

Distribuição espacial da leprose dos citros na Amazônia Oriental¹

Spatial distribution of citrus leprosis in the Eastern Amazon

Fábio Júnior de Oliveira^{2*}, Paulo Roberto Silva Farias³, Anderson Gonçalves da Silva⁴, Karjoene Cassimiro Vilar Rodrigues² e Francisca das Chagas Bezerra de Araújo²

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial da leprose dos citros em dois pomares na região citrícola do Nordeste Paraense/Amazônia Oriental. Realizaram-se avaliações com intervalo mensal no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012, verificando-se plantas com sintomas característicos da leprose dos citros, anotando-se 1 para presença e 0 para ausência. Foi aplicada a geoestatística para a análise espacial da doença, modelagem dos semivariogramas e confecção dos mapas de krigagem. O modelo que melhor se ajustou à distribuição espacial da doença foi o esférico, pois apresentou maior valor do coeficiente de determinação, com variação no alcance de 18 a 29 m na área A, e de 9 a 30 m na área B. O Índice de Dependência Espacial (IDE) apresentou-se moderado para todas as avaliações da área A, ficando no intervalo de 0,25 a 0,75, e na área B com exceção dos meses de dezembro de 2011, junho e setembro de 2012, que apresentaram o IDE moderado, todos apresentaram o IDE fraco com valores abaixo de 0,25. A geoestatística mostrou-se uma ferramenta propícia para a avaliação da distribuição espacial do *Citrus leprosis virus* (CiLV).

Palavras-chave: CiLV. Semivariograma. Krigagem. Dependência espacial.

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the spatial distribution of citrus leprosis in two orchards in the Eastern state of Pará/ Eastern Amazon citrus region. Two evaluations were performed at monthly intervals between December, 2011 and November, 2012 checking plants with characteristic symptoms of citrus leprosis by recording 1 for presence and 0 for absence. To analyze the disease spatial distribution in the plots, geostatistics was used for semivariogram modeling, and elaboration of kriging maps. The model that better adjusted to the disease spatial distribution was the spherical, the one with the highest coefficient of determination with variations ranging from 18 to 19 meters in area A and 9 to 30 m in area B. The Spatial Dependence Index (SDI) was moderate for all area A evaluations with interval ranging from 0.25 to 0.75, while in area B, except for the months of December 2011, June and September 2012 with a moderate SDI, all the others showed a weak SDI with values below 0.25. Geostatistical analysis has shown itself to be an ideal tool to evaluate Citrus leprosis virus (CiLV) spatial distribution.

Key words: CiLV. Semivariogram. Kriging. Spatial dependence.

DOI: 10.5935/1806-6690.20160007

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 12/12/2013; aprovado em 12/10/2015

Parte da Dissertação do primeiro autor, apresentado ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia

²Programa de Pós-graduação em Agronomia/UFRA, Belém-PA, Brasil, 66.077-830, fabio.oliveira@ufra.edu.br, karjoene@yahoo.com.br, francