos meses de fevereiro a maio de cada ano, característico para a região.

É importante destacar que problemas com ácaros em grande escala podem ser estimulados por alterações climáticas (BEBBER et al., 2013). Isso pode resultar em problemas de infestações em pomares em regiões onde o controle ainda não seria necessário (VAN LEEUWEN et al., 2015).

Ghini et al. (2011) relatam que situações de seca extrema podem reduzir significativamente a população desses ácaros, alertam ainda que na região do Estado de São

Paulo, a projeção da redução de precipitação pode estimular o desenvolvimento do ácaro vetor (*B. phoenicis*), e em consequência ocasionar surtos da doença na região. Marengo (2004) estudando os efeitos das mudanças climáticas na Amazônia relata acerca de mudanças nas precipitações anuais, especialmente na estação da seca e que uma tendência de aumento de seca no norte da Amazônia vem ocorrendo desde meados dos anos 1970.

### 2.3.2 Distribuição espacial do ácaro da leprose e da leprose dos citros em sistema de monocultivo e consorciado

A geoestatística mostrou dependência espacial para a maioria das avaliações. Foram testados e ajustados os modelos esférico, exponencial, gaussiano e também o efeito pepita puro para ajustar os dados e representar os semivariogramas e para produzir os mapas de krigagem na área de monocultivo (Tabela 2.3 e Figuras 2.9, 2.10 e 2.11) e consorciado (Tabelas 2.4 e Figuras 2.12, 2.13 e 2.14). Na determinação do modelo ajustado calculou-se o coeficiente de determinação para cada avaliação, selecionando o modelo que apresentou maior valor do coeficiente de determinação (Tabela 2.3 e Tabela 2.4).

Webster e Oliver (2007) relatam que o modelo esférico é o mais utilizado para explicar o padrão de distribuição agregado de várias doenças como, leprose dos citros (OLIVEIRA et al., 2016), sigatoka amarela (FREITAS et al., 2016), nematóide de cisto da soja (PINHEIRO et al., 2008), antracnose do feijoeiro (ALVES et al., 2006). Farias et al. (2004) também indicaram que o modelo esférico é o mais adequado em estudos de insetos.

Nesse trabalho foram ajustados modelos com patamares e também houveram meses em que ocorreu o efeito pepita puro, indicando que também houve distribuição aleatória em alguns meses de avaliação. A partir dessas observações, levando em consideração que na maioria das avaliações foram ajustados modelos com patamares (esférico, exponencial e gaussiano) para incidência da leprose e da infestação do ácaro, a distribuição espacial caracterizou-se com a formação de reboleiras em ambas as áreas de cultivo. No período avaliado observou-se a ocorrência do efeito pepita puro foi baixa, concentrando-se mais para ocorrência de ácaro da leprose em sistema consorciado com a teca, sendo observadas em 7 meses avaliados. O efeito pepita puro é um importante parâmetro do variograma para indicar variáveis não explicadas com a distância de amostragem (MCBRATNEY; WEBSTER, 1986). O fato de várias avaliações da distribuição espacial terem sido aleatórias, pode ser explicado pela alta infestação e pela alta incidência encontrada na área em todas as avaliações observadas, para as duas áreas de cultivo.

Na área com plantio em monocultivo os semivariogramas atingiram um patamar para cada avaliação, correspondentes ao seu alcance, tanto para leprose dos citros como para seu vetor, com exceção do mês de novembro de 2015 e agosto de 2016 para o ácaro da leprose, que apresentou efeito pepita puro. Nesse sistema de cultivo, o alcance variou de 15 m (dezembro de 2015) a 80 m (julho de 2016) para o ácaro da leprose, com ajuste aos modelos exponencial e esférico, respectivamente. Para a leprose dos citros o alcance variou de 25 m (janeiro de 2016) a 75 m (dezembro de 2015), com ajuste aos modelos exponencial e esférico, respectivamente (Tabela 2.3).

Em sistemas de plantio consorciado houve ajuste para infestação do ácaro da leprose apenas nos meses de outubro de 2015, fevereiro, março, abril e julho de 2016, aos modelos esférico e exponencial, com alcance variando de 28 m a 44 m, sendo que nas demais avaliações ocorreu efeito pepita puro. Para este sistema de plantio, os dados da leprose dos citros se ajustaram aos modelos esférico e exponencial, que variou de 20 m a 40 m no período avaliado (Tabela 2.4).

É importante destacar que a área de alcance fornece a ideia de como está a infestação do ácaro e a incidência da doença na área, pois com esse valor pode-se ter noção de quais plantas estão sob influência de uma planta infestada ou infectada. Nas avaliações, observou-se que a maior área de alcance, para o ácaro da leprose dos citros em monocultivo, foi de 20096,00 m<sup>2</sup> (Tabela 2.3), enquanto no sistema de consorciado foi de 6079,04 m<sup>2</sup> (Tabela 2.4). Essa maior área de alcance de infestação em monocultivo já é esperada, pois nesse sistema a infestação de ácaros pode ser favorecida pela disposição das plantas de laranjeiras. Já em sistema de consórcio, a *T. grandis* pode estar se comportando como uma planta hospedeira para um maior número de predadores, o que resultaria em uma concentração de ácaros da leprose em uma área mais restrita, devido ao controle biológico do ácaro em áreas limitadas. É conhecido que a biodiversidade agrícola favorece o manejo de pragas e seus inimigos naturais pelo do controle biológico, que tem o potencial de beneficiar a cultura (BEBBER, RAMOTOWSKI e GURR, 2013). Esse maior valor de área de alcance em sistema de monocultivo, foi refletido na incidência da doença, pois, na área em monocultivo houve um alcance máximo da incidência da leprose de 17662,50 m<sup>2</sup> (Tabela 2.3), enquanto no sistema consorciado teve alcance máximo de 5024,00 m<sup>2</sup> (Tabela 2.4).

Oliveira et al. (2016) estudando o comportamento da leprose dos citros em duas áreas de citros em monocultivo também encontraram distribuição agregada da doença, com alcance variando de 18 m a 30 m, correspondentes aos meses de maio e agosto de 2012,

respectivamente. Czermainski (2006) observou que o padrão agregado da leprose dos citros não condiz com o padrão aleatório ou fracamente agregado da população do vetor, mas com uma subpopulação de ácaros virulíferos. O padrão agregado da doença também foi encontrado por Bassanezi e Laranjeira, 2007. Da mesma forma, Franciscon et al. (2008) também mostraram que plantas na linha e na entrelinha afetavam as plantas vizinhas por serem uma fonte de inóculo.

Com base no cálculo do índice de dependência espacial (índice  $k$ ), que foi calculada pela razão em  $C_0/(C_0+C_1)$ , observou-se que a dependência espacial variou entre fraca, moderada e forte nas avaliações realizadas no período estudado nos dois sistemas de cultivo, com exceção das avaliações que apresentaram distribuição aleatória (Tabela 2.3 e 2.4).

A partir dos mapas de krigagem pode-se observar que a presença do ácaro não esteve relacionada com a incidência e a evolução da doença nos dois sistemas de cultivo, pois as áreas dos mapas ao longo das avaliações onde houveram manchas de altas infestações de ácaros não foram correspondentes com áreas em que os sintomas da leprose dos citros mostraram-se intensos (Figuras 2.11 e 2.14). Isso pode ser justificado pelo fato de os sintomas da doença não terem correlação com o número de ácaros em avaliações anteriores (CZERMAINSKI et al., 2007). Aliado a isso, está o longo período em que os sintomas levam a se manifestar na planta.

Apesar do sistema consorciado proporcionar um ambiente mais favorável para o desenvolvimento de espécies predadoras do ácaro da leprose dos citros, observa-se que nesse sistema a população de ácaro encontra-se sempre em níveis elevados, o que indica que o vetor da leprose também pode está se beneficiando nesse sistema de cultivo. O ácaro da leprose dos citros é considerado uma espécie polífaga, com uma ampla gama de hospedeiros alternativos em pomares de citros, podendo se alimentar e manter sua população (MAIA; OLIVEIRA, 2005), e ser uma espécie cosmopolita, sendo relatada em mais de 486 espécies hospedeiras no mundo (CHILDERS et al., 2003), que pode estar sendo beneficiado por esse sistema de cultivo. Nunes (2007) encontrou mais de 47 espécies de plantas no Brasil que podem servirem de hospedeiras ao *B. phoenicis*. Isso pode explicar que mesmo em períodos mais chuvosos, que deveriam reduzir drasticamente a população dessa praga, observou-se que o ácaro se manteve em níveis altos. Outro fator que pode estar contribuindo para manter os índices de infestação elevados pode ser a copa da teca, que por ser muito extensa, pode estar influenciando na população do vetor, pois com essa barreira, provavelmente há uma redução do contato direto da chuva com algumas plantas dentro do talhão em consórcio.



Sabe-se que o cultivo de citros com uma espécie florestal, que é caracterizado um sistema agroflorestal simples, pode aumentar a diversidade de herbívoros que podem ser benéficos para o sistema. Gurr et al. (2003) afirmam que a biodiversidade em sistemas agrícolas proporciona diversos benefícios como favorecer o manejo de pragas através do controle biológico. Contudo, esse fato por si só pode não resultar na diminuição da população de ácaros, o que justifica a presença do ácaro da leprose sempre em níveis elevados ao longo das avaliações, nos dois sistemas de plantio, como observado na Figuras 2.11 e 2.14, ocasionando a transmissão frequente de leprose dos citros de ano para ano.

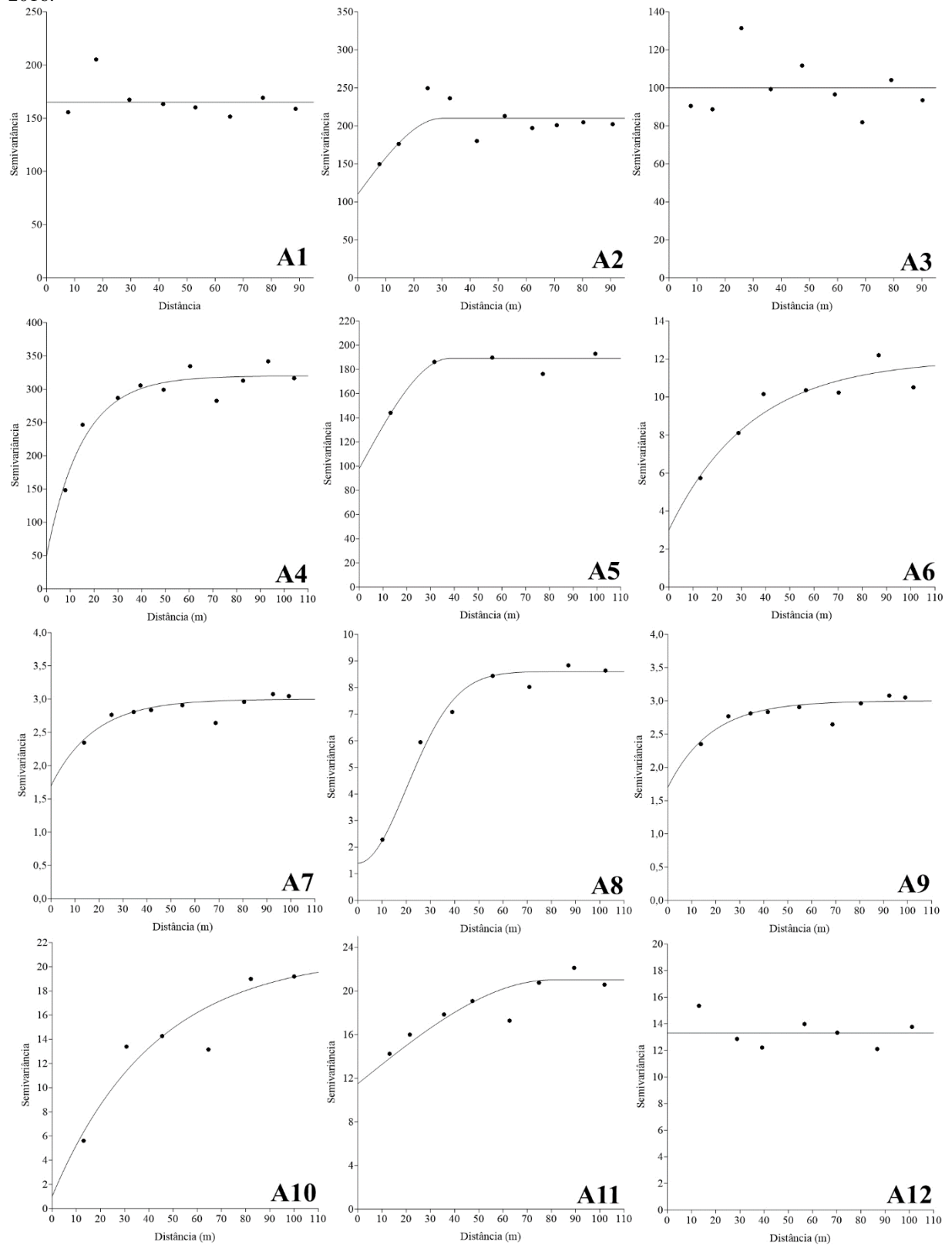
**Tabela 2.3** - Parâmetros do semivariograma ajustados aos modelos, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e parâmetro  $k$  para análise geoestatística em um talhão de monocultivo de laranja variedade “Pêra rio” (*Citrus sinensis*), no município de Capitão Poço, PA.

Mês/ano de amostragem	Modelo	Parâmetros do semivariograma			Área de Alcance ( $m^2$ ) <sup>a</sup>	$R^2$	$k^b$	Dependência Espacial
		$C_0$	$C_1$	$a$ (m)				
Ácaro da leprose dos citros								
Set/2015	Exponencial	50,00	110,000	40,00	5024,00	0,97	0,31	Moderada
Out/2015	Exponencial	55,00	82,000	40,00	5024,00	0,91	0,40	Moderada
Nov/2015	Ef. Pepita puro	-	-	-	-	-	-	-
Dez/2015	Exponencial	50,00	270,000	15,00	706,50	0,89	0,16	Forte
Jan/2016	Esférico	98,00	91,000	38,00	4534,16	0,89	0,52	Moderada
Fev/2016	Exponencial	3,00	9,000	34,00	3629,84	0,87	0,25	Forte
Mar/2016	Exponencial	1,70	1,300	18,00	1017,36	0,67	0,57	Moderada
Abr/2016	Gaussiano	1,40	7,200	28,50	2550,47	0,98	0,16	Forte
Mai/2016	Esférico	1,80	0,730	40,00	5024,00	0,80	0,71	Moderada
Jun/2016	Exponencial	1	20	42,00	5538,96	0,85	0,05	Forte
Jul/2016	Esférico	11,5	9,5	80,00	20096,00	0,75	0,55	Moderada
Ago/2016	Ef. Pepita puro	-	-	-	-	-	-	-
Leprose dos citros								
Set/2015	Esférico	0,160	0,054	57,00	10201,86	0,84	0,75	Fraca
Out/2015	Esférico	0,100	0,083	65,00	13266,50	0,81	0,55	Moderada
Nov/2015	Exponencial	0,180	0,074	40,00	5024,00	0,73	0,71	Moderada
Dez/2015	Esférico	0,090	0,110	75,00	17662,50	0,95	0,45	Moderada
Jan/2016	Exponencial	0,110	0,145	25,00	1962,50	0,95	0,43	Moderada
Fev/2016	Esférico	0,120	0,133	33,00	3419,46	0,87	0,47	Moderada
Mar/2016	Esférico	0,150	0,091	60,00	11304,00	0,90	0,62	Moderada
Abr/2016	Esférico	0,110	0,130	41,00	5278,34	0,95	0,46	Moderada
Mai/2016	Esférico	0,100	0,067	44,00	6079,04	0,83	0,59	Moderada
Jun/2016	Esférico	0,175	0,600	45,00	6358,50	0,74	0,74	Moderada
Jul/2016	Exponencial	0,070	0,210	35,00	3846,50	0,95	0,25	Forte
Ago/2016	Esférico	0,095	0,120	55,00	9498,50	0,95	0,44	Moderada

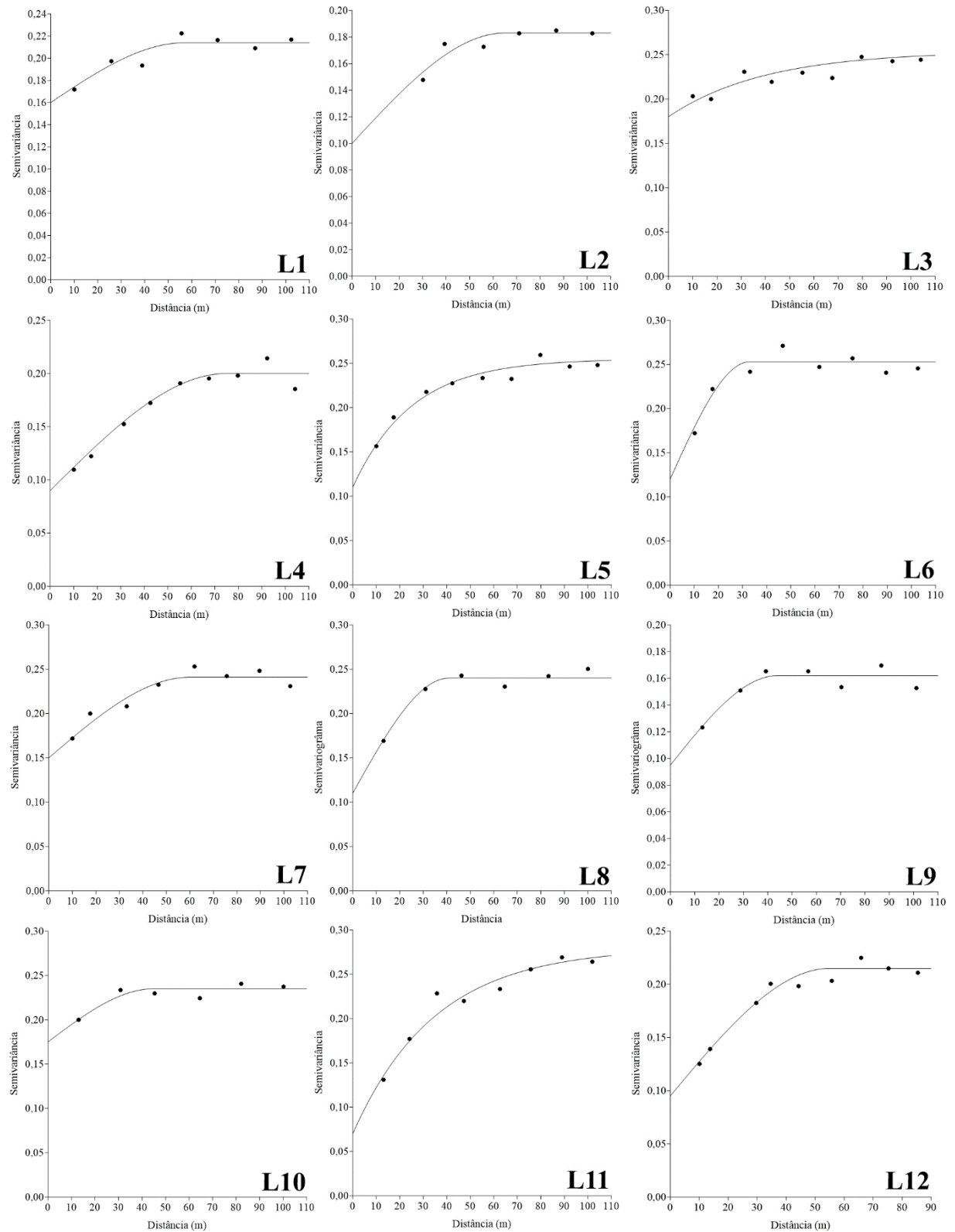
<sup>a</sup> Calculado por  $\pi \cdot r^2$ , onde  $\pi = 3,14$  e  $r = a$ ;  $a$  = alcance;

<sup>b</sup> Relação entre  $C_0/(C_1 + C_0)$ ;  $C_0$  = Efeito pepita ou “nuggett effect”;  $C_1$  = variância espacial.

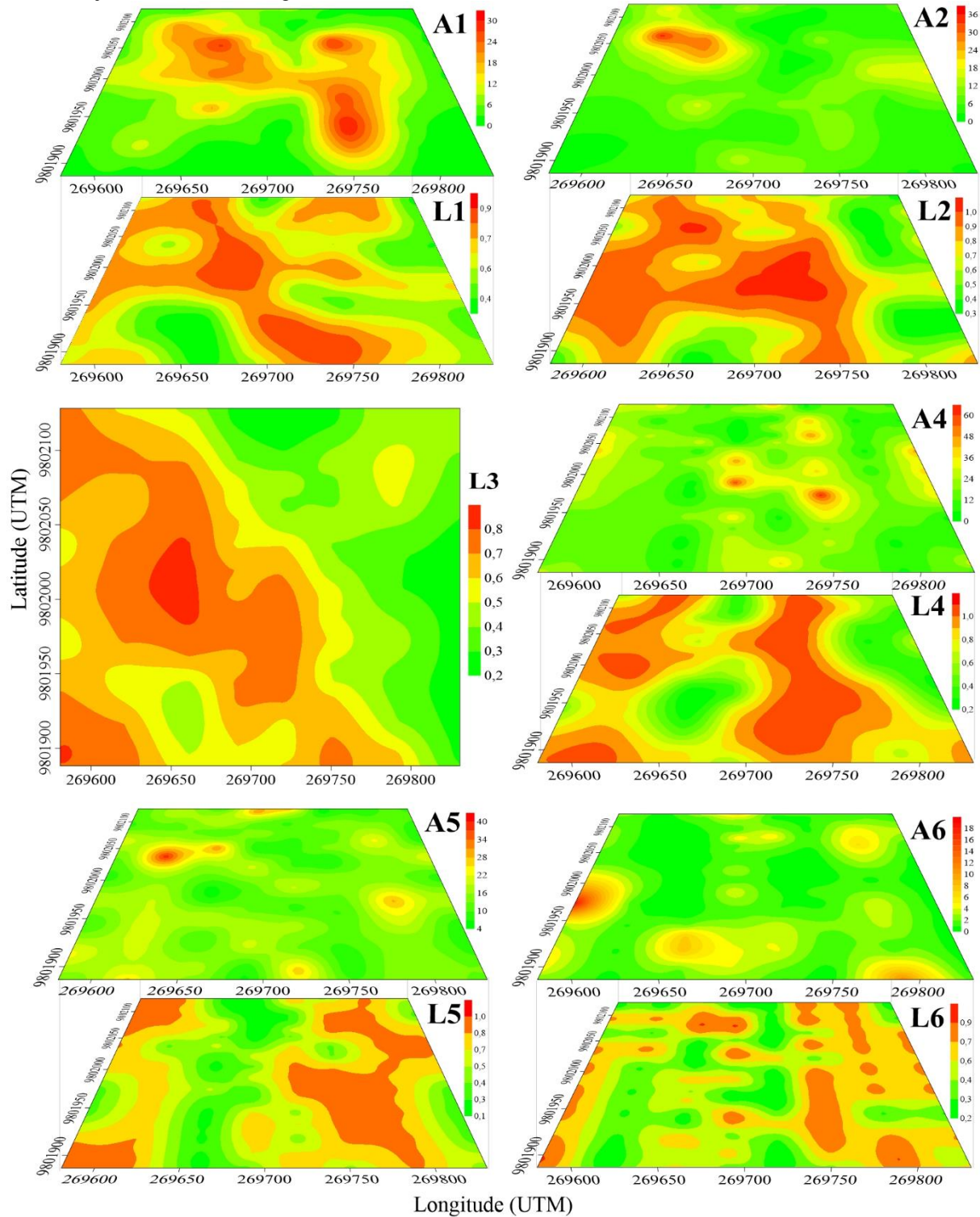
**Figura 2.9** – Semivariogramas ajustados para a infestação do ácaro da leprose dos citros (A) em sistema de monocultivo de citros no município de Capitão Poço/PA (Parâmetros na Tabela 2.3). A1: setembro de 2015; A2: outubro de 2015; A3: novembro de 2015; A4: dezembro de 2015; A5: janeiro de 2016; A6: fevereiro de 2016; A7: março de 2016; A8: abril de 2016; A9: maio de 2016; A10: junho de 2016; A11: julho de 2016; A12: agosto de 2016.



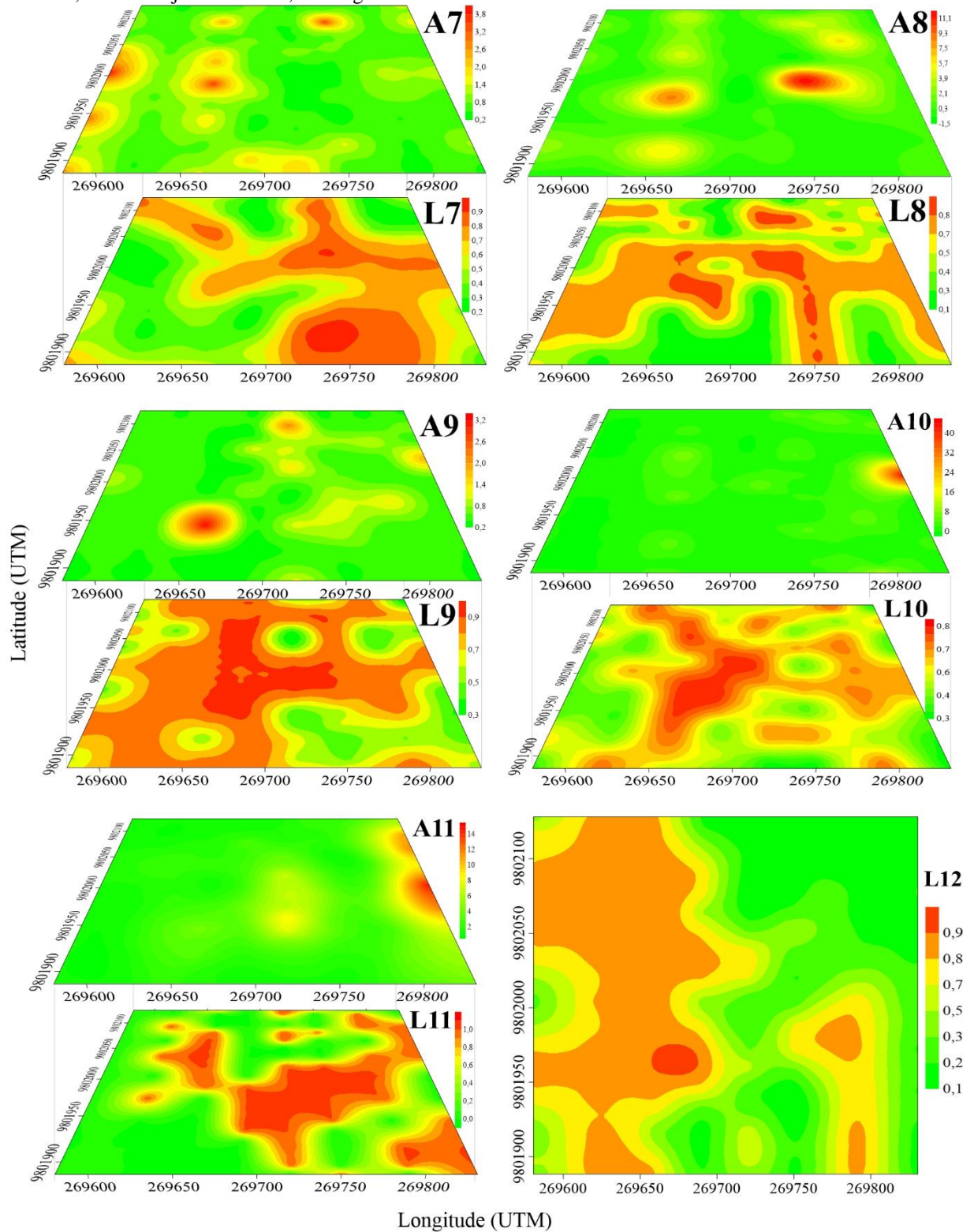
**Figura 2.10** - Semivariogramas ajustados para a incidência leprose dos citros (L) em sistema de plantio em sistema de monocultivo de citros no município de Capitão Poço/PA (Parâmetros na Tabela 2.3). L1: setembro de 2015; L2: outubro de 2015; L3: novembro de 2015; L4: dezembro de 2015; L5: janeiro de 2016; L6: fevereiro de 2016; L7: março de 2016; L8: abril de 2016; L9: maio de 2016; L10: junho de 2016; L11: julho de 2016; L12: agosto de 2016.



**Figura 2.11** - Mapa de krigagem da infestação do ácaro da leprose (A) e da incidência da leprose dos citros (L) em sistema de plantio de monocultivo de citros, no município de Capitão Poço, PA. A1/L1: setembro de 2015; A2/L2: outubro de 2015; L3: novembro de 2015; A4/L4: dezembro de 2015; A5/L5: janeiro de 2016; A6/L6: fevereiro de 2016; A7/L7: março de 2016; A8/L8: abril de 2016; A9/L9: maio de 2016; A10/L10: junho de 2016; A11/L11: julho de 2016; L12: agosto de 2016.



**Figura 2.11 (Continuação)** - Mapa de krigagem da infestação do ácaro da leprose (A) e da incidência da leprose dos citros (L) em sistema de plantio de monocultivo de citros, no município de Capitão Poço, PA. A1/L1: setembro de 2015; A2/L2: outubro de 2015; L3: novembro de 2015; A4/L4: dezembro de 2015; A5/L5: janeiro de 2016; A6/L6: fevereiro de 2016; A7/L7: março de 2016; A8/L8: abril de 2016; A9/L9: maio de 2016; A10/L10: junho de 2016; A11/L11: julho de 2016; L12: agosto de 2016.



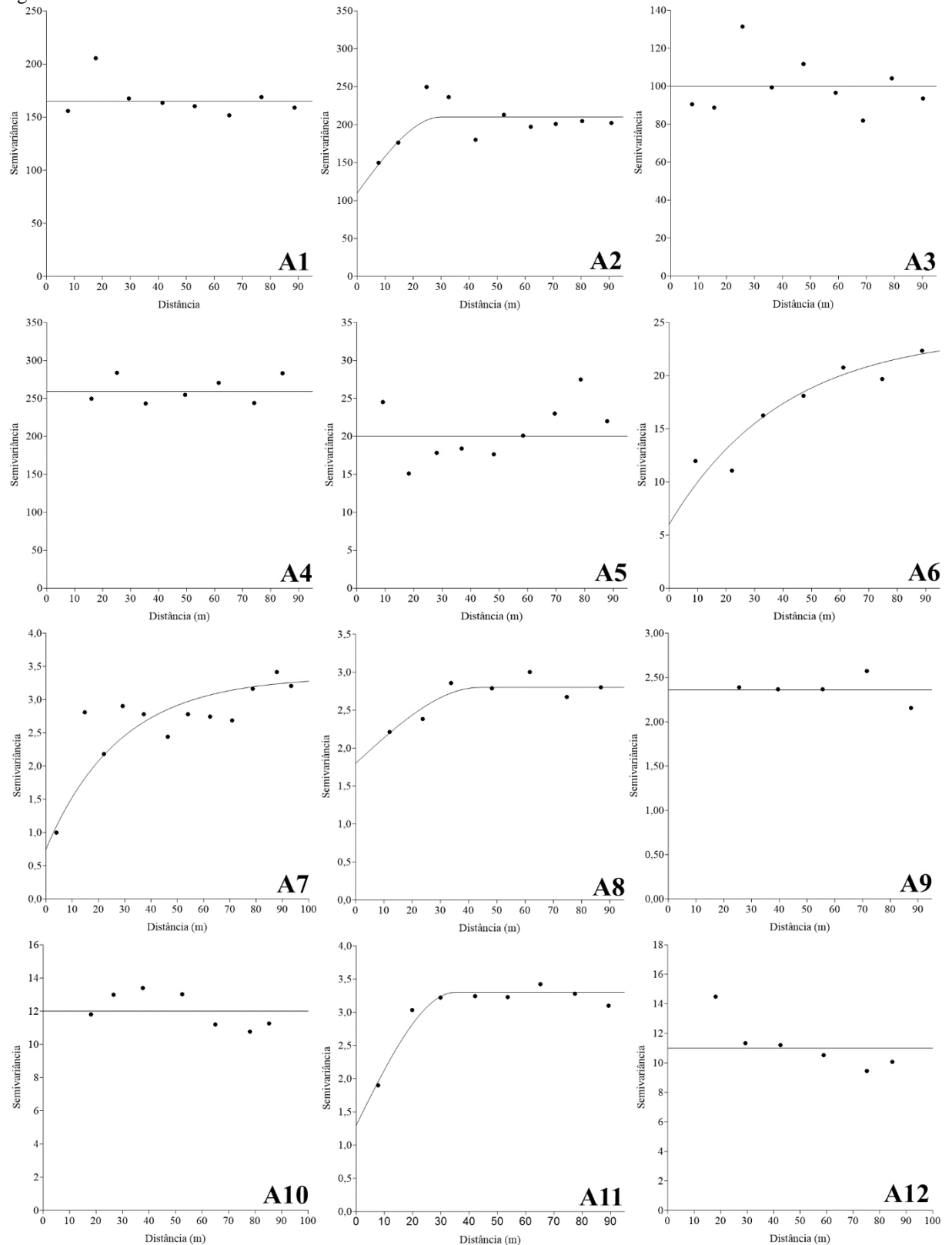
**Tabela 2.4** - Parâmetros do semivariograma ajustados aos modelos, área de alcance, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e parâmetro k para análise geoestatística do ácaro da leprose dos citros e da leprose dos citros em um talhão de cultivo consorciado de laranja variedade “Pêra rio” (*Citrus sinensis*) e Teca (*Tectona grandis*), no município de Capitão Poço, PA.

Mês de avaliação	Modelo	Parâmetros do semivariograma			Área de Alcance (m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	R <sup>2</sup>	k <sup>b</sup>	Dependência Espacial
		C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	a (m)				
Ácaro da leprose dos citros								
Set/2015	Ef. Pepita puro	-	-	-	-	-	-	-
Out/2015	Esférico	110,000	100,000	30,00	2826,00	0,49	0,52	Moderada
Nov/2015	Ef. Pepita puro	-	-	-	-	-	-	-
Dez/2015	Ef. Pepita puro	-	-	-	-	-	-	-
Jan/2016	Ef. Pepita puro	-	-	-	-	-	-	-
Fev/2016	Exponencial	6,000	18,000	40,00	5024,00	0,87	0,25	Forte
Mar/2016	Exponencial	0,750	2,600	28,00	2461,76	0,46	0,22	Forte
Abr/2016	Esférico	1,800	1,000	44,00	6079,04	0,79	0,64	Moderada
Mai/2016	Ef. Pepita puro	-	-	-	-	-	-	-
Jun/2016	Ef. Pepita puro	-	-	-	-	-	-	-
Jul/2016	Esférico	1,300	2,000	35,00	3846,50	0,93	0,39	Moderada
Ago/2016	Ef. Pepita puro	-	-	-	-	-	-	-
Leprose dos citros								
Set/2015	Exponencial	0,190	0,050	35,00	3846,50	0,69	0,79	Fraca
Out/2015	Esférico	0,140	0,100	25,00	1962,50	0,56	0,58	Moderada
Nov/2015	Exponencial	0,130	0,085	25,00	1962,50	0,64	0,60	Moderada
Dez/2015	Esférico	0,070	0,185	28,00	2461,76	0,92	0,27	Moderada
Jan/2016	Esférico	0,018	0,213	25,00	1962,50	0,90	0,08	Forte
Fev/2016	Esférico	0,185	0,058	30,00	2826,00	0,65	0,76	Fraca
Mar/2016	Exponencial	0,180	0,083	20,00	1256,00	0,62	0,68	Moderada
Abr/2016	Esférico	0,160	0,093	25,00	1962,50	0,56	0,63	Moderada
Mai/2016	Exponencial	0,195	0,045	40,00	5024,00	0,56	0,81	Fraca
Jun/2016	Exponencial	0,140	0,075	30,00	2826,00	0,88	0,65	Moderada
Jul/2016	Esférico	0,150	0,094	27,00	2289,06	0,78	0,61	Moderada
Ago/2016	Exponencial	0,065	0,070	30,00	2826,00	0,92	0,48	Moderada

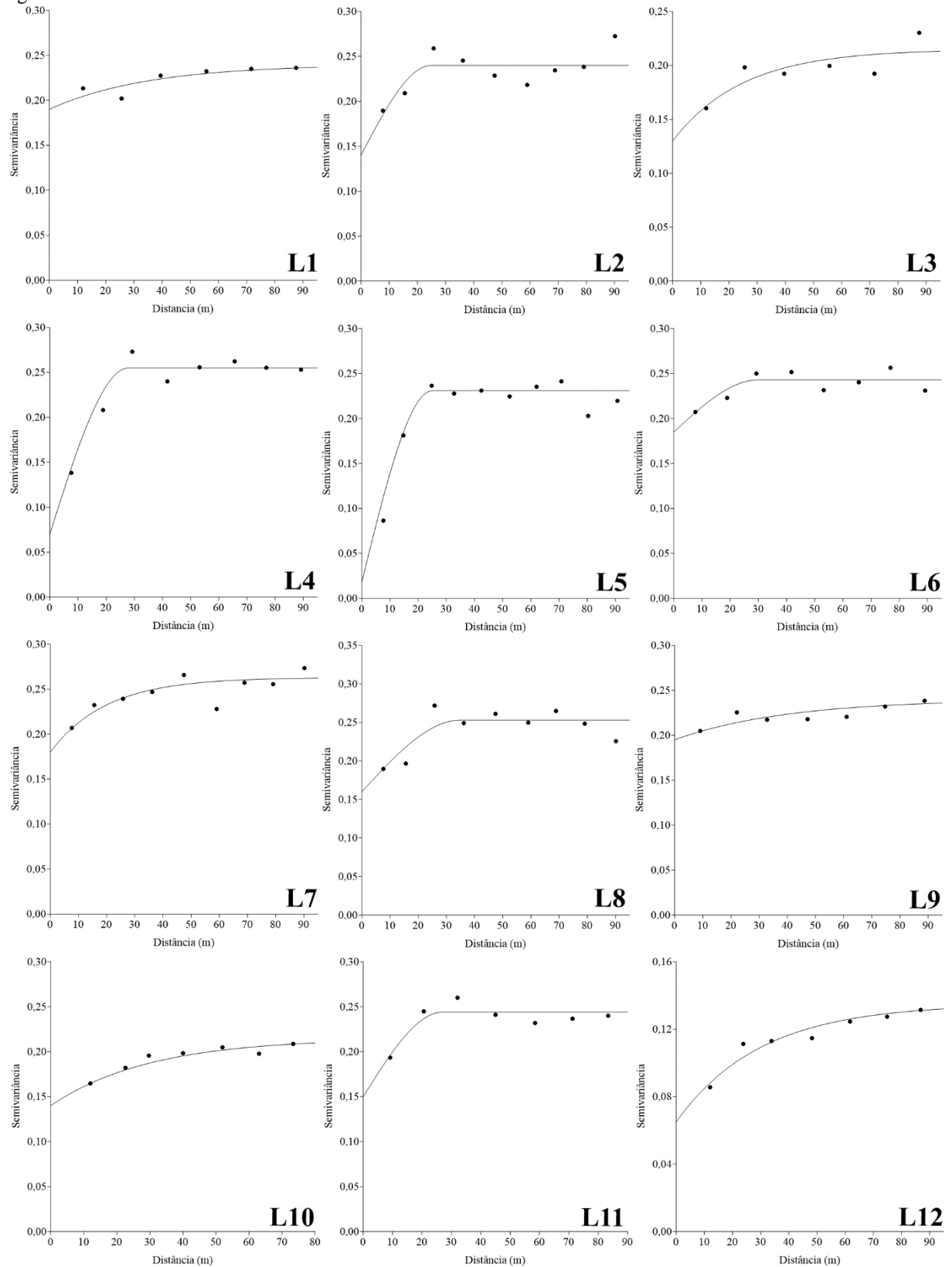
<sup>a</sup> Calculado por  $\pi \cdot r^2$ , onde  $\pi = 3,14$  e  $r = a$ ; a = alcance;

<sup>b</sup> Relação entre  $C_0/(C_1 + C_0)$ ; C<sub>0</sub> = Efeito pepita ou “nugett effect”; C<sub>1</sub> = variância espacial.

**Figura 2.12** - Semivariogramas ajustados para a infestação do ácaro da leprose dos citros (A) em sistema de plantio em sistema consorciado de citros no município de Capitão Poço/PA (Parâmetros na Tabela 2.4). A1: setembro de 2015; A2: outubro de 2015; A3: novembro de 2015; A4: dezembro de 2015; A5: janeiro de 2016; A6: fevereiro de 2016; A7: março de 2016; A8: abril de 2016; A9: maio de 2016; A10: junho de 2016; A11: julho de 2016; A12: agosto de 2016.

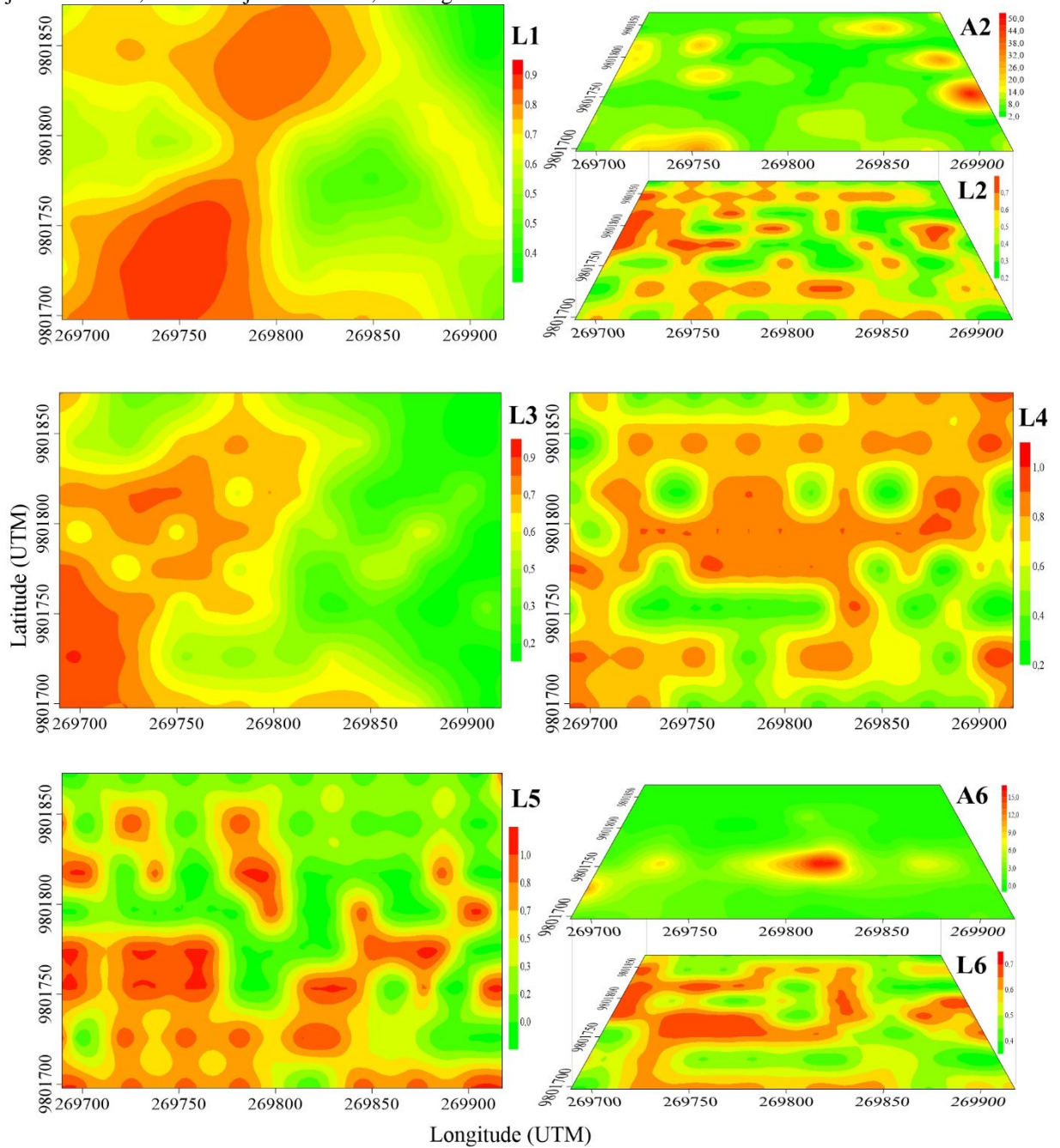


**Figura 2.13** - Semivariogramas ajustados para a incidência da leprose dos citros (L) em sistema de plantio em sistema consorciado de citros no município de Capitão Poço/PA (Parâmetros na Tabela 2.4). L1: setembro de 2015; L2: outubro de 2015; L3: novembro de 2015; L4: dezembro de 2015; L5: janeiro de 2016; L6: fevereiro de 2016; L7: março de 2016; L8: abril de 2016; L9: maio de 2016; L10: junho de 2016; L11: julho de 2016; L12: agosto de 2016.

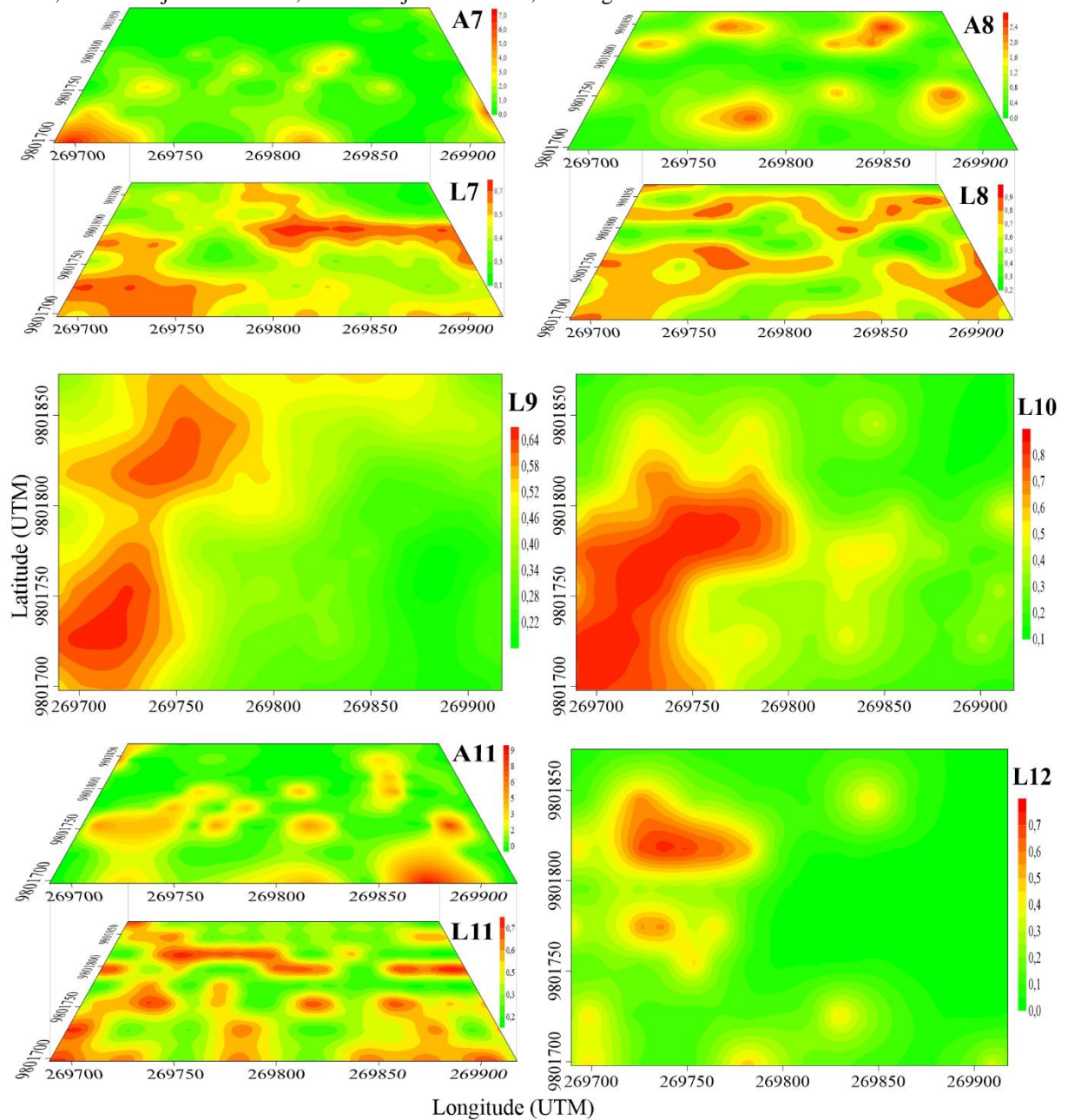




**Figura 2.14** - Mapa de krigagem da infestação do ácaro da leprose dos citros (A) e da incidência da leprose dos citros (LC) em sistema de plantio em sistema consorciado de citros no município de Capitão Poço/PA. A1/L1: setembro de 2015; A2/L2: outubro de 2015; L3: novembro de 2015; A4/L4: dezembro de 2015; A5/L5: janeiro de 2016; A6/L6: fevereiro de 2016; A7/L7: março de 2016; A8/L8: abril de 2016; A9/L9: maio de 2016; A10/L10: junho de 2016; A11/L11: julho de 2016; L12: agosto de 2016.



**Figura 2.14 (Continuação)** - Mapa de krigagem da infestação do ácaro da leprose dos citros (A) e da incidência da leprose dos citros (LC) em sistema de plantio em sistema consorciado de citros no município de Capitão Poço/PA. A1/L1: setembro de 2015; A2/L2: outubro de 2015; L3: novembro de 2015; A4/L4: dezembro de 2015; A5/L5: janeiro de 2016; A6/L6: fevereiro de 2016; A7/L7: março de 2016; A8/L8: abril de 2016; A9/L9: maio de 2016; A10/L10: junho de 2016; A11/L11: julho de 2016; L12: agosto de 2016.



## 2.4 Conclusões

1. Não houve associação entre a presença do ácaro da leprose dos citros e a incidência da leprose dos citros nos dois sistemas de cultivo (monocultivo e consorciado).
2. As variáveis climáticas, temperatura média e máxima mensal, amplitude térmica e umidade relativa do ar, influenciam na infestação do ácaro da leprose dos citros, porém

não tiveram associação com a incidência da leprose dos citros nos dois sistemas de cultivo de citros estudados.

3. Os meses em que ocorrem as temperaturas máximas mais elevadas favorecem a infestação do ácaro da leprose dos citros, enquanto a precipitação não esteve como o fator mais determinante na população de ácaro.
4. A distribuição espacial da leprose dos citros e do seu vetor ocorre de forma agregada formando reboleiras nos dois sistemas de plantio, com exceção de quando os níveis de infestação e infecção estão muito elevados, em que não é possível detectar agregação.
5. A população de ácaro da leprose esteve sempre acima do nível de controle, sendo um risco sempre presente para a região, pois assim como a área em estudo, existem outras áreas com histórico de ocorrência da leprose dos citros.

## REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comercio, 2017. 472p.

ALVES, M.; POZZA, E.; MACHADO, J. Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 6, p. 557–563, 2006.

ANDRADE, D. J. DE et al. Acaricides used in conventional and organic citrus orchard: leprosis and phytoseiid mites population control. **Revista Brasileira De Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1028–1037, 2010.

BASSANEZI, R. B.; LARANJEIRA, F. F. Spatial patterns of leprosis and its mite vector in commercial citrus groves in Brazil. **Plant Pathology**, v. 56, n. 1, p. 97–106, fev. 2007.

BASTIANEL, M. et al. Citrus leprosis: centennial of an unusual mite–virus pathosystem. **Plant Disease**, v. 94, n. 3, p. 284–292, mar. 2010.

BEARD, J. J. et al. *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae)–a closer look. **Zootaxa**, v. 3944, n. 1, p. 1–67, 2015.

BEBBER, D. P.; RAMOTOWSKI, M. A. T.; GURR, S. J. Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 11, p. 985–988, 1 set. 2013.

BOARI, A. J. et al. Confirmação da presença da leprose dos citros, tipo citoplasmático, no Estado do Pará... In: XL Congresso Brasileiro de Fitopatologia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. S207-207, 2007.

CAMBARDELLA, C. et al. Field-scale variability of soil properties in central iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501–1511, 1994.

- CHAREST, J. et al. Spatial distribution of *venturia inaequalis* airborne ascospores in orchards. **Phytopathology**, v. 92, n. 7, p. 769–779, jul. 2002.
- CHELLEMI, D. O. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens and diseased plants using geostatistics. **Phytopathology**, v. 78, n. 2, p. 221, 1988.
- CHIAVEGATO, L. G. Biology of the acarus *Brevipalpus phoenicis* in citrus. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 21, n. 8, p. 813–816, 1986.
- CHILDERS, C. C.; FRENCH, J. V.; RODRIGUES, J. C. V. *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, *B. phoenicis*, and *B. lewisi* (Acari: Tenuipalpidae): a Review of their Biology, Feeding Injury and Economic Importance. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, n. 1–3, p. 5–28, 2003.
- CHILDERS, C. C.; RODRIGUES, J. C. V. An overview of *Brevipalpus mites* ( Acari : Tenuipalpidae ) and the plant viruses they transmit \*. **Zoosymposia**, v. 6, p. 180–192, 2011.
- COLARICCIO, A. et al. Mechanical transmission and ultrastructural aspects of citrus leprosis disease. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 208–213, 1995.
- CZERMAINSKI, A. B. C. **Dinâmica espaço-temporal de populações do patossistema leprose dos citros em condições naturais de epidemia**. 2006. 90f. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, 2006.
- CZERMAINSKI, A. B. C. et al. Dinâmica temporal da população do ácaro *Brevipalpus phoenicis* e da leprose dos citros sob condições naturais de epidemia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 295–303, ago. 2007.
- FARIAS, P. R. S. et al. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xylella fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 1, p. 13–20, 2004.
- FRANCISCON, L. et al. Spatial temporal autologistic model with an application to the analysis of spatial patterns of citrus leprosis. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1677–1682, 2008.
- FREITAS, A. S. et al. Spatial distribution of Yellow Sigatoka Leaf Spot correlated with soil fertility and plant nutrition. **Precision Agriculture**, v. 17, n. 1, p. 93–107, fev. 2016.
- GHINI, R.; BETTIOL, W.; HAMADA, E. Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: Current knowledge and perspectives. **Plant Pathology**, v. 60, n. 1, p. 122–132, 2011.
- GRAVENA, S. **Manual prático: Manejo ecológico de pragas dos citros**. Jaboticabal - SP: Gravena LTDA, 2005. 372p.
- GUERRA, P. A. G. **Geostatística operacional**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1988.
- GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; LUNA, J. M. Multi-function agricultural biodiversity: pest

management and other benefits. **Basic and Applied Ecology**, v. 4, n. 2, p. 107–116, jan. 2003.

JAIME-GARCIA, R. et al. Spatial analysis of *Phytophthora infestans* genotypes and late blight severity on tomato and potato in the Del Fuerte Valley using geostatistics and geographic information systems. **Phytopathology**, v. 91, n. 12, p. 1156–1165, 2001.

KITAJIMA, E. W. et al. Comparative Cytopathology and Immunocyto chemistry of Japanese, Australian and Brazilian Isolates of Orchid fleck virus. **Journal of General Plant Pathology**, v. 67, n. 3, p. 231–237, 2001.

KITAJIMA, E. W.; CHAGAS, C. M.; RODRIGUES, J. C. V. *Brevipalpus*-transmitted plant virus and virus-like diseases: Cytopathology and some recent cases. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, n. 1–3, p. 135–160, 2003.

KOPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

LARANJEIRA, F. F. et al. Infestation dynamics of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus orchards as affected by edaphic and climatic variables. **Experimental and Applied Acarology**, v. 66, n. 4, p. 491–508, 29 ago. 2015.

LARKIN, R. P.; GUMPERTZ, M. L.; RISTAINO, J. B. Geostatistical analysis of phytophthora epidemic development in commercial bell pepper fields. **Phytopathology**, v. 85, n. 2, p. 191–203, 1995.

LOCALI, E. C. et al. Development of a molecular tool for the diagnosis of leprosis, a major threat to citrus production in the americas. **Plant Disease**, v. 87, n. 11, p. 1317–1321, nov. 2003.

LOCALI, E. C.; FREITAS-ASTÚA, J.; MACHADO, A. Leprose dos citros : biologia e diagnóstico do vírus. **Laranja**, v. 25, n. 1, p. 53–68, 2004.

MAIA, O.; OLIVEIRA, C. DE. Transmissibilidade do vírus da leprose de cercas - vivas, quebra - ventos e plantas daninhas para laranjeiras através de *Brevipalpus phoenicis*. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 417–422, 2005.

MARENCO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 78, n. 1–3, p. 79–96, 2004.

MARQUES, J. P. R. et al. Foliar and twigs lesions of sweet orange caused by citrus leprosis. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1531–1536, nov. 2007.

MCBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal Soil Science**, v. 37, n. 4, p. 617–639, 1986.

MINEIRO, J. L. D. C. et al. Population dynamics of phytophagous and predaceous mites on coffee in Brazil, with emphasis on *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 44, n. 4, p. 277–291, 2008.

MOREIRA, R. Y. O. et al. Antraquinonas e naftoquinonas do caule de um espécime de

reflorestamento de *Tectona grandis* (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 3, p. 392–396, set. 2006.

NUNES, M. A. **Transmissão do vírus da leprose dos citros por *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) para plantas associadas a pomares cítricos**. 2007. 67f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2007.

OLIVEIRA, C. A. L.; DONALDIO, L. C. **Leprose dos citros**. Jaboticabal - SP: FUNEP, 1995.

OLIVEIRA, V. S. et al. Acarofauna em pomares cítricos nos municípios de Inhambupe e Rio Real do Estado da Bahia. **Magistra**, v. 19, n. 3, p. 257–261, 2007.

OLIVEIRA, F. J. DE et al. Spatial distribution of citrus leprosis in the Eastern Amazon. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 56–68, 2016.

PEDRO NETO, M. et al. Influence of rainfall on mite distribution in organic and conventional coffee systems. **Coffee Science**, v. 4, n. 1, p. 1–8, 2009.

PINHEIRO, J. B. et al. Influência da nutrição mineral na distribuição espacial do nematóide de cisto da soja. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 270–278, 2008.

RENDU, J. M. **An introduction to geostatistical methods of mineral evaluation**. Johannesburg: Institute of Mining and Metallurgy, 1978. 84p.

RODRIGUES, J. C. V. **Leprose dos citros, cito-histopatologia, transmissibilidade e relação com o vetor *Brevipalpus phoenicis* Geijskes (Acari: Tenuipalpidae)**. 1995. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de Concentração em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo, 1995.

RODRIGUES, J. C. V. et al. Citrus leprosis virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on citrus in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, n. 1–3, p. 161–179, 2003.

RODRIGUES, J. C. V et al. *Brevipalpus*-associated viruses in the central Amazon Basin. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 1, p. 12–19, 2008.

RODRIGUES, J. C. V; CHILDERS, C. C. *Brevipalpus* mites (Acari: Tenuipalpidae): vectors of invasive, non-systemic cytoplasmic and nuclear viruses in plants. **Experimental and Applied Acarology**, v. 59, n. 1–2, p. 165–175, 2013.

SALINAS-VARGAS, D. et al. Species Composition and Abundance of *Brevipalpus* spp. on Different Citrus Species in Mexican Orchards. **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 4, p. 419–425, 7 ago. 2013.

VAN LEEUWEN, T. et al. The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 121, p. 12–21, jun. 2015.

WALLACE, M. K.; HAWKINS, D. M. Applications of geostatistics in plant nematology.

**Journal of Nematology**, v. 26, n. 4, p. 626–634, 1994.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Geostatistics for environmental scientists**. 2nd. ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2007. 330p

YAMAMOTO, P. T. et al. Ácaro mortal. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, v. 37, p. 26–28, 2006.





### 3 AMOSTRAGEM SEQUENCIAL E PADRÃO ESPACIAL DO ÁCARO DA LEPROSE DOS CITROS EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO

#### RESUMO

A leprose dos citros é a virose mais importante para citricultura brasileira transmitida pelo ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus* spp., causando grandes prejuízo. O objetivo deste trabalho foi elaborar um plano de amostragem sequencial para o ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus* spp. em dois sistemas cultivo de citros. Foram selecionados dois talhões com ocorrência do vetor em um pomar de laranja, variedade “Pêra rio”, no município de Capitão Poço, Estado do Pará. O primeiro talhão é cultivado em sistema de monocultivo de citros e o segundo talhão em sistema consorciado de citros com a teca. Foram selecionadas 112 plantas em cada talhão, as quais foram realizadas as coletas no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, em intervalos mensais. Utilizando uma lupa de bolso com aumento de 10 vezes, foi realizada a contagem dos ácaros em 6 frutos, 6 ramos e 6 folhas das partes interna e externa da planta escolhidos aleatoriamente. As variáveis avaliadas foram o número de ácaros por planta (APL), o número de ácaros em seis frutos (A6FR), o número de ácaros em seis folhas (A6FO) e o número de ácaros em seis ramos (A6RA). Os índices de agregação testados, razão variância/média ( $I$ ), índice de Morisita ( $I_{\delta}$ ), coeficiente de Green ( $Cx$ ), expoente  $k$  da distribuição binomial negativa, lei da potência de Taylor e estimativa do expoente  $k$  comum, mostraram distribuição agregada todas as variáveis estudadas. O modelo que melhor se ajustou e melhor representou distribuição das variáveis estudadas foi o da distribuição binomial negativa para ambos sistemas de cultivo. No plano de amostragem sequencial, concluiu-se que para o número de ácaros por planta o número máximo esperado de unidades amostrais, para tomada de decisão, é de 21 unidades amostrais nos dois sistemas de cultivo, enquanto que para o número de ácaros em seis ramos esse valor é de 28 unidades amostrais.

**Palavras-chave:** Amostragem sequencial. *Brevipalpus* spp. Citros.

#### SEQUENTIAL SAMPLING OF CITRUS LEPROSIS MITES IN TWO CULTIVATION SYSTEMS

#### ABSTRACT

The Citrus leprosis is the most important virus affecting the Brazilian citriculture. It is transmitted by the citrus leprosis mite *Brevipalpus* spp., and it has caused great damages. This study aims to elaborate a sequential sampling plan for the leprosis mite of citrus *Brevipalpus* spp. in two systems of citrus cultivation. Two fields with vector occurrence were selected in an

orange orchard, of "Pêra Rio" variety, in the municipality of Capitão Poço, State of Pará. The first field was cultivated in a citrus monoculture system, and the second in a citrus intercropped system with teak. A total of 112 plants were selected in each plot, which were harvested between September 2015 and August 2016, at monthly intervals. Using a 10 times pocket magnifier, the mite was counted in 6 fruits, 6 branches and 6 leaves of the internal and external parts of the randomly chosen plant. The variables evaluated were for the number of mites per plant (MPP), the number of mites in six fruits (M6FR), the number of mites in six leaves (M6LE) and the number of mites in six branches (M6RA). The aggregation indexes tested, Morisita index ( $I_{\delta}$ ), Green coefficient ( $C_x$ ), exponent  $k$  of the negative binomial distribution, Taylor power law and estimation of the common  $k$  exponent, showed aggregate distribution of the variables studied. The model that best fit and best represented the distribution of the studied variables was the negative binomial distribution for both cropping systems. In the sequential sampling plan, it was concluded that for the number of mites per plant the expected maximum number of sample units for decision making, is 21 sample units in both cropping systems, whereas for the number of mites in six branches, this value is 28 sample units.

**Keys-word:** *Brevipalpus* spp. Dispersion index. Citrus.

### 3.1 Introdução

Entre as viroses transmitidas pelos ácaros do gênero *Brevipalpus*, a leprose dos citros, é a mais importante economicamente (MINEIRO et al., 2017), atingindo, principalmente, laranjeiras doces. Essa doença pode ser causada por duas formas do vírus da leprose, o *CiLV-C* (*Citrus leprosis virus* – tipo citoplasmático) e o *CiLV-N* (*Citrus leprosis virus* – tipo nuclear), e ocasionar grandes perdas na produção (COLARICCIO et al., 1995; KITAJIMA et al., 1974; OLIVEIRA; DONALDIO, 1995; BASTIANEL et al., 2010).

A queda e a depreciação dos frutos lesionados variam de 0 a 2%, quando a doença é eficientemente controlada, e de 40 a 100%, quando não são adotadas as medidas de controle, dependendo do nível de infestação do ácaro, da incidência da doença, da idade e variedade da planta, das condições climáticas e de outros fatores (FERNANDES et al., 2004).

O ácaro da leprose pode ocorrer durante o ano todo, porém períodos de seca favorecem o aumento populacional do ácaro (OLIVEIRA, 1986). A fase adulta do ácaro merece destaque na transmissão da doença devido a sua maior mobilidade e longevidade, aumentando também as chances de contaminação (CHIAVEGATO, 1986)

O controle do acaro da leprose, e conseqüentemente da doença, tem sido realizado, principalmente, pelo uso de acaricidas, os quais são pulverizados de uma a duas aplicações por ano de acaricidas específicos, após o final do período chuvoso e durante o período de seca (FERNANDES et al., 2004).

Para o Brasil, o custo de controle da leprose está estimado entre 75 e 80 milhões de dólares/ano, sendo que a aquisição de acaricidas é responsável pela maior parte (BASTIANEL et al., 2010; CÁCERES et al., 2013), o que evidencia a importância para a redução dos prejuízos causados pelo acaro da leprose e a necessidade de melhor aplicar as estratégias de manejo integrado desta praga (YAMAMOTO et al., 2005).

O manejo integrado de pragas (MIP) é baseado nos níveis de danos, os quais são monitorados através de um plano confiável de amostragem que permita estimar a densidade populacional da praga e seu dano, e com base nele, tomar uma decisão sobre uma medida de controle (FARIAS et al., 2001).

Segundo Gravena et al. (1995) o uso da amostragem sequencial para o monitoramento de ácaros fitófagos em culturas perenes é uma ferramenta rápida e eficaz, quando comparada com a amostragem convencional.

Além disso, é importante salientar que para a elaboração de planos de amostragem eficazes é necessário o conhecimento prévio da distribuição espacial e a determinação dos índices de agregação e as distribuições de frequência (GILES et al., 2000), os quais são baseados em modelos probabilísticos que descrevem a distribuição de frequência do número de indivíduos da espécie de inseto em cada cultura (BARBOSA, 1992).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus* spp. por meio dos índices de dispersão e elaborar um plano de amostragem sequencial em dois sistemas de plantio, a fim de melhorar a eficiência dos métodos de controle.

## **3.2 Material e métodos**

### **3.2.1 Localização e identificação da área de experimental**

As áreas em estudo estão localizadas no município de Capitão Poço, PA, pertencente a mesorregião do Nordeste Paraense e a Microrregião do Guamá, com as coordenadas geográficas 01°44'54" de latitude Sul e 47°03'42" de longitude Oeste do Meridiano de Greenwich. O clima é classificado como AMI segundo Köppen, com temperatura média anual

de aproximadamente 25° C e precipitação pluviométrica próxima a 2.250 mm anuais, com maior concentração de janeiro a junho, representando cerca de 80% do total. A umidade relativa do ar gira em torno de 85% (KOPPEN, 1948).

Após inspeções em áreas de cultivo de laranja, variedade “Pêra rio”, com ocorrência do ácaro da leprose dos citros foi selecionada uma área para realização das avaliações, e dentro desta, foram selecionados dois talhões. O primeiro talhão com 1.586 plantas, em sistema de monocultivo, de plantio 1992, plantadas com espaçamento 4 x 10 m, dispostas em 26 fileiras com 61 plantas cada, com uma densidade de 250 plantas por hectare, e coordenadas geográficas 01°47’34,25” de latitude Sul e 47°04’12,60” de longitude oeste do Meridiano de Greenwich, e o segundo talhão com 1508 plantas, em sistema consorciado com Teca (*Tectona grandis* Linn. F.), de plantio 2002, plantadas com espaçamento de 4 x 7 m, disposta em 26 fileiras com número 58 plantas cada, com densidade de 357 plantas por hectare e coordenadas geográficas 01°47’46,73” de latitude Sul e 47°07’16,22” de longitude oeste do Meridiano de Greenwich.

Foram realizados os tratos culturais como adubações, roçagens, etc., nos dois talhões experimentais e também não foi utilizado agrotóxico no período das avaliações, para não afetar a população de ácaro da leprose e sua infestação acontecesse de forma natural.

### 3.2.2 Avaliação do ácaro da leprose dos citros em sistema de monocultivo e consorciado

Na avaliação e identificação do ácaro da leprose em campo foram avaliadas 112 plantas na área em monocultivo e 112 plantas na área consorciada com teca, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, com intervalo entre avaliações de aproximadamente um mês, totalizando doze meses de amostragem. Em cada planta foram amostradas 6 frutos, 6 folhas e 6 ramos, na parte mediana da copa da planta, observando-se a presença do ácaro da leprose e realizando a contagem do número de ácaros da leprose encontrados em cada segmento observado, com auxílio de uma lupa de bolso com aumento de 10x. Quando houve ausência de frutos na avaliação devido a colheita ou queda desses, avaliou-se um ramo para substituí-lo (Gravena, 2005).

A contagem dos ácaros encontrados foi feita da seguinte forma: para frutos foram escolhidos sempre aqueles com sintomas de verrugose ou com superfície irregular, a partir do tamanho de pingue-pongue, realizando-se a varredura completa em toda sua superfície; para folhas fez-se a varredura completa das superfícies abaxial e adaxial, observando principalmente as nervuras das folhas, onde os ácaros preferencialmente são encontrados; e para ramos foram selecionados aqueles com superfície irregular pronunciada, fazendo-se a varredura de

aproximadamente 20 cm da superfície a partir do ápice. Em cada segmento avaliado foi realizada a contagem de até o número máximo de dez ácaros, e onde foram encontrados mais que dez ácaros, adotou-se o valor de dez para este.

### 3.2.3 Índices de agregação

Para calcular os índices de dispersão/agregação e as análises posteriores, calculou-se a média  $\hat{m}$  e a variância  $s^2$  do número total de ácaros na planta (APL), número de ácaros em seis fruto (A6FR), número de ácaros em seis folha (A6FO) e número de ácaros seis ramos (A6RA) em cada amostragem realizada. Afim de verificar os índices de agregação do ácaro da leprose dos citros nos dois sistemas de cultivo, foram utilizados o índice da razão variância/média ( $I$ ), índice de Morisita ( $I_\delta$ ), coeficiente de Green ( $Cx$ ), expoente  $k$  da distribuição binomial negativa, parâmetro  $b$  da lei da potência de Taylor, conforme descritos a seguir.

#### 3.2.3.1 Razão variância/média ( $I$ )

O índice de dispersão denominado variância/média e determinado pela equação 3.1.

$$I = \frac{s^2}{\hat{m}} \quad (3.1)$$

onde,  $s^2$  é a variância amostral,  $\hat{m}$  é a média. Quando  $I$  apresentar valor igual a unidade a distribuição espacial é aleatória, se o valor de  $I$  for menor que a unidade a distribuição é uniforme, e se o valor de  $I$  for maior que a unidade indica distribuição agregada (RABINOVICH, 1980).

#### 3.2.3.2 Índice de Morisita ( $I_\delta$ )

O índice de Morisita é calculado pela equação 3.2.

$$I_\delta = n \frac{\sum [x(x-1)]}{\sum x(\sum x - 1)} = n \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x} \quad (3.2)$$

onde,  $n$  é o número de plantas e  $x_i$  é o número de ácaros observados em cada planta. Quando  $I_\delta$  for igual a um, a distribuição se configura aleatória, quando  $I_\delta$  for maior que um, contagiosa, e quando  $I_\delta$  for menor que um regular (MORISITA, 1962).

Foi testado o afastamento de aleatoriedade pela equação 3.3.

$$X_{\delta}^2 = I_{\delta} \left( \sum_{i=1}^n x_i - 1 \right) + n - \sum x_i \sim \chi_{n-1}^2 \quad (3.3)$$

se  $X_i^2 \geq \chi_{(n-1;0,05)}^2$ , rejeita-se a hipótese de aleatoriedade da distribuição.

### 3.2.3.3 Coeficiente de Green

O coeficiente de Green é baseado na razão variância média e é calculado pela equação

3.4.

$$C_x = \frac{\frac{s^2}{\hat{m}} - 1}{\sum_{i=1}^n x_i - 1} \quad (3.4)$$

Quando o valor for negativo, a distribuição é uniforme, quando igual a zero ou próximo de zero, a distribuição é aleatória, e valores próximos ou iguais a um indica distribuição agregada ou contagiosa (GREEN, 1966).

### 3.2.3.4 Parâmetro $\lambda_2$ da distribuição de Neyman Tipo A

Valores desse parâmetro maiores que zero indicam distribuição agregada (NEYMAN, 1939).

$$\lambda_2 = \frac{s^2 - \hat{m}}{\hat{m}} \quad (3.5)$$

### 3.2.3.5 Parâmetro $k$ da distribuição binomial negativa

A estimativa do parâmetro  $k$  da distribuição binomial negativa, foi calculado pelo método dos momentos (ANSCOMBE, 1949) e pelo métodos da máxima verossimilhança (BLISS; FISHER, 1953), pelas equações 3.6 e 3.7.

$$\hat{k} = \frac{\hat{m}^2}{s^2 - \hat{m}} \quad (3.6)$$

$$N \ln \left( 1 + \frac{\hat{m}}{\hat{k}} \right) = \sum_{i=1}^{n_c} \left( \frac{A(x_i)}{\hat{k} + x_i} \right) \quad (3.7)$$

onde,  $N$  é o número de plantas,  $\ln$  é o logaritmo neperiano,  $\hat{m}$  é a média de ácaros encontrados,  $\hat{k}$  é a estimativa do valor  $k$ ,  $x_i$  é o total de ácaros encontrados,  $A(x_i)$  é a soma da frequência de valores maiores que  $x_i$  e  $n_c$  é o número de classes da distribuição de frequência.

Se os valores de  $k$  estiverem abaixo de dois e positivos ( $k < 2$ ) significa que a disposição altamente agregada, quando os valores de  $k$  variam de 2 a 8 significa agregação moderada e quando os valores de  $k$  forem superiores a 8 a disposição ao acaso (ELLIOTT, 1979).

### 3.2.3.6 Expoente $k$ comum ( $k_c$ )

Foi calculado o  $k$  comum ( $k_c$ ) para o conjunto de amostras, sendo esse valor determinante na construção do plano de amostragem sequencial, no qual utiliza-se um fator de ponderação denominado  $w_i$ , por um método iterativo até que os cálculos convergirem, iniciando-se pelas equações 3.8 e 3.9.

$$\hat{x}_i = \hat{m}_i^2 - \frac{s^2}{n_i} \quad (3.8)$$

$$\hat{y}_i = s_i^2 - \hat{m}_i \quad (3.9)$$

Esses dados serão utilizados para o cálculo inicial de  $k$ , onde  $k$  é obtido pela equação 3.10.

$$k = \frac{\sum_i^G \hat{x}_i}{\sum_i^G \hat{y}_i} \quad (3.10)$$

em que,  $G$  é o número de amostras e o valor obtido do  $k$  inicial é utilizado para calcular ponderação  $w_i$  a partir da equação 3.11.

$$w_i = \frac{0,5(n-1)k^4}{k(k+1) - (2k-1)/n - 3/n^2} \cdot \frac{1}{\hat{m}_i^2(\hat{m}_i + k)^2} \quad (3.11)$$

Quando as sucessivas aproximações levam a uma estimativa de  $k_c$  com uma diferença insignificante do valor anterior, as interações terminam. O valor de  $k_c$  é dado pela equação 3.12:

$$k_c = \frac{\sum w_i x_i^2}{\sum w_i x_i y_i} \quad (3.12)$$

A partir do cálculo do  $k_c$ , fez-se um teste de qui-quadrado para testar a homogeneidade de  $k$  nas  $G$  diferentes amostras. É possível ainda verificar a constância de  $k$  nas  $G$  diferente amostras pelo teste  $F$  da análise de variância da regressão ponderada, testando uma tendência linear de  $\hat{y}$  e  $\hat{x}$ . No teste  $F$  deve ser significativo para inclinação  $1/k_c$  e não significativo para interceptação ao nível de 5% de significância (BLISS; OWEN, 1958). Quando  $k$  apresentar valores baixos, significa que a distribuição é agregada, valores entre dois e oito indica agregação moderada, e valores maiores que oito indica distribuição aleatória (SOUTHWOOD, 1978).

### 3.2.3.7 Lei da potência de Taylor

A lei da potência de Taylor foi expressa pela relação entre a variância e a média pela equação 3.13:

$$s^2 = am^b \quad (3.13)$$

Em que os parâmetros  $a$  e  $b$  foram estimados pela regressão linear de:

$$\log s^2 = \log a + b \log m \quad (3.14)$$

Assim, o coeficiente angular  $b$  pode ser utilizado como um índice de agregação (YOUNG; YOUNG, 1998). Quando os valores de  $b$  forem menores que um, indica que a distribuição é regular, quando  $b$  igual a um a distribuição é aleatória e, quando  $b$  for maior que um, a distribuição é agregada (TAYLOR, 1961).

### 3.2.4 Modelos probabilísticos para estudo da distribuição espacial do ácaro da leprose dos citros

Para escolha do modelo teórico de distribuição de frequência que melhor representasse a distribuição espacial da espécie, foi utilizado o teste qui-quadrado de aderência (“Goodness-of-fit test). Os modelos testados neste trabalho foram: distribuição de Poisson, Distribuição Binomial Negativa e distribuição de Neyman Tipo A, descritos a seguir:

#### 3.2.4.1 Distribuição de Poisson

Quando a variância é igual a média, temos a distribuição de Poisson, que é conhecida com distribuição aleatória (JOHNSON; KOTZ, 1969), sendo fornecida pelas equações 3.15 e 3.16.

$$P(0) = e^{-m} \quad (3.15)$$

$$P(X) = \frac{\hat{m}}{x} \cdot P(X - 1) \quad (3.16)$$

onde,  $P(X)$  é a probabilidade de  $X$  indivíduos ocorrerem e  $e$  é a base do logaritmo neperiano.

#### 3.2.4.2 Distribuição Binomial Negativa (DBN)

A distribuição binomial negativa caracteriza-se pela variância amostral ser maior que a média, representando uma distribuição agregada ou contagiosa. A DBN foi calculada a partir das equações 3.17 e 3.18 (JOHNSON; KOTZ, 1969).

$$P(0) = \left(1 + \frac{m}{k}\right)^{-k}, \text{ para } x = 0 \quad (3.17)$$



$$P(x) = \frac{k+x-1}{x} \cdot \frac{m}{m+k} \cdot P(x-1) \quad x = 1, 2, 3... \quad (3.18)$$

Em que,  $m$  é a média amostral,  $k$  é a estimativa do expoente  $k$  da binomial negativa pelo método da máxima verossimilhança e  $P(x)$  é a probabilidade de ocorrerem  $x$  ácaros.

Foi verificado o ajuste dessa distribuição de frequência pelo teste qui-quadrado de aderência pela equação 3.19.

$$X^2 = \sum_{i=1}^{N_c} \frac{(FO_i - FE_i)^2}{FE_i} \quad (3.19)$$

Onde,  $FO_i$  é a frequência observada na classe  $i$ , e  $FE_i$  é a frequência esperada na classe  $i$ ,  $n_c$  é o número de classes da distribuição de frequências. Sendo que o número de graus de liberdade é dado pela equação 3.20.

$$df = N_c - N_p - 1 \quad (3.20)$$

onde,  $N_c$  é o número de classes e  $N_p$  é o número de parâmetros estimados.

#### 3.2.4.3 Distribuição de Neyman Tipo A

A distribuição de Neyman tipo A assume que o número de grupos segue uma distribuição de Poisson com uma média de  $\lambda_1$  e que os indivíduos dentro desses grupos também seguem uma distribuição de Poisson com uma média de  $\lambda_2$  (NEYMAN, 1939). O cálculo é dado pelas equações 3.21 e 3.22.

$$P(X = 0) = e^{-\lambda_1(1-e^{-\lambda_2})} \quad (3.21)$$

$$P(X = x + 1) = \frac{\lambda_1 \lambda_2 e^{-\lambda_2}}{x + 1} \sum_{k=0}^x \frac{\lambda_2^k}{k!} P(x - k) \quad (3.22)$$

#### 3.2.5 Construção do plano de amostragem sequencial

Depois de calculado o  $k$  comum para representar as áreas de estudo, foi construído um plano de amostragem para cada variável que atenderam os pré-requisitos. A construção do plano de amostragem foi elaborada de acordo com a distribuição binomial negativa, que melhor representou a distribuição espacial dos ácaros. O plano de amostragem sequencial foi elaborado baseado no teste sequencial da razão da verossimilhança (TSRV) com uma significância de 10% para erros do Tipo I e II ( $\alpha$  e  $\beta$ ). O plano de amostragem sequencial teve por objetivo testar com o menor número esperado de amostras possíveis a hipótese  $H_0: m = m_0$  versus  $H_1: m = m_1$ ,

em que  $m$  representa a média mensal de ácaros, sendo  $m_1 > m_0$ . A rejeição de  $H_0$  pode indicar a necessidade de utilização de métodos de controle para o ácaro da leprose dos citros, e a não rejeição de  $H_0$ , por sua vez, pode indicar a não utilização de métodos de controle (WALD, 1945; YOUNG; YOUNG, 1998).

As linhas de decisão do TSRV são definidas por:

$$\text{Superior: } S_1 = h_1 + aN$$

$$\text{Inferior: } S_0 = h_0 + aN$$

onde,  $N$  é o número de unidades amostrais a serem utilizadas na amostragem e  $S$  a soma das contagens (MARCELINO, 2013).

Analisando o sistema ortogonal de 2 eixos e plotando-se  $S$  nas ordenadas e  $N$  nas abscissas, deve-se continuar a amostrar sucessivamente até que o valor de  $S$  se encontre acima a reta superior ( $h_1 + aN^*$ ), nessa situação rejeita-se  $H_0$ , quando se situa abaixo ou sobre a reta inferior ( $h_0 + aN^*$ ), aceita-se  $H_0$  (COSTA, 2009).

O coeficiente de decisão  $a$ ,  $h_0$  e  $h_1$  foram calculados usando taxas de erros do Tipo I e II de acordo com WALD (1945):

$$h_0 = \frac{\ln[\beta/(1-\alpha)]}{\ln[m_1(m_0 + k_c)/m_0(m_1 + k_c)]} \quad (3.24)$$

$$h_1 = \frac{\ln[(1-\beta)/\alpha]}{\ln[m_1(m_0 + k_c)/m_0(m_1 + k_c)]} \quad (3.25)$$

$$a = k \frac{\ln[(m_1 + k_c)/(m_0 + k_c)]}{\ln[(m_1 + k_c)/m_0(m_1 + k_c)]} \quad (3.26)$$

Foi construído em seguida a partir do TSRV a Curva Característica de Operação  $CO(m)$ , que utiliza uma constante arbitrária ( $h$ ) que representa a probabilidade de aceitar  $H_0$  no que se refere a média de infestação ( $m$ ) e a quantidade média de inspeções exigidas pelo teste para tomada de uma decisão,  $E_p(n)$ .

$$CO(m) = \frac{[(1-\beta)/\alpha]^h - 1}{[(1-\beta)\alpha]^h - [\beta/(1-\alpha)]^h}, \quad h \neq 0 \quad (3.27)$$

$$CO(m) = \frac{\ln[(1-\beta)\alpha]}{\ln[(1-\beta)/\alpha] - \ln[\beta/(1-\alpha)]}, \quad h = 0 \quad (3.28)$$

A partir da curva de tamanho esperado  $E_p(n)$  foi calculada para o plano sequencial. Essa curva mostra o tamanho médio esperado de amostra para a decisão sobre a aceitação ou rejeição de  $H_0$  (WALD, 1947) e é descrito pela equação 3.29.

$$E_p(n) = \frac{h_1 + (h_0 - h_1)[OC(m)]}{m - a}, \quad h \neq 0 \quad (3.29)$$

As análises estatísticas foram realizadas a partir do Microsoft Excel<sup>®</sup>, versão 2016.

### 3.3 Resultados e discussão

#### 3.3.1 Avaliação da agregação ácaro da leprose dos citros em sistemas de monocultivo e consorciado

Para determinação dos modelos de distribuição espacial foram determinados os índices de agregação para número total de ácaros por planta, número de ácaros em 6 frutos por planta, número de ácaros em 6 folhas por planta e número de ácaro em 6 ramos por planta nos sistemas de monocultivo e consorciado. Com a determinação dos índices de agregação observou-se que a ocorrência da disposição do ácaro da leprose foi agregada, regular e aleatória.

#### 3.3.2 Índices de agregação e distribuição teórica de frequência em sistema de monocultivo de citros e consorciado com teca

Estão presentes nas tabelas de 3.1 a 3.8, as médias, variâncias, os índices de dispersão calculados e as distribuições de frequência, para as variáveis, número de ácaros na planta, número de ácaros em 6 frutos, número de ácaros em 6 folhas e número de ácaros em 6 ramos, para cada amostragem nos dois sistemas de cultivo de citros. A partir das avaliações, observa-se que o ácaro da leprose dos citros esteve presente nas duas áreas em estudo em todas as avaliações realizadas em todas as variáveis estudadas, oscilando bastante seus valores para as variáveis e também dentro avaliações realizadas (Tabelas de 3.1 a 3.8).

Para os valores calculados da razão variância/média ( $I$ ) e para o índice de Morisita ( $I_\delta$ ) foram encontrados valores sempre superiores a unidade (um) em 100% dos meses avaliados para número total de ácaros na planta (APL), número de ácaro em seis frutos (A6FR), número de ácaros em seis folhas (A6FL) e número de ácaros em seis ramos (A6FR) nos dois sistema de cultivo estudados (Tabelas de 3.1 a 3.8), indicando que a distribuição espacial do ácaro pode

ocorrer de maneira totalmente agregada independentemente se for levada em consideração a avaliação realizada em toda planta ou apenas partes isolados da planta. Os resultados para teste de afastamento de aleatoriedade para os índices  $I_{\delta}$  foram significativos a 1% de probabilidade para todas as avaliações realizadas.

Nos dois sistemas de cultivos também foram observados que os valores do Coeficiente de Green ( $Cx$ ) sempre foram maiores que 0 (zero), rejeitando a distribuição aleatória para APL, A6FR, A6FL e A6RA em todos os meses avaliados.

A distribuição altamente agregada foi confirmada pelo cálculo do parâmetro  $k$  da distribuição binomial negativa, que foi estimado pelo método dos momentos e pelo método da verossimilhança. Esses métodos indicaram a estimativa de  $k$  de maneira mais precisa, pois os valores estimados foram sempre baixos e positivos ( $0 < k < 2$ ) em todos os meses avaliados para todas variáveis em questão (Tabelas de 3.1 a 3.8), ou seja, as amostragens nas quais os dados se ajustaram a distribuição binomial negativa (ELLIOTT, 1979), que representaram todos os meses avaliados. Os valores encontrados para esse parâmetro foram muito próximos em todas as variáveis e meses avaliados, o que indica que o nível de infestação não interferiu no grau de agregação do ácaro (SOUTHWOOD, 1978). Esses resultados também observados para o parâmetro  $\lambda_2$  do teste de Neyman Tipo A, que apresentou valores  $> 0$  em todos os meses e para todas as variáveis avaliadas (NEYMAN, 1939) (Tabelas de 3.1 a 3.8).

O modelo que melhor se ajustou aos dados, para todas os meses avaliados e variáveis analisadas, foi a distribuição binomial negativa, pois apresentou menores valores do teste qui-quadrado em relação a distribuição de Poisson (Tabelas 3.1 a 3.8), o que confirma os testes de realizados nas avaliações dos índices de agregação. Quando se compararam os valores do teste de qui-quadrado nas distribuições de Poisson e binomial negativa, observou-se que apesar dos níveis de significância terem sido a 1% de probabilidade, os valores da distribuição binomial negativa foram menores, o que indicou o melhor ajuste dos dados, para a maioria das avaliações, ao modelo em questão.

No sistema de monocultivo para o caso do APL para distribuição de Poisson o teste qui-quadrado variou de 63,74\*\* a 1907,82\*\*, todos com nível de significância a 1% de probabilidade, enquanto para distribuição binomial negativa variou de 2,61<sup>NS</sup> a 53,43\*\*, com uma representação de 66,33% de resultados não significativos, o que indica para esta variável o melhor ajuste a este último modelo. Para A6FR os valores de qui-quadrado da distribuição de Poisson variaram de 17,15\*\* a 1787,61\*\*, com 1% de significância, enquanto para distribuição binomial negativa a variação foi de 1,38<sup>NS</sup> a 63,98\*\*, com 75% dos resultados não significativo

para esta variável, resultando no melhor ajuste a este último modelo. Os resultados do teste qui-quadrado para a distribuição de Poisson para A6FO variou de 6,23<sup>\*</sup> a 577,41<sup>\*\*</sup>, enquanto para DBN foi de 1,29<sup>NS</sup> a 18,02<sup>NS</sup>, sendo este último não significativo para todas as avaliações. Já para A6RA o teste do qui-quadrado para Poisson variou de 17,60<sup>\*\*</sup> a 2265,08<sup>\*\*</sup>, e para distribuição binomial negativa 1,13<sup>NS</sup> a 40,49<sup>\*\*</sup>, com 75% dos resultados não significativos (Tabelas de 3.1 a 3.4).

Já no sistema de cultivo consorciado com teca para o APL o teste qui-quadrado da distribuição espacial de Poisson variou de 35,37<sup>\*\*</sup> a 3228,31<sup>\*\*</sup>, ao nível de 1% de significância, enquanto que para a distribuição binomial negativa variou de 7,04<sup>NS</sup> a 27,06<sup>NS</sup>, sendo que na maioria foram não significativos. Para A6FR o valor de qui-quadrado da distribuição de Poisson variou de 27,38<sup>\*\*</sup> a 1985,17<sup>\*\*</sup>, com 1% de significância, enquanto para distribuição binomial negativa a variação foi de 2,69<sup>NS</sup> a 20,36<sup>NS</sup>, com 75% dos resultados não significativo para esta variável. Os resultados do teste qui-quadrado para a distribuição de Poisson para A6FO variou de 3,73<sup>NS</sup> a 192,45<sup>\*\*</sup>, enquanto para DBN foi de 0,01<sup>NS</sup> a 32,77<sup>\*\*</sup>. Já para A6RA o teste do qui-quadrado para Poisson variou de 9,11<sup>\*\*</sup> a 770,85<sup>\*\*</sup>, e para distribuição binomial negativa 4,08<sup>NS</sup> a 12,96<sup>NS</sup>, com 75% dos resultados não significativos (Tabelas de 3.5 a 3.8).

Assim, pode-se afirmar que os valores de índices de dispersão para APL, A6FR, A6FO e A6RA, indicam que a distribuição espacial do ácaro da leprose dos citros ocorreu de maneira agregada nos dois sistemas de cultivo. Sabe-se que índice de agregação é uma ferramenta que tem sido bastante utilizada para avaliação do grau de agregação em populações de insetos. Vários estudos sobre distribuição espacial de insetos-praga e também de ácaros testaram essa técnica. Para o ácaro da leprose dos citros, Maldonado Jr et al. (2016) encontraram distribuição altamente agregada em pomares de citros para número de ácaro por planta em 3 frutos, frutos infestados e frutos com mais de 10 ácaros. Oliveira et al. (2016) também encontraram distribuição agregada do ácaro da leprose dos citros em dois talhões, que tiveram um raio de alcance que variou de 9 a 30 m.

As tabelas 3.9 e 3.10 mostram que as ocorrências de condições de satisfação de agregação para todas as variáveis nos dois sistemas de cultivos foram atendidas em 100% das avaliações no período estudado.

**Tabela 3.1** - Média, variância, índices de dispersão, chi-quadrado de aderência para os testes de Poisson, Distribuição Binomial Negativa e Neyman Tipo A, para o número de ácaros na planta em área de monocultivo de citros, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, no município de Capitão Poço, PA.

Mês/Ano	n	m	s <sup>2</sup>	Índices							Modelo		
				<i>I</i>	<i>I</i> <sub>δ</sub>	<i>X</i> <sup>2</sup> <i>I</i> <sub>δ</sub>	<i>Cx</i>	<i>k</i> mom.	<i>k</i> MV	<i>λ</i> <sub>2</sub>	<i>X</i> <sup>2</sup> P	<i>X</i> <sup>2</sup> DBN	<i>X</i> <sup>2</sup> NA
Número de ácaros na planta													
Set./2015	112	9,1250	124,2365	13,6150	2,3715	1511,26**	0,0124	0,7233	0,5143	12,6150	1650,12**	29,41 <sup>NS</sup>	8133,47**
Out./2015	112	8,0000	113,3694	14,1712	2,6335	1573,00**	0,0147	0,6074	0,5644	13,1712	1907,82**	32,77*	335204,37**
Nov./2015	112	9,0536	129,8890	14,3467	2,4625	1592,49**	0,0132	0,6783	0,3933	13,3467	1738,13**	28,58 <sup>NS</sup>	106,637,07**
Dez./2015	112	19,6161	285,2296	14,5406	1,6844	1614,01**	0,0062	1,4487	0,8187	13,5406	1671,60**	50,00*	7762,13**
Jan./2016	112	14,5089	189,1711	13,0383	1,8228	1447,25**	0,0074	1,2052	0,8522	12,0338	1845,30**	53,43**	7122,39**
Fev./2016	112	2,2054	13,3899	6,0715	3,2884	673,94**	0,0206	0,4349	0,4219	5,0715	247,78**	13,85 <sup>NS</sup>	241,28**
Mar./2016	112	0,9375	3,0861	3,2919	3,4462	365,40**	0,0220	0,4091	0,3181	2,2919	75,12**	2,61 <sup>NS</sup>	14,27*
Abr./2016	112	1,2500	6,3694	5,0955	4,2705	565,60**	0,0295	0,3052	0,2252	4,0955	255,45**	6,24 <sup>NS</sup>	84,08**
Mai./2016	112	0,6339	2,1621	3,4106	4,8225	378,58**	0,0344	0,2630	0,1970	2,4106	63,74**	9,73*	5,66 <sup>NS</sup>
Jun./2016	112	1,8571	24,1416	12,9993	7,4344	1442,92**	0,0580	0,1548	0,2728	11,9993	366,80**	8,42 <sup>NS</sup>	167391,21**
Jul./2016	112	2,6429	24,5199	9,2778	4,1147	1029,84**	0,0281	0,3193	0,2233	8,2778	517,46**	12,43 <sup>NS</sup>	1200,85**
Ago./2016	112	1,8661	12,0990	6,4837	3,9264	719,69**	0,0264	0,3403	0,3923	5,4837	171,43**	4,58 <sup>NS</sup>	392,01**

\* Significativo ao nível de 0,05; <sup>NS</sup>: não significativo.

\*\* Significativo ao nível de 0,01.

n = número de plantas amostradas; m = número médio de ácaros por planta; s<sup>2</sup> = variância; *I* = Variância/média; *I*<sub>δ</sub> = índice de Morisita; *X*<sup>2</sup> *I*<sub>δ</sub> = teste de afastamento de aleatoriedade de *I*<sub>δ</sub>; *Cx* = Coeficiente de Green; *k* mom. = *k* pelo método dos momentos; *k*MV = *k* pelo método da máxima verossimilhança; *λ*<sub>2</sub> = parâmetro estimado de Neyman Tipo A.

P = modelo de Poisson; DBN = distribuição binomial negativa; NA = modelo de Neyman Tipo A.

**Tabela 3.2** - Média, variância, índices de dispersão, chi-quadrado de aderência para os testes de Poisson, Distribuição Binomial Negativa e Neyman Tipo A, para o número de ácaros no fruto em área de monocultivo de citros, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, no município de Capitão Poço, PA.

Mês/Ano	n	m	s <sup>2</sup>	Índices							Modelo		
				I	I <sub>δ</sub>	X <sup>2</sup> I <sub>δ</sub>	Cx	k mom.	kMV	λ <sub>2</sub>	X <sup>2</sup> P	X <sup>2</sup> DBN	X <sup>2</sup> NA
Número de ácaros no fruto													
Set./2015	112	5,1607	48,3523	9,3693	2,6100	1039,99**	0,0145	0,6166	0,4576	8,3693	851,16**	12,72 <sup>NS</sup>	3528,77**
Out./2015	112	4,5446	50,1962	11,0451	3,1949	1226,01**	0,0198	0,4524	0,3804	10,0451	1787,61**	18,30 <sup>NS</sup>	20753,59**
Nov./2015	112	6,8839	108,8242	15,8085	3,1347	1754,74**	0,0192	0,4649	0,3029	14,8085	1239,14**	14,72 <sup>NS</sup>	594276,04**
Dez./2015	112	14,3661	161,6936	11,2552	1,7079	1249,33**	0,0064	1,4009	0,7769	10,2552	1344,45**	63,98**	454,79**
Jan./2016	112	11,3393	137,1091	12,0915	1,9702	1342,16**	0,0087	1,0223	0,6793	11,0915	1599,00**	28,94 <sup>NS</sup>	5911,21**
Fev./2016	112	0,9911	8,1711	8,2447	8,3106	915,16**	0,0659	0,1368	0,1528	7,2447	121,98**	5,74 <sup>NS</sup>	2869,62**
Mar./2016	112	0,3929	0,9974	2,5389	4,9725	281,82**	0,0358	0,2553	0,1843	1,5389	19,00**	1,63 <sup>NS</sup>	2,45 <sup>NS</sup>
Abr./2016	112	0,4018	1,7560	4,3706	9,5030	485,13**	0,0766	0,1192	0,0922	3,3706	30,50**	3,56 <sup>NS</sup>	25,81**
Mai./2016	112	0,2768	0,7786	2,8128	7,7075	312,24**	0,0604	0,1527	0,1447	1,8128	17,15**	1,38 <sup>NS</sup>	3,89 <sup>NS</sup>
Jun./2016	112	0,5357	2,0708	3,8655	6,3910	429,07**	0,0486	0,1870	0,1570	2,8700	120,63**	11,10*	31,05**
Jul./2016	112	1,0804	5,9665	5,5227	5,1835	613,02**	0,0377	0,2389	0,1439	4,5227	153,91**	8,38 <sup>NS</sup>	50,05**
Ago./2016	112	0,6071	4,3488	7,1627	11,2098	795,06**	0,0920	0,0985	0,1625	6,1627	44,49**	11,56*	780,59**

\* Significativo ao nível de 0,05; <sup>NS</sup>: não significativo. \*\* Significativo ao nível de 0,01.

n = número de plantas amostradas; m = número médio de ácaros por planta; s<sup>2</sup> = variância; I = Variância/média; I<sub>δ</sub> = índice de Morisita; X<sup>2</sup> I<sub>δ</sub> = teste de afastamento de aleatoriedade de I<sub>δ</sub>; Cx = Coeficiente de Green; k mom. = k pelo método dos momentos; kVM = k pelo método da máxima verossimilhança; λ<sub>2</sub> = parâmetro estimado de Neyman Tipo A.

P = modelo de Poisson; DBN = distribuição binomial negativa; NA = modelo de Neyman Tipo A.

**Tabela 3.3** - Média, variância, índices de dispersão, chi-quadrado de aderência para os testes de Poisson, Distribuição Binomial Negativa e Neyman Tipo A, para o número de ácaros na folha em área de monocultivo de citros, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, no município de Capitão Poço, PA.

Mês/Ano	n	m	s <sup>2</sup>	Índices							Modelo		
				<i>I</i>	<i>I</i> <sub>δ</sub>	<i>X</i> <sup>2</sup> <i>I</i> <sub>δ</sub>	<i>Cx</i>	<i>k</i> mom.	<i>k</i> MV	$\lambda_2$	<i>X</i> <sup>2</sup> P	<i>X</i> <sup>2</sup> DBN	<i>X</i> <sup>2</sup> NA
Número de ácaros na folha													
Set./2015	112	0,8036	2,6638	3,3149	3,8871	367,96**	0,0260	0,3471	0,3651	2,3149	52,59**	3,78 <sup>NS</sup>	35,02**
Out./2015	112	1,1964	6,1773	5,1631	4,4745	573,10**	0,0313	0,2874	0,2504	4,1631	94,82**	4,47 <sup>NS</sup>	170,92**
Nov./2015	112	0,6875	4,4150	6,4218	8,9187	712,82**	0,0713	0,1268	0,0628	5,4218	75,80**	3,75 <sup>NS</sup>	79,29**
Dez./2015	112	2,8125	25,2889	8,9916	3,8251	998,07**	0,0255	0,3519	0,2599	7,9916	577,41**	18,02 <sup>NS</sup>	1723,15**
Jan./2016	112	1,0268	4,9813	4,8513	4,7500	538,50**	0,0338	0,2666	0,2086	3,8513	100,98**	9,11 <sup>NS</sup>	61,01**
Fev./2016	112	0,2946	0,6782	2,3017	5,5152	255,48**	0,0407	0,2264	0,1364	1,3017	24,92**	2,67 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>
Mar./2016	112	0,1429	0,2497	1,7477	6,5333	194,00**	0,0498	0,1910	0,1680	0,7477	6,23*	1,29 <sup>NS</sup>	2,14 <sup>NS</sup>
Abr./2016	112	0,1518	0,9948	6,5538	39,5294	727,47**	0,3471	0,0273	0,0313	5,5538	9,29**	1,75 <sup>NS</sup>	244,54**
Mai./2016	112	0,0804	0,1286	1,6006	9,3333	177,67**	0,0751	0,1338	0,0788	0,6006	-	-	-
Jun./2016	112	0,5714	14,8057	25,9099	44,8889	2876,00**	0,3954	0,0229	0,0529	24,9099	73,98**	9,12*	3,91**
Jul./2016	112	0,8304	10,1241	12,1925	14,5040	1353,37**	0,1217	0,0742	0,0402	11,1925	186,39**	4,09 <sup>NS</sup>	8219,56**
Ago./2016	112	0,3125	0,9735	3,1153	7,9059	345,80**	0,0622	0,1477	0,1057	2,1153	22,42**	3,85 <sup>NS</sup>	2,49 <sup>NS</sup>

\* Significativo ao nível de 0,05; <sup>NS</sup>: não significativo.

\*\* Significativo ao nível de 0,01.

n = número de plantas amostradas; m = número médio de ácaros por planta; s<sup>2</sup> = variância; *I* = Variância/média; *I*<sub>δ</sub> = índice de morisita; *X*<sup>2</sup> *I*<sub>δ</sub> = teste de afastamento de aleatoriedade de *I*<sub>δ</sub>; *Cx* = Coeficiente de Green; *k* mom. = *k* pelo método dos momentos; *k*MV = *k* pelo método da máxima verossimilhança;  $\lambda_2$  = parâmetro estimado de Neyman Tipo A.

P = modelo de Poisson; DBN = distribuição binomial negativa; NA = modelo de Neyman Tipo A.



**Tabela 3.4** - Média, variância, índices de dispersão, chi-quadrado de aderência para os testes de Poisson, Distribuição Binomial Negativa e Neyman Tipo A, para o número de ácaros no ramo em área de monocultivo de citros, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, no município de Capitão Poço, PA.

Mês/Ano	n	m	s <sup>2</sup>	Índices							Modelo		
				<i>I</i>	<i>I</i> <sub>δ</sub>	<i>X</i> <sup>2</sup> <i>I</i> <sub>δ</sub>	<i>Cx</i>	<i>k</i> mom.	<i>k</i> MV	$\lambda_2$	<i>X</i> <sup>2</sup> P	<i>X</i> <sup>2</sup> DBN	<i>X</i> <sup>2</sup> NA
Número de ácaros no ramo													
Set./2015	112	4,8214	51,9498	10,7748	3,0130	1196,00**	0,0181	0,4933	0,4133	9,7748	905,77**	12,77 <sup>NS</sup>	19198,15**
Out./2015	112	2,5625	22,7348	8,8721	4,0553	984,80**	0,0275	0,3255	0,3455	7,8721	492,72**	12,58 <sup>NS</sup>	4466,87**
Nov./2015	112	4,2589	50,6260	11,8870	3,5388	1319,46**	0,0229	0,3912	0,2312	10,8870	2265,08**	22,99*	21038**
Dez./2015	112	8,6071	79,1055	9,1907	1,9441	1020,17**	0,0085	1,0508	0,5318	8,1907	784,44**	35,80*	449,42**
Jan./2016	112	7,5089	54,7206	7,2874	1,8308	808,90**	0,0075	1,1943	0,6993	6,2874	1154,27**	40,49**	328,87**
Fev./2016	112	1,0357	3,6384	3,5129	3,4255	389,93**	0,0219	0,4122	0,3492	2,5129	77,99**	2,58 <sup>NS</sup>	13,86*
Mar./2016	112	0,4911	1,1531	2,3481	3,7710	260,64**	0,0250	0,3643	0,3053	1,3481	35,60**	2,81 <sup>NS</sup>	1,07 <sup>NS</sup>
Abr./2016	112	0,6786	2,2381	3,2982	4,4014	366,11**	0,0306	0,2953	0,1973	2,2982	58,23**	1,50 <sup>NS</sup>	7,58 <sup>NS</sup>
Mai./2016	112	0,3214	1,1931	3,7117	9,6000	412,00**	0,0775	0,1185	0,1165	2,7117	17,60**	1,13 <sup>NS</sup>	17,75**
Jun./2016	112	0,7411	2,0855	2,8142	3,4558	312,37**	0,0221	0,4085	0,2415	1,8142	67,98**	8,05 <sup>NS</sup>	2,21 <sup>NS</sup>
Jul./2016	112	1,1161	4,3197	3,8705	3,5695	429,62**	0,0231	0,3888	0,2418	2,8705	150,94**	8,06 <sup>NS</sup>	14,63*
Ago./2016	112	0,9107	4,8388	5,3132	5,7402	589,76**	0,0427	0,2111	0,1981	4,3132	141,35**	8,85 <sup>NS</sup>	103,08**

\* Significativo ao nível de 0,05; <sup>NS</sup>: não significativo.

\*\* Significativo ao nível de 0,01.

n = número de plantas amostradas; m = número médio de ácaros por planta; s<sup>2</sup> = variância; *I* = Variância/média; *I*<sub>δ</sub> = índice de morisita; *X*<sup>2</sup>*I*<sub>δ</sub> = teste de afastamento de aleatoriedade de *I*<sub>δ</sub>; *Cx* = Coeficiente de Green; *k* mom. = *k* pelo método dos momentos; *k*MV = *k* pelo método da máxima verossimilhança;  $\lambda_2$  = parâmetro estimado de Neyman Tipo A.

P = modelo de Poisson; DBN = distribuição binomial negativa; NA = modelo de Neyman Tipo A.

**Tabela 3.5** - Média, variância, índices de dispersão, chi-quadrado de aderência para os testes de Poisson, Distribuição Binomial Negativa e Neyman Tipo A, para o número de ácaros na planta (APL) em área de cultivo consorciado de citros com teca, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, no município de Capitão Poço, PA.

Mês/Ano	n	m	s <sup>2</sup>	Índices							Modelo		
				<i>I</i>	<i>I</i> <sub>δ</sub>	<i>X</i> <sup>2</sup> <i>I</i> <sub>δ</sub>	<i>Cx</i>	<i>k</i> mom.	<i>kMV</i>	$\lambda_2$	<i>X</i> <sup>2</sup> P	<i>X</i> <sup>2</sup> DBN	<i>X</i> <sup>2</sup> NA
Número de ácaros na planta													
Set./2015	112	8,9286	167,2741	18,7347	2,9705	2079,55**	0,0178	0,5035	0,4825	17,7347	1744,25**	21,12 <sup>NS</sup>	24791519,51**
Out./2015	112	9,7054	219,3088	22,5967	3,2074	2508,23**	0,0199	0,4494	0,4024	21,5967	2312,64**	21,15 <sup>NS</sup>	286484752,47**
Nov./2015	112	6,2411	102,1666	16,3700	3,4442	1817,07**	0,0220	0,4061	0,2711	15,3700	2283,42**	27,06*	568549,77**
Dez./2015	112	8,4107	284,8748	33,8705	4,8774	3759,62**	0,0349	0,2559	0,2779	32,8705	3228,31**	19,75 <sup>NS</sup>	4,1877**
Jan./2016	112	2,7946	34,6331	12,3927	5,0532	1375,59**	0,0365	0,2453	0,3253	11,3927	467,33**	18,35*	54535,95**
Fev./2016	112	2,0714	16,7876	8,1044	4,4138	899,59**	0,0308	0,2916	0,3676	7,1044	230,98**	14,56 <sup>NS</sup>	3519,12**
Mar./2016	112	1,0536	3,5286	3,3492	3,2287	371,76**	0,0201	0,4485	0,2805	2,3492	116,59**	13,02*	4,23 <sup>NS</sup>
Abr./2016	112	0,7679	2,5402	3,3082	4,0142	367,21**	0,0272	0,3327	0,1807	2,3082	74,69**	10,22*	4,39 <sup>NS</sup>
Mai./2016	112	0,8304	2,7367	3,2958	3,7700	365,84**	0,0250	0,3617	0,4027	2,2958	35,37**	8,84 <sup>NS</sup>	37,51**
Jun./2016	112	1,4821	11,9456	8,0597	5,7493	894,63**	0,0428	0,2099	0,2049	7,0597	166,28**	14,98*	1091,79**
Jul./2016	112	1,0357	3,3681	3,2519	3,1736	360,97**	0,0196	0,4599	0,2959	2,2619	117,92**	12,48 <sup>NS</sup>	8,91 <sup>NS</sup>
Ago./2016	112	1,6339	10,3423	6,3297	4,2505	702,60**	0,0293	0,3066	0,2566	5,3297	161,31**	7,04 <sup>NS</sup>	430,56**

\* Significativo ao nível de 0,05; <sup>NS</sup>: não significativo.

\*\* Significativo ao nível de 0,01.

n = número de plantas amostradas; m = número médio de ácaros por planta; s<sup>2</sup> = variância; *I* = Variância/média; *I*<sub>δ</sub> = índice de morisita; *X*<sup>2</sup> *I*<sub>δ</sub> = teste de afastamento de aleatoriedade de *I*<sub>δ</sub>; *Cx* = Coeficiente de Green; *k* mom. = *k* pelo método dos momentos; *kMV* = *k* pelo método da máxima verossimilhança;  $\lambda_2$  = parâmetro estimado de Neyman Tipo A.

P = modelo de Poisson; DBN = distribuição binomial negativa; NA = modelo de Neyman Tipo A.

**Tabela 3.6** - Média, variância, índices de dispersão, chi-quadrado de aderência para os testes de Poisson, Distribuição Binomial Negativa e Neyman Tipo A, para o número de ácaros em 6 fruto (A6FR) em área de cultivo consorciado de citros com teca, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, no município de Capitão Poço, PA.

Mês/Ano	n	m	s <sup>2</sup>	Índices							Modelo		
				I	I <sub>δ</sub>	X <sup>2</sup> I <sub>δ</sub>	Cx	k mom.	kMV	λ <sub>2</sub>	X <sup>2</sup> P	X <sup>2</sup> DBN	X <sup>2</sup> NA
Número de ácaros no fruto													
Set./2015	112	4,5179	58,8285	13,0213	3,6423	1445,37**	0,0238	0,3758	0,3448	12,0213	1978,42**	17,46 <sup>NS</sup>	93477,71**
Out./2015	112	5,9107	97,2352	16,4507	3,5946	1826,02**	0,0234	0,3826	0,2506	15,4507	1985,17**	20,36 <sup>NS</sup>	1231313,80**
Nov./2015	112	5,1607	72,8028	14,1071	3,5215	1565,89**	0,0227	0,3937	0,2357	13,1071	1208,31**	16,80 <sup>NS</sup>	69800,91**
Dez./2015	112	3,2500	58,0270	17,8545	6,1538	1981,85**	0,0464	0,1928	0,1718	16,8545	1133,53**	20,13*	2388576,47**
Jan./2016	112	1,2232	17,3101	14,1513	11,7338	1570,80**	0,0967	0,0930	0,1220	13,1513	148,41**	8,28 <sup>NS</sup>	713006,56**
Fev./2016	112	0,7321	5,6934	7,7763	10,2861	863,17**	0,0837	0,1080	0,0550	6,7763	96,56**	7,34 <sup>NS</sup>	68,87**
Mar./2016	112	0,1696	0,3043	1,7937	5,8947	199,11**	0,0441	0,2137	0,1177	0,7937	30,93**	7,57**	4,02*
Abr./2016	112	0,1964	0,4656	2,3702	8,2424	263,09**	0,0652	0,1434	0,0724	1,3702	27,38**	3,15 <sup>NS</sup>	3,32 <sup>NS</sup>
Mai./2016	112	0,4732	2,0894	4,4153	8,2903	490,09**	0,0657	0,1386	0,1136	3,4153	111,77**	5,91 <sup>NS</sup>	42,53**
Jun./2016	112	1,0268	7,2695	7,0799	6,9199	785,87**	0,0533	0,1689	0,1349	6,0799	136,35**	7,61 <sup>NS</sup>	307,21**
Jul./2016	112	0,4643	1,3140	2,8302	4,9834	314,15**	0,0359	0,2537	0,1857	1,8302	80,25**	8,72*	7,17 <sup>NS</sup>
Ago./2016	112	0,8304	3,2953	3,9685	4,5816	440,51**	0,0323	0,2797	0,1897	2,9685	107,31**	2,69 <sup>NS</sup>	14,39*

\* Significativo ao nível de 0,05; <sup>NS</sup>: não significativo.

\*\* Significativo ao nível de 0,01.

n = número de plantas amostradas; m = número médio de ácaros por planta; s<sup>2</sup> = variância; I = Variância/média; I<sub>δ</sub> = índice de morisita; X<sup>2</sup> I<sub>δ</sub> = teste de afastamento de aleatoriedade de I<sub>δ</sub>; Cx = Coeficiente de Green; k mom. = k pelo método dos momentos; kVM = k pelo método da máxima verossimilhança; λ<sub>2</sub> = parâmetro estimado de Neyman Tipo A.

P = modelo de Poisson; DBN = distribuição binomial negativa; NA = modelo de Neyman Tipo A.

**Tabela 3.7** - Média, variância, índices de dispersão, chi-quadrado de aderência para os testes de Poisson, Distribuição Binomial Negativa e Neyman Tipo A, para o número de ácaros em 6 folha (A6FO) em área de cultivo consorciado de citros com teca, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, no município de Capitão Poço, PA.

Mês/Ano	n	m	s <sup>2</sup>	Índices							Modelo		
				<i>I</i>	<i>I</i> <sub>δ</sub>	<i>X</i> <sup>2</sup> <i>I</i> <sub>δ</sub>	<i>Cx</i>	<i>k</i> mom.	<i>k</i> MV	<i>λ</i> <sub>2</sub>	<i>X</i> <sup>2</sup> P	<i>X</i> <sup>2</sup> DBN	<i>X</i> <sup>2</sup> NA
Número de ácaros na folha													
Set./2015	112	1,7411	12,2837	7,0553	4,4646	783,13**	0,0312	0,2875	0,3085	6,0553	192,45**	32,77**	2427,91**
Out./2015	112	0,9821	5,0988	5,1915	5,2684	576,25**	0,0385	0,2343	0,2043	4,1915	70,75**	3,53 <sup>NS</sup>	143,75**
Nov./2015	112	0,5804	4,1917	7,2226	11,7923	801,71**	0,0972	0,0933	0,0853	6,2226	67,43**	4,76 <sup>NS</sup>	413,27**
Dez./2015	112	2,2232	31,3822	14,1157	6,8703	1566,84**	0,0529	0,1695	0,1445	13,1157	409,6**	11,12 <sup>NS</sup>	539519,94**
Jan./2016	112	0,4643	1,6203	3,4900	6,4193	387,38**	0,0488	0,1865	0,1665	2,4900	80,98**	3,77 <sup>NS</sup>	13,03*
Fev./2016	112	0,5536	2,4115	4,3563	7,1074	483,55**	0,0550	0,1649	0,1589	3,3563	44,36**	3,59 <sup>NS</sup>	73,46**
Mar./2016	112	0,2143	0,4582	2,1381	6,4928	237,33**	0,0495	0,1883	0,1253	1,1381	20,23**	1,51 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>
Abr./2016	112	0,1964	0,7358	3,7461	15,5152	415,82**	0,1308	0,0715	0,0685	2,7461	11,48**	1,27 <sup>NS</sup>	12,98**
Mai./2016	112	0,2054	0,3268	1,5915	3,9842	176,65**	0,0269	0,3472	0,3782	0,5915	3,73 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>
Jun./2016	112	0,2232	0,9137	4,0933	15,3067	454,36**	0,1289	0,0722	0,0602	3,0933	15,76**	0,01 <sup>NS</sup>	16,49**
Jul./2016	112	0,2500	0,7658	3,0631	9,4815	340,00**	0,0764	0,1212	0,0812	2,0631	20,30**	2,50 <sup>NS</sup>	1,80 <sup>NS</sup>
Ago./2016	112	0,1964	1,0602	5,3972	24,2424	599,09**	0,2094	0,0447	0,0547	4,3972	15,84**	0,12 <sup>NS</sup>	9,46**

\* Significativo ao nível de 0,05; <sup>NS</sup>: não significativo.

\*\* Significativo ao nível de 0,01.

n = número de plantas amostradas; m = número médio de ácaros por planta; s<sup>2</sup> = variância; *I* = Variância/média; *I*<sub>δ</sub> = índice de morisita; *X*<sup>2</sup>*I*<sub>δ</sub> = teste de afastamento de aleatoriedade de *I*<sub>δ</sub>; *Cx* = Coeficiente de Green; *k* mom. = *k* pelo método dos momentos; *k*MV = *k* pelo método da máxima verossimilhança; *λ*<sub>2</sub> = parâmetro estimado de Neyman Tipo A.

P = modelo de Poisson; DBN = distribuição binomial negativa; NA = modelo de Neyman Tipo A.

**Tabela 3.8** - Média, variância, índices de dispersão, chi-quadrado de aderência para os testes de Poisson, Distribuição Binomial Negativa e Neyman Tipo A, para o número de ácaros em 6 ramo (A6RA) em área de cultivo consorciado de citros com teca, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, no município de Capitão Poço, PA.

Mês/Ano	n	m	s <sup>2</sup>	Índices							Modelo		
				I	I <sub>δ</sub>	X <sup>2</sup> I <sub>δ</sub>	Cx	k mom.	kMV	λ <sub>2</sub>	X <sup>2</sup> P	X <sup>2</sup> DBN	X <sup>2</sup> NA
Número de ácaros no ramo													
Set./2015	112	2,6696	23,3043	8,7294	3,8791	968,96**	0,0259	0,3454	0,3184	7,7294	340,79**	6,45 <sup>NS</sup>	2704,17**
Out./2015	112	2,8125	34,4240	12,2396	4,9732	1358,60**	0,0358	0,2502	0,2732	11,2396	494,85**	9,85 <sup>NS</sup>	56670,68**
Nov./2015	112	0,5000	3,0811	6,1622	11,4182	684,00**	0,0939	0,0969	0,0679	5,1622	65,64**	4,08 <sup>NS</sup>	82,15**
Dez./2015	112	2,9375	33,8970	11,5394	4,5667	1280,87**	0,0321	0,2787	0,2597	10,5394	770,64**	12,96 <sup>NS</sup>	40491,33**
Jan./2016	112	1,1071	5,2317	4,7254	4,3619	524,52**	0,0303	0,2972	0,3212	3,7254	67,87**	6,01 <sup>NS</sup>	141,58**
Fev./2016	112	0,7857	2,2780	2,8993	3,4232	321,82**	0,0218	0,4137	0,4257	1,8993	23,62**	6,10 <sup>NS</sup>	16,50**
Mar./2016	112	0,6696	2,7998	4,1810	5,7715	464,09**	0,0430	0,2105	0,1285	3,1810	70,76**	6,45 <sup>NS</sup>	11,19 <sup>NS</sup>
Abr./2016	112	0,3750	1,2455	3,3213	7,2846	368,67**	0,0566	0,1615	0,0775	2,3213	40,25**	9,35*	3,71 <sup>NS</sup>
Mai./2016	112	0,1518	0,2020	1,3307	3,2941	147,71**	0,0207	0,4590	0,3310	0,3307	9,11**	-	-
Jun./2016	112	0,2321	0,4321	1,8614	4,8246	206,62**	0,0345	0,2695	0,1405	0,8614	35,56**	10,74**	5,87*
Jul./2016	112	0,3214	1,0129	3,1512	7,8222	349,78**	0,0615	0,1494	0,1024	2,1512	22,53**	7,60*	4,32 <sup>NS</sup>
Ago./2016	112	0,6071	2,6731	4,4028	6,6374	488,71**	0,0508	0,1784	0,1604	3,4028	66,90**	4,63 <sup>NS</sup>	76,29**

\* Significativo ao nível de 0,05; <sup>NS</sup>: não significativo.

\*\* Significativo ao nível de 0,01.

n = número de plantas amostradas; m = número médio de ácaros por planta; s<sup>2</sup> = variância; I = Variância/média; I<sub>δ</sub> = índice de morisita; X<sup>2</sup> I<sub>δ</sub> = teste de afastamento de aleatoriedade de I<sub>δ</sub>; Cx = Coeficiente de Green; k mom. = k pelo método dos momentos; kVM = k pelo método da máxima verossimilhança; λ<sub>2</sub> = parâmetro estimado de Neyman Tipo A.

P = modelo de Poisson; DBN = distribuição binomial negativa; NA = modelo de Neyman Tipo A.

**Tabela 3.9** - Índice de agregação, condição de agregação e casos com condições satisfeitas para agregação em área de monocultivo de citros, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, no município de Capitão Poço, PA.

Variável	Índice de agregação	Condição para agregação	Condições satisfeitas para agregação
APL	Razão Variância/média ( $I$ )	$I > 1$	12/12
	Coeficiente de Green ( $Cx$ )	$Cx > 0$	12/12
	Índice de Morisita ( $I_{\delta}$ )	$I_{\delta} > 1$	12/12
	Parâmetro $k$ da Distribuição binomial negativa	$0 < k < 8$	12/12
A6FR	Razão Variância/média ( $I$ )	$I > 1$	12/12
	Coeficiente de Green ( $Cx$ )	$Cx > 0$	12/12
	Índice de Morisita ( $I_{\delta}$ )	$I_{\delta} > 1$	12/12
	Parâmetro $k$ da Distribuição binomial negativa	$0 < k < 8$	12/12
A6FO	Razão Variância/média ( $I$ )	$I > 1$	12/12
	Coeficiente de Green ( $Cx$ )	$Cx > 0$	12/12
	Índice de Morisita ( $I_{\delta}$ )	$I_{\delta} > 1$	12/12
	Parâmetro $k$ da Distribuição binomial negativa	$0 < k < 8$	12/12
A6RA	Razão Variância/média ( $I$ )	$I > 1$	12/12
	Coeficiente de Green ( $Cx$ )	$Cx > 0$	12/12
	Índice de Morisita ( $I_{\delta}$ )	$I_{\delta} > 1$	12/12
	Parâmetro $k$ da Distribuição binomial negativa	$0 < k < 8$	12/12

**Tabela 3.10** - Índice de agregação, condição de agregação e casos com condições satisfeitas para agregação em área de sistema consorciado de citros com teca, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016, no município de Capitão Poço, PA.

	Índice de agregação	Condição para agregação	Condições satisfeitas para agregação
APL	Razão Variância/média ( $I$ )	$I > 1$	12/12
	Coeficiente de Green ( $Cx$ )	$Cx > 0$	12/12
	Índice de Morisita ( $I_{\delta}$ )	$I_{\delta} > 1$	12/12
	Parâmetro $k$ da Distribuição binomial negativa	$0 < k < 8$	12/12
A6FR	Razão Variância/média ( $I$ )	$I > 1$	12/12
	Coeficiente de Green ( $Cx$ )	$Cx > 0$	12/12
	Índice de Morisita ( $I_{\delta}$ )	$I_{\delta} > 1$	12/12
	Parâmetro $k$ da Distribuição binomial negativa	$0 < k < 8$	12/12
A6FO	Razão Variância/média ( $I$ )	$I > 1$	12/12
	Coeficiente de Green ( $Cx$ )	$Cx > 0$	12/12
	Índice de Morisita ( $I_{\delta}$ )	$I_{\delta} > 1$	12/12
	Parâmetro $k$ da Distribuição binomial negativa	$0 < k < 8$	12/12
A6RA	Razão Variância/média ( $I$ )	$I > 1$	12/12
	Coeficiente de Green ( $Cx$ )	$Cx > 0$	12/12
	Índice de Morisita ( $I_{\delta}$ )	$I_{\delta} > 1$	12/12
	Parâmetro $k$ da Distribuição binomial negativa	$0 < k < 8$	12/12

### 3.3.3 Lei da Potência de Taylor para sistema de monocultivo e consorciado

Para a lei da potência de Taylor, os valores do parâmetro  $b$  sempre foram superiores a unidade tanto em sistema de monocultivo como em sistema consorciado com teca para todas as variáveis avaliadas (Tabela 3.11) o que também indicou que a distribuição de ácaros é agregada independente do sistema de cultivo de citros. Por meio do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), observa-se que os valores do resultado da regressão linear para lei da potência de Taylor, sempre estiveram acima de 90%, comprovando que o ajuste foi considerado satisfatório.

**Tabela 3.11** - Lei da potência de Taylor para o número de ácaros na planta (APL), em seis frutos (A6FR), em seis folhas (A6FO) e em seis ramos (A6RA) em áreas de cultivo de citros em sistema de monocultivo e consorciado com teca, no período de setembro de 2015 a agosto de 2016 no município de Capitão Poço, PA.

Área	Variável	Equação	Parâmetro $b$ da Lei da Potência de Taylor	$R^2$
Monocultivo	APL	$y = 0.6936 + x^{1.4388}$	1.4388	0.9694
	AFR	$y = 0.7479 + x^{1.3720}$	1.3720	0.9789
	AFO	$y = 0.8361 + x^{1.4520}$	1.4520	0.8145
	ARA	$y = 0.6308 + x^{1.4391}$	1.4391	0.9661
Consoiciada	APL	$y = 0.6083 + x^{1.8295}$	1.8295	0.9819
	AFR	$y = 0.8086 + x^{1.6144}$	1.6144	0.9726
	AFO	$y = 0.8217 + x^{1.5083}$	1.5083	0.9216
	ARA	$y = 0.7359 + x^{1.6371}$	1.6371	0.9715

### 3.3.4 Estimativa do $k$ comum ( $k_c$ ) para sistema de monocultivo e consorciado

A partir dos testes de aderência das frequências observadas e esperadas para as variáveis APL, A6FR, A6FO e A6RA, observou que mesmo apresentando bons ajustes a distribuição binomial negativa, as variáveis A6FR e A6FO não atenderam os pré-requisitos para proceder com a construção do plano de amostragem sequencial. Como os valores de  $k_c$  para as variáveis APL e A6RA atenderam os pré-requisitos para a construção do plano de amostragem sequencial, procedeu-se na construção do plano, porém como houve uma grande variação entre esses valores, foi elaborado um plano de amostragem sequencial para cada variável. Observa-se na tabela 3.12 que os valores de  $k_c$  para APL em sistema de monocultivo de citros foi de 0,3997, enquanto em sistema de consórcio citros com teca foi de 0,2431, indicando forte agregação para essa variável ( $k < 2$ ). Para a variável A6RA, os valores de  $k_c$  foram de 0,3554 para monocultivo e 0,1662 para sistema consorciado.

Os resultados da análise de variância (Tabela 3.12) mostram que para essas variáveis a interseção vs zero foi não significativo, atendendo as condições necessárias para calcular o  $k_c$ ,

com exceção da variável A6RA, que foi significativo a 1% de probabilidade, valor que não interferiu na construção do plano de amostragem. Verifica-se ainda que os valores de inclinação ( $1/k$ ) atenderam as condições de satisfação para construção do plano de amostragem sequencial, sendo significativos a 1% de probabilidade para APL e A6RA em monocultivo e APL em sistema consorciado, e a nível de 5% de probabilidade para A6RA em sistema de consórcio com teca.

**Tabela 3.12** - Índices de  $k$  comum ( $k_c$ ) para o número de ácaros na planta (APL), número de ácaros em seis frutos (A6FR), em seis folhas (A6FO) e seis ramos (A6RA) em sistema de monocultivo de citros e sistema consorciado de citros com teca.

Área	Variável	$k$ comum	$X^2$	Teste de homogeneidade do $k$ comum	
				Teste F	
				Inclinação ( $1/k$ )	Interseção vs zero
Monocultivo	APL	0.3997	8.14 <sup>NS</sup>	56.62**	0.09 <sup>NS</sup>
	A6FR	0.3748	21.75*	4.29 <sup>NS</sup>	7.74*
	A6FO	-0.0840	-418.93 <sup>NS</sup>	144.39**	0.66 <sup>NS</sup>
	A6RA	0.3554	5.35 <sup>NS</sup>	31.23**	18.74**
ConSORCIADA	APL	0.2431	0.76 <sup>NS</sup>	56.62**	0.09 <sup>NS</sup>
	A6FR	0.1701	3.83 <sup>NS</sup>	4.65 <sup>NS</sup>	1.57 <sup>NS</sup>
	A6FO	-0.0792	98.02**	20.57**	17.39**
	A6RA	0.1662	2.27 <sup>NS</sup>	8.52*	1.24 <sup>NS</sup>

$X^2$  = Estatística do teste qui-quadrado; \*\* = significativo a 1% de probabilidade; \* = significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> = Não significativo

### 3.3.5 Plano de amostragem sequencial

Como os valores de  $k_c$  não foram constantes para todas as variáveis, foram elaborados planos de amostragem para aqueles que atenderam as condições de satisfação. Para a elaboração dos planos de amostragem sequencial foram estabelecidas as linhas de decisão para as variáveis APL e A6RA nos dois sistemas de cultivo.

#### 3.3.5.1 Plano de amostragem sequencial para número de ácaros na planta (APL) em sistema de cultivo de citros em monocultivo e consorciado com teca

Na linha de decisão para APL em sistema de monocultivo e consorciado (Figuras 3.1 e 3.4) utilizou-se como nível de controle ( $m_1$ ) 1 (um) ácaro por planta e como nível de segurança ( $m_0$ ) 0,3 (zero vírgula três) ácaro por planta. Dessa forma, as hipóteses analisadas foram:  $H_0$ :  $m_0 = 0,3$  versus  $H_1$ :  $m_1 = 1$ , onde rejeita-se  $H_0$ , isto é, inicia-se o controle do ácaro, se o número de ácaros por planta se situar acima da reta superior, e não rejeita-se  $H_0$ , isto é, não controla-se a praga, se o número de ácaros estiver inferior a reta. Os valores de  $k_c$  utilizado para APL no

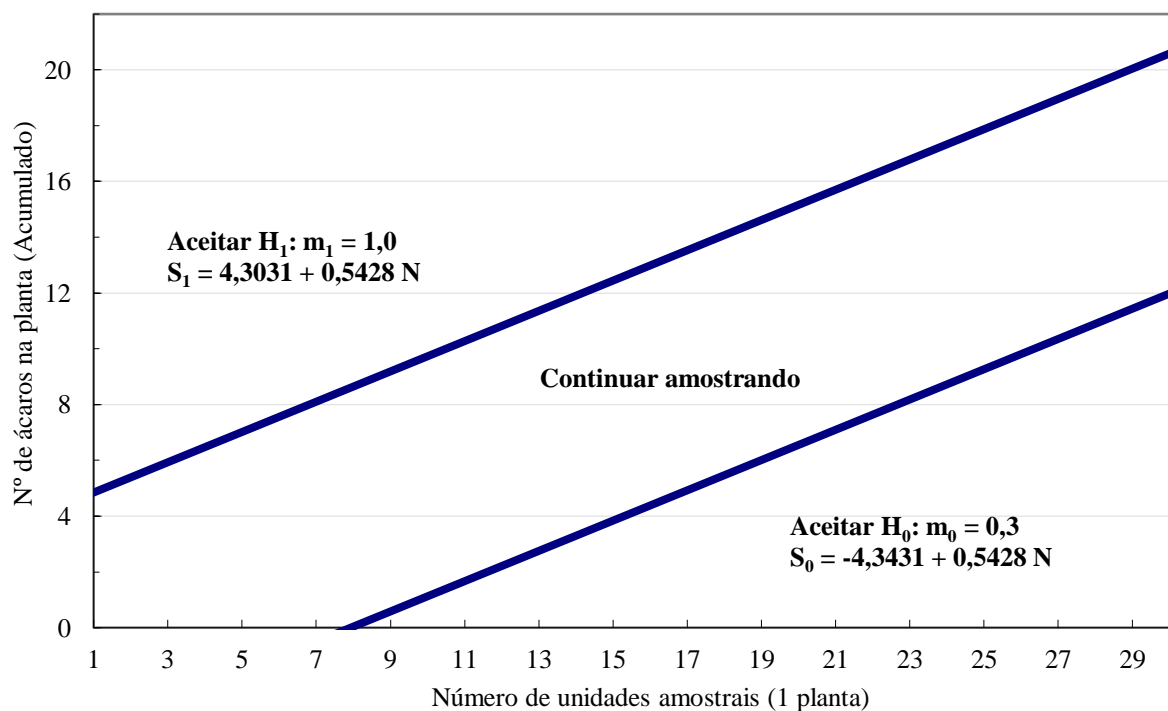


sistema em monocultivo foi 0,3997 enquanto em sistema de consórcio foi de 0,2431. Como erros de probabilidade do tipo I e II, adotou-se o valor de 0,10 para  $\alpha$  e  $\beta$ .

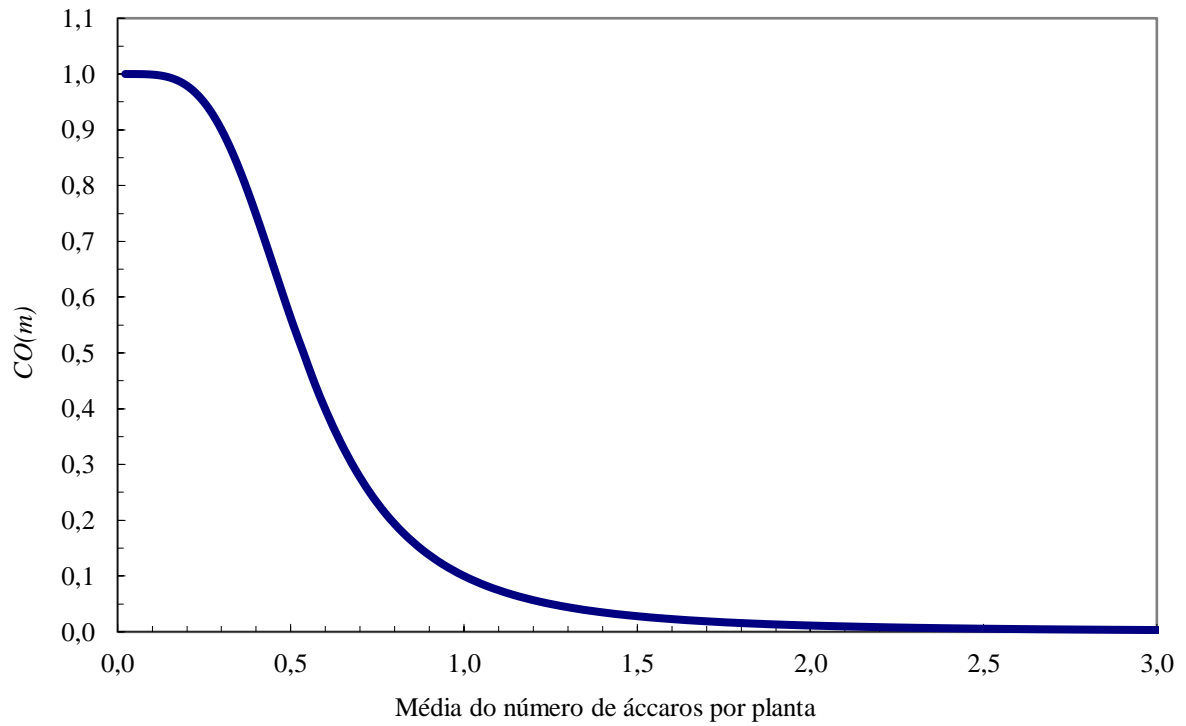
A probabilidade de se tomar uma decisão correta para um determinado para número de ácaros na planta (APL nos dois sistemas de cultivo) é indicada pela Curva Característica de Operação  $CO(m)$ . Para APL os dois sistemas de cultivo de citros, pode-se observar que quando a média de ácaros por planta for de 0,3 (zero vírgula três), o teste possui 95% de probabilidade de aceitar  $H_0$ , não recomendando o controle, e quando a média mensal for de 1 ácaros por planta, a probabilidade de aceitar  $H_0$  é de aproximadamente 10%, isto é, a probabilidade de se recomendar o controle é de 90% (Figura 3.2 e 3.5).

Observa-se nas figuras 3.3 e 3.6 o número esperado de plantas para o número médio da variável APL nos dois sistemas de cultivo, para a tomada de decisão sobre a aceitação ou rejeição de  $H_0$ . Nela, pode-se observar que para uma captura média 0,3 ácaros por planta, o tamanho esperado da amostra é de aproximadamente 20 plantas, por outro lado para a captura média de 1 ácaro por planta, o tamanho esperado da amostra é de 10 plantas. O tamanho máximo esperado é de 21 plantas com captura média de 0,4 ácaros por planta.

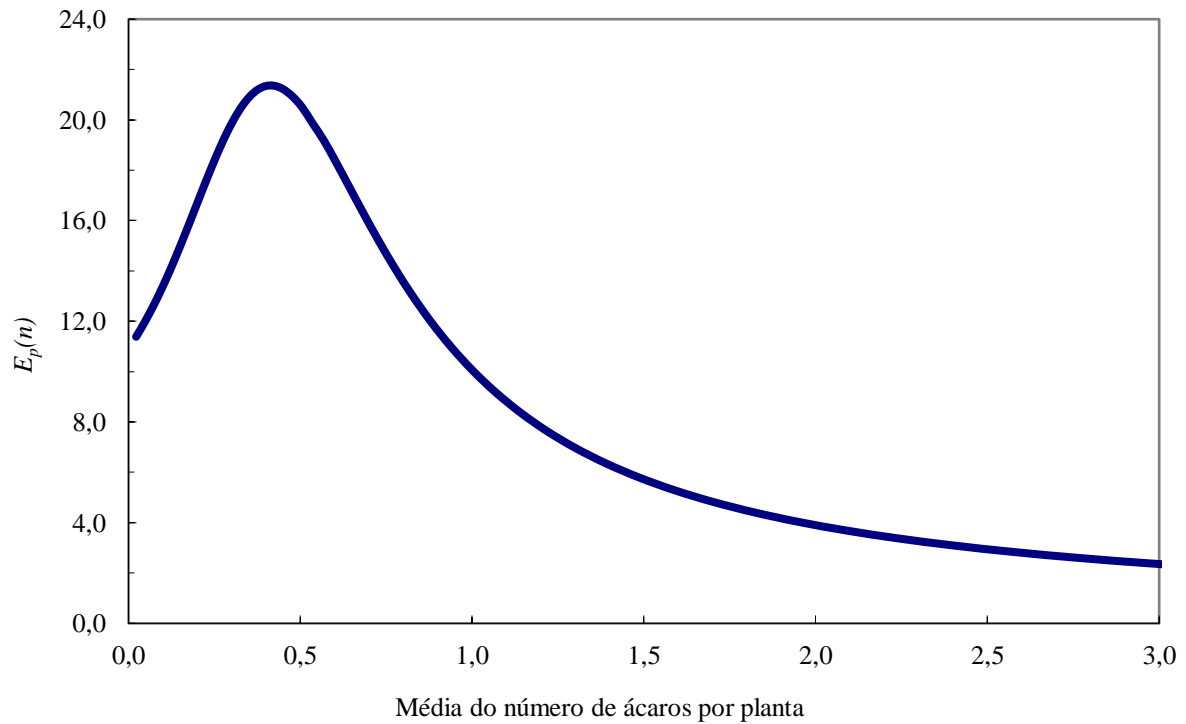
**Figura 3.1** - Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros por planta (APL) em sistema de monocultivo de citros, com base na distribuição binomial negativa.



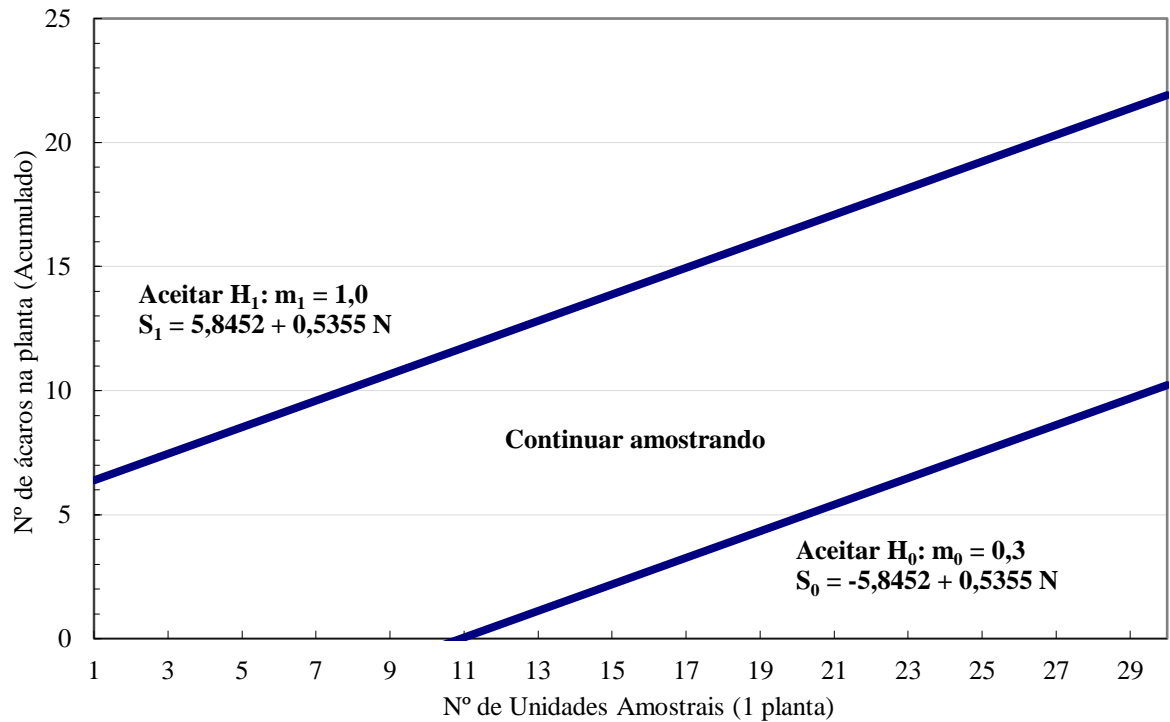
**Figura 3.2** - Curva Característica de Operação  $CO(m)$  do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros por planta (APL) em sistema de monocultivo de citros.



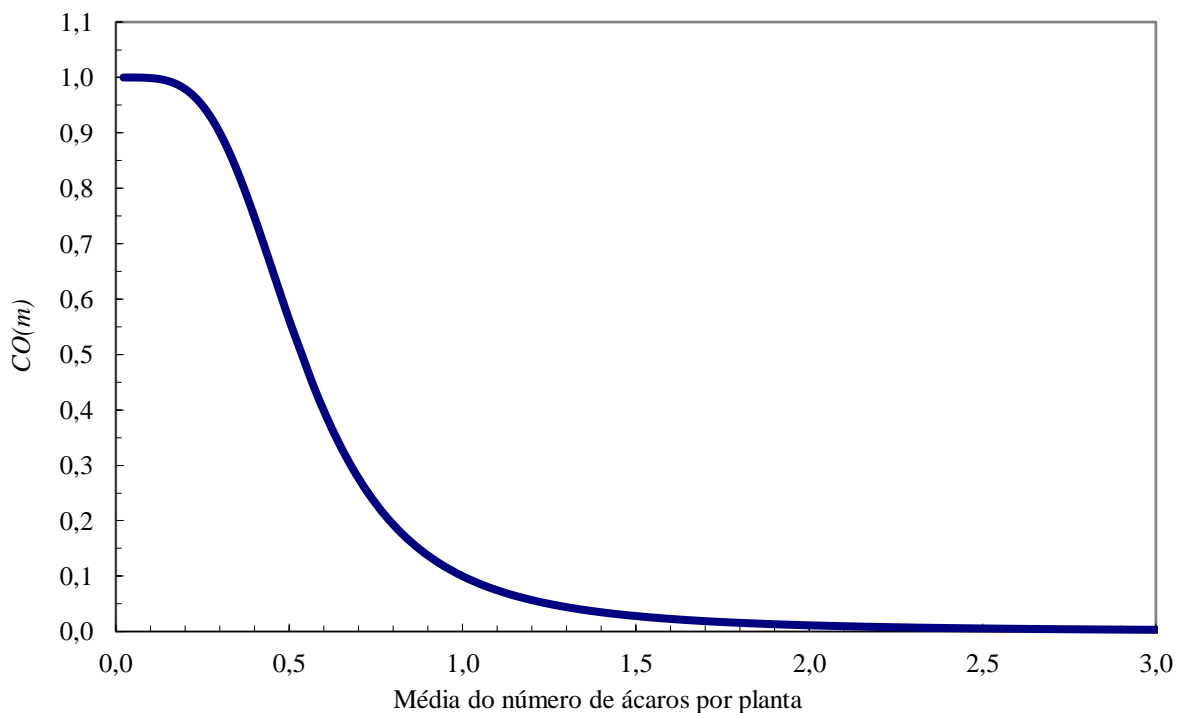
**Figura 3.3** - Curva do tamanho esperado de amostras  $E_p(N)$  do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros por planta (APL) em sistema de monocultivo de citros.



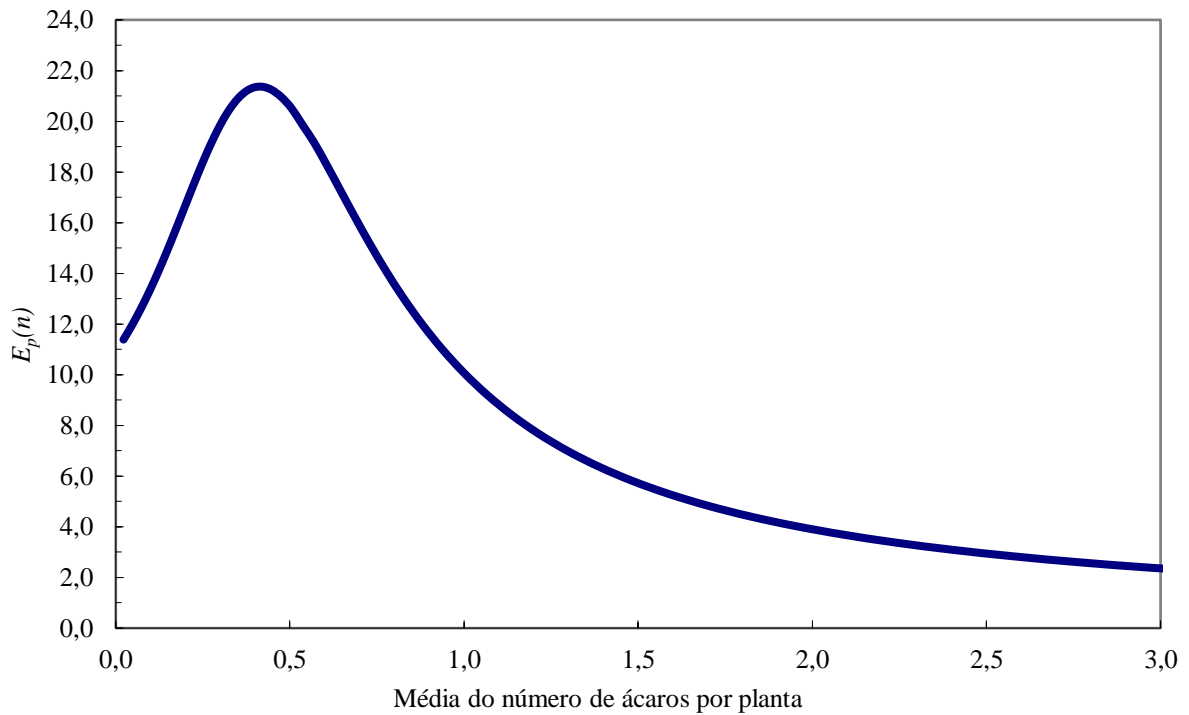
**Figura 3.4** - Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros por planta (APL) em sistema consorciado de citros com teca, com base na distribuição binomial negativa.



**Figura 3.5** - Curva Característica de Operação  $CO(m)$  do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros por planta (APL) em sistema consorciado de citros com teca.



**Figura 3.6** - Curva do tamanho esperado de amostras  $E_p(n)$  do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros por planta (APL) em sistema consorciado de citros com teca.



### 3.3.5.2 Plano de amostragem sequencial para número de ácaros em seis ramos em sistema de monocultivo

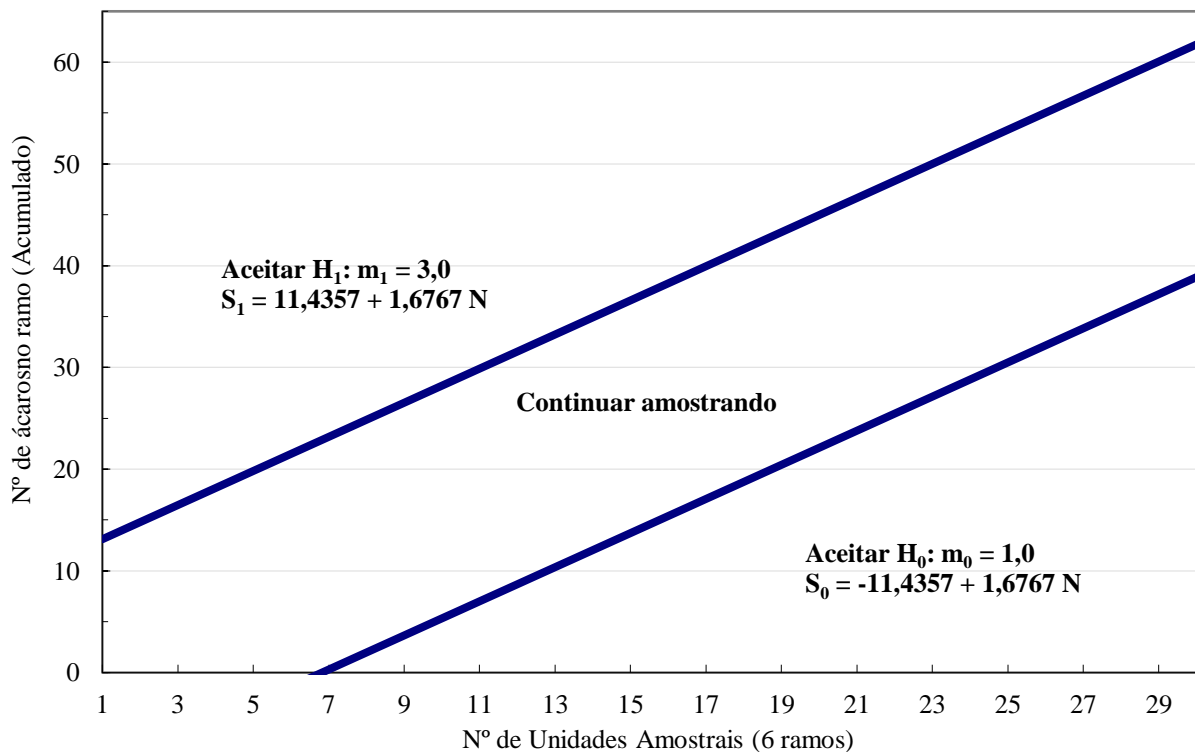
Na linha de decisão para A6RA em sistema de monocultivo e consorciado (Figuras 3.7 e 3.10) utilizou-se como nível de controle ( $m_1$ ) 3 ácaros em seis ramos e como nível de segurança ( $m_0$ ) 1 (zero vírgula três) ácaro em seis ramos. Dessa forma, as hipóteses analisadas foram:  $H_0: m_0 = 1$  versus  $H_1: m_1 = 3$ , onde rejeita-se  $H_0$ , isto é, inicia-se com o controle do ácaro, se o número de ácaros em seis ramos se situar acima da reta superior, e não rejeita-se  $H_0$ , isto é, não controla-se a praga, se o número de ácaros estiver inferior a reta. Os valores de  $k_c$  utilizado para A6RA no sistema em monocultivo foi 0,3554 enquanto em sistema de consórcio foi de 0,1662. Como erros de probabilidade do tipo I e II, também adotou-se o valor de 0,10 para  $\alpha$  e  $\beta$ .

A probabilidade de se tomar uma decisão correta para um determinado para número de ácaros em seis ramos (A6RA nos dois sistemas de cultivo) também é indicada pela Curva Característica de Operação  $CO(m)$ . Para A6RA os dois sistemas de cultivo de citros, pode-se observar que quando a média de ácaros por planta for de 1 (um), o teste possui 90% de probabilidade de aceitar  $H_0$ , não recomendando o controle, e quando a média mensal for de 3

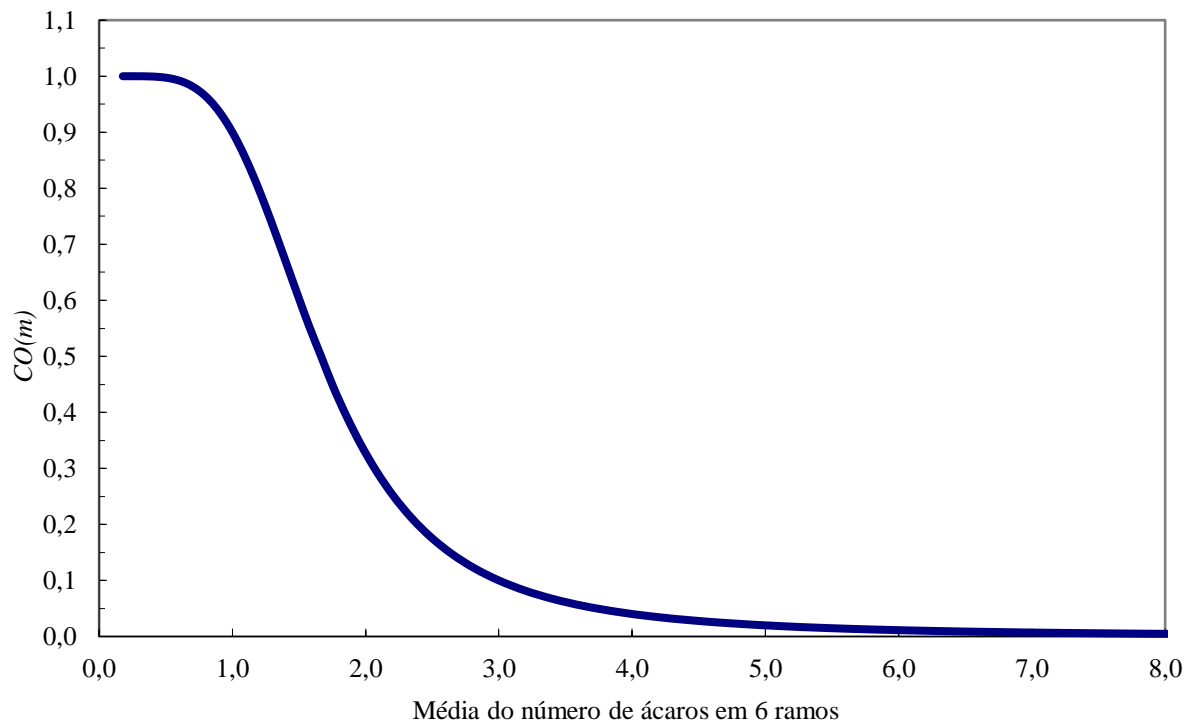
ácaros por planta, a probabilidade de aceitar  $H_0$  é de aproximadamente 10%, isto é, a probabilidade de se recomendar o controle é de 90% (Figura 3.8 e 3.11).

Também é observado nas figuras 3.9 e 3.12 o número esperado de unidade amostrais para o número médio da variável A6RA nos dois sistemas de cultivo, para a tomada de decisão sobre a aceitação ou rejeição de  $H_0$ . Nela, pode-se observar que para uma captura média 1 ácaros por seis ramos, o tamanho esperado da amostra é de aproximadamente 26 unidades amostrais, por outro lado para a captura média de 3 ácaro por seis ramos, o tamanho esperado da amostra é de 13 unidades amostrais. O tamanho máximo esperado é de aproximadamente 28 unidades amostrais com captura média de 1,3 ácaros em seis ramos.

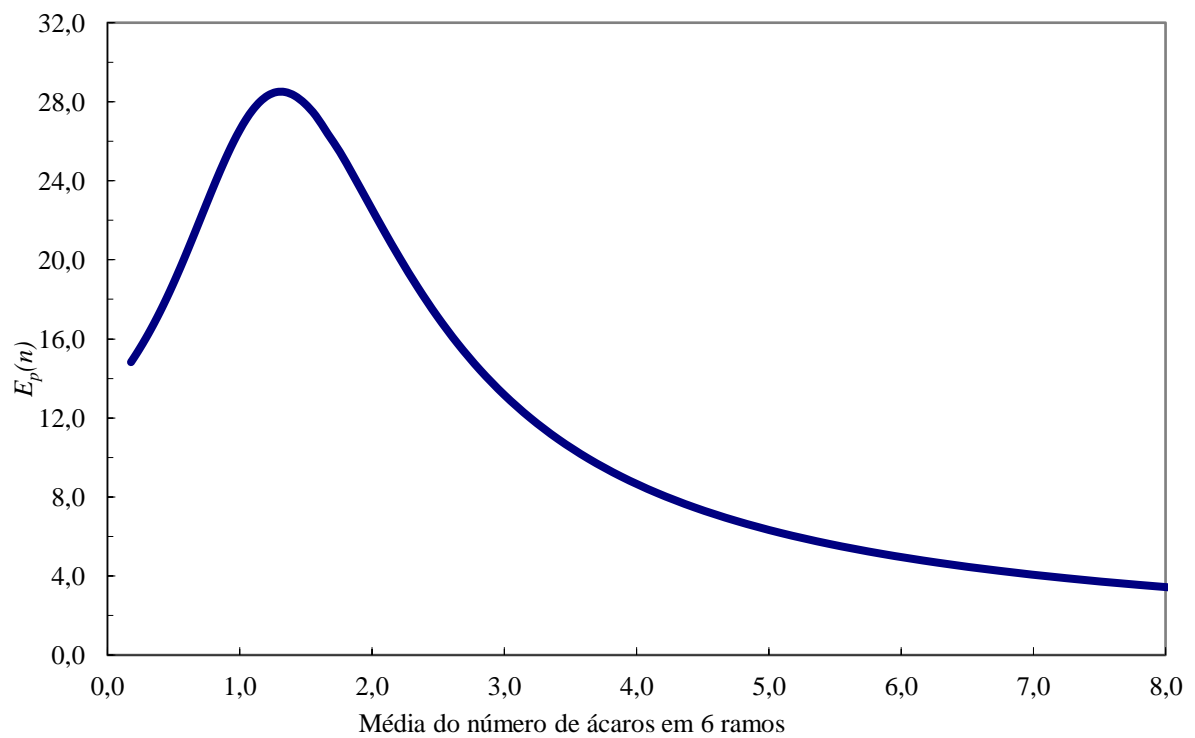
**Figura 3.7** - Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros em seis ramos (A6RA) em sistema de monocultivo de citros, com base na distribuição binomial negativa.



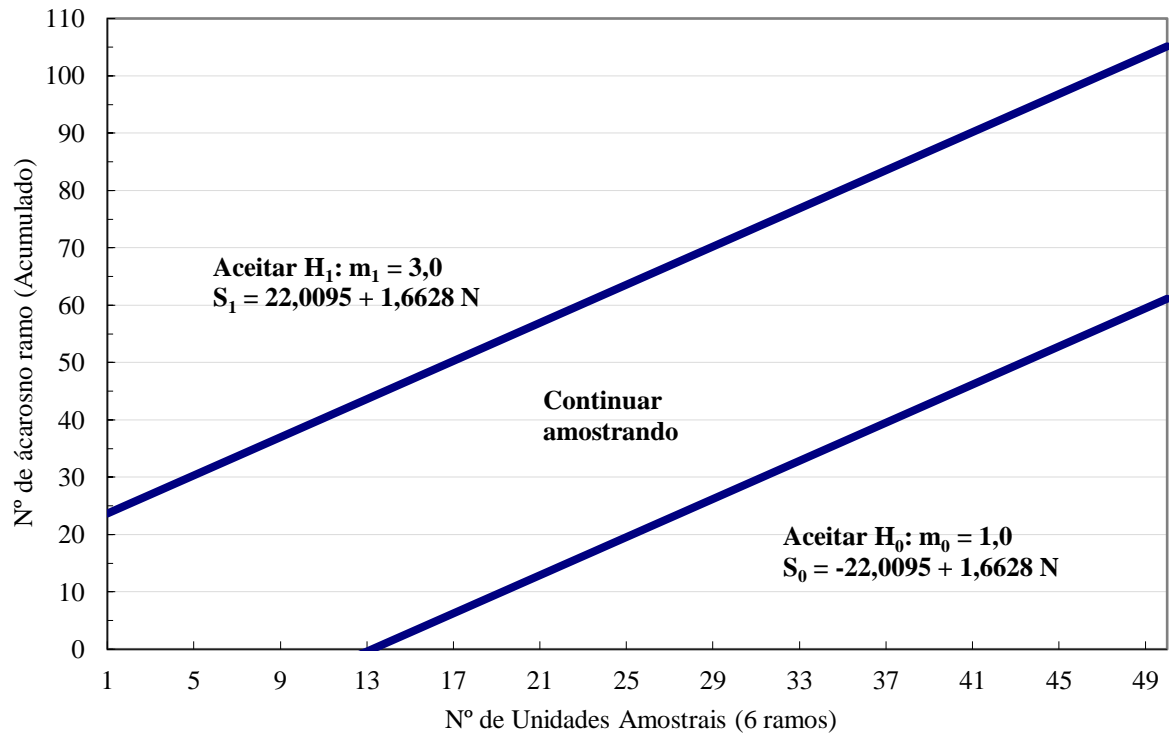
**Figura 3.8** - Curva Característica de Operação  $CO(m)$  do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros em seis ramos (A6RA) em sistema de monocultivo de citros.



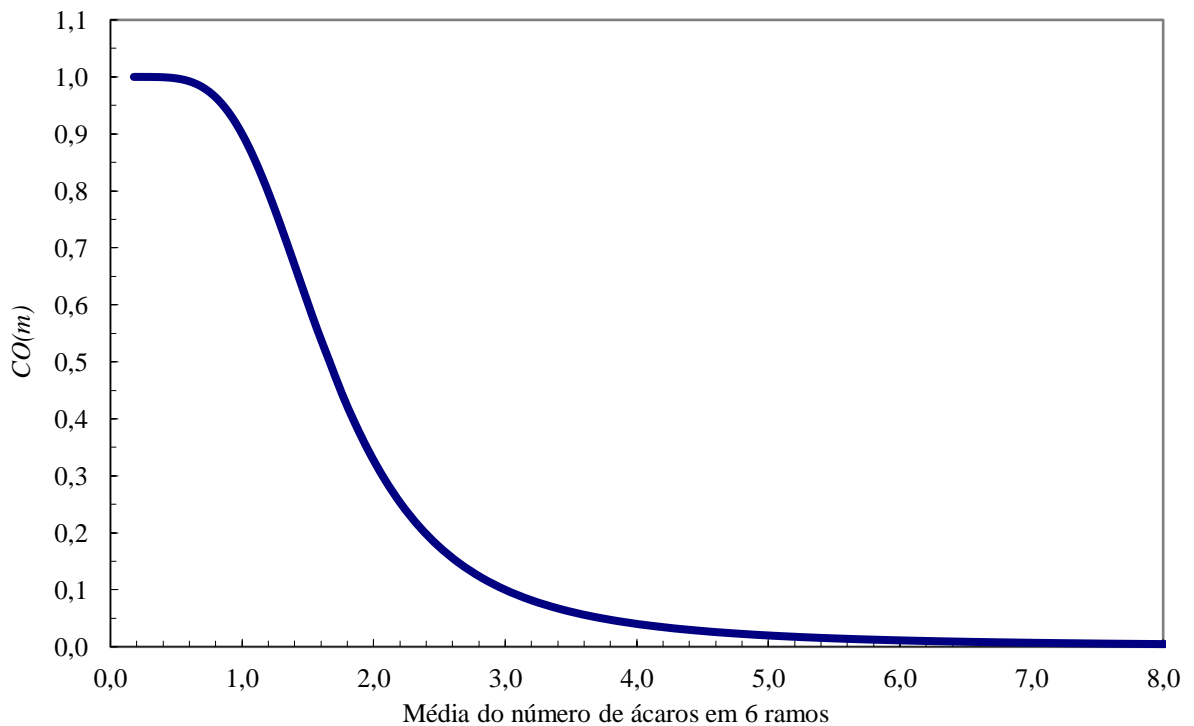
**Figura 3.9** - Curva do tamanho esperado de amostras  $E_p(n)$  do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros em seis ramos (A6RA) em sistema de monocultivo de citros.



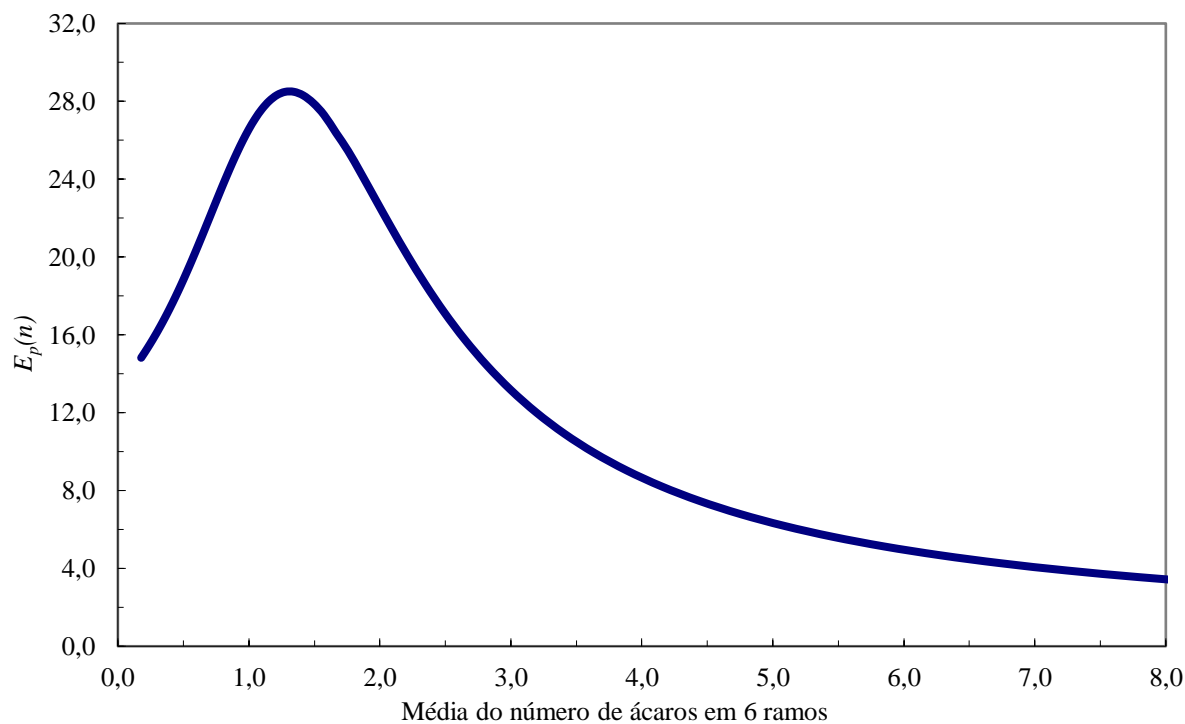
**Figura 3.10** - Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros em seis ramos (A6RA) em sistema consorciado de citros com teca, com base na distribuição binomial negativa.



**Figura 3.11** - Curva Característica de Operação  $CO(m)$  do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros em seis ramos (A6RA) em sistema consorciado de citros com teca.



**Figura 3.12** - Curva do tamanho esperado de amostras  $E_p(n)$  do plano de amostragem sequencial para o número de ácaros em seis ramos (A6RA) em sistema consorciado de citros com teca.



### 3.4 Conclusões

1. O ácaro da leprose dos citros apresentou distribuição espacial agregada nos dois sistemas de cultivo de citros (monocultivo e consorciado com teca) para todas as variáveis avaliadas.
2. O modelo de distribuição espacial que melhor se ajustou aos dados foi o da Distribuição Binomial Negativa confirmando a distribuição agregada.
3. Para o número de ácaros por planta o número máximo esperado de unidades amostrais, para tomada de decisão, é de 21 ácaros nos dois sistemas de cultivo, enquanto que para o número de ácaros em seis ramos esse valor é de 28 ácaros.

### REFERÊNCIAS

ANSCOMBE, F. J. Wiley International Biometric Society. **International Biometric Society**, v. 5, n. 2, p. 165–173, 1949.

BARBOSA, J. C. A amostragem seqüencial. In: O.A. FERNANDES, A. C. (Ed.). **Manejo integrado de pragas e nematóides**. FUNEP, 1992. p. 253.

BASTIANEL, M. et al. Citrus leprosis: centennial of an unusual mite–virus pathosystem. **Plant Disease**, v. 94, n. 3, p. 284–292, mar. 2010.



BLISS, C. I.; FISHER, R. A. Fitting the Negative Binomial Distribution to Biological Data. **Biometrics**, v. 9, n. 2, p. 176, jun. 1953.

BLISS, C. I.; OWEN, A. R. G. Negative Binomial Distributions with a Common  $k$ . **Biometrika**, v. 45, n. 1/2, p. 37, jun. 1958.

CÁCERES, S. et al. Present status of citrus leprosis in Argentina and Paraguay. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 4, p. 282–294, 2013.

CHIAVEGATO, L. G. Biology of the acarus *Brevipalpus phoenicis* in citrus. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 21, n. 8, p. 813–816, 1986.

COLARICCIO, A. et al. Mechanical transmission and ultrastructural aspects of citrus leprosis disease. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 208–213, 1995.

COSTA, M. G. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de ninfas e adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) na cultura de citros**. 2009. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticaba, 2009.

ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates**. 2. ed. ed. Ambleside, England: Freshwater Biological Association, 1979. 157p.

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C. Amostragem seqüencial com base na lei de Taylor para levantamento de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 395–399, 2001.

FERNANDES, O. A.; CORREIA, A.; BASSANEZI, R. B. Leprose dos citros: foco no controle do ácaro vetor. **Revista Visão Agrícola**, n. 2, p. 24–29, 2004.

GILES, K. L. et al. Development of validation of a binomial sequential sampling plan for greenbug (Homoptera: Aphididae) infesting winter wheat in the southern plains. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 5, p. 1522–1530, 2000.

GRAVENA, S. **Manual prático: Manejo ecológico de pragas dos citros**. Jaboticabal - SP: Gravena LTDA, 2005. 372p.

GREEN, R. H. Measurement of non-randomness in spatial distributions. **Researches on Population Ecology**, v. 8, n. 1, p. 1–7, jun. 1966.

JOHNSON, R. A.; KOTZ, S. **Discrete distributions**. Boston: Houghton Mifflin, 1969. 328p.

KITAJIMA, E. W. et al. Microscopia eletrônica de tecidos foliares de laranjeiras infectadas pela lepra explosiva da Argentina. **Fitopatologia**, v. 9, p. 55–56, 1974.

KOPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

MALDONADO JR, W. et al. Spatial distribution and sequential sampling of *Brevipalpus*

- phoenicis* in citrus. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, p. 1–9, 2016.
- MARCELINO, M. C. S. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de *Triozoida limbata* (Hemiptera: Triozidae) em goiabeira**. 2013. 91 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013.
- MINEIRO, J. L. DE C. et al. ***Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) sensu lato (Acari: Tenuipalpidae) no Brasil**. São Paulo: Instituto Biológico – APTA, 2017. p. 1-21 (Instituto Biológico-APTA. Documento Técnico, 31. 2017. 21p., 2017.
- MORISITA, M. I  $\sigma$ -Index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on Population Ecology**, v. 4, n. 1, p. 1–7, dez. 1962.
- NEYMAN, J. On a New Class of “Contagious” Distributions, Applicable in Entomology and Bacteriology. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 10, n. 1, p. 35–57, mar. 1939.
- OLIVEIRA, C. A. L. Flutuação populacional e medidas de controle do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. **Laranja**, v. 7, n. 1, p. 1–31, 1986.
- OLIVEIRA, C. A. L.; DONALDIO, L. C. **Leprose dos citros**. Jaboticabal - SP: FUNEP, 1995. 219p.
- OLIVEIRA, F. J. DE et al. Spatial distribution of citrus leprosis in the Eastern Amazon. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 56–68, 2016.
- RABINOVICH, J. E. **Introducción a la ecología de poblaciones animales**. México: Com. Ed. Continental, 1980. 313p.
- SOUTHWOOD, R. **Ecological Methods, With Particular Reference to the Study of Insect Populations**. Springer Netherlands, 1978. 548p.
- TAYLOR, L. R. Aggregation, Variance and the Mean. **Nature**, v. 189, n. 4766, p. 732–735, 4 mar. 1961.
- WALD, A. Sequential Tests of Statistical Hypotheses. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 16, n. 2, p. 117–186, jun. 1945.
- WALD, A. **Sequential analysis**. New York: John Willey & Sons, 1947. 212p.
- YAMAMOTO, P. T. et al. Safra ameaçada. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, v. 30, n. 2, p. 8–12, 2005.
- YOUNG, L. J.; YOUNG, J. H. **Statistical Ecology: a population perspective**. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 1998. 565p.

## **CONCLUSÃO GERAL**

Conclui-se que para os métodos estudados, a leprose dos citros e seu vetor, apresentam distribuição espacial agregada independentemente do sistema de cultivo de citros avaliado. Com a utilização da geoestatística, a dependência espacial do ácaro da leprose dos citros variou de 15 a 80 metros em sistema de monocultivo e de 28 a 44 metros em sistema consorciado com teca, enquanto que para leprose dos citros a dependência espacial foi de 25 a 75 metros em monocultivo e 20 a 40 metros em sistema consorciado. Para o plano de amostragem sequencial conclui-se que o modelo de distribuição espacial que melhor representou os dados foi o da Distribuição Binomial Negativa e que o número de ácaros por planta o número máximo esperado de unidades amostrais, para tomada de decisão, é de 21 ácaros por planta nos dois sistemas de cultivo, enquanto que para o número de ácaros em seis ramos esse valor é de 28 ácaros em seis ramos.

Esses valores gerados por ambos os métodos são fundamentais para o manejo integrado do ácaro da leprose e da leprose dos citros, que pode ajudar na minimização dos custos de produção de citros na região.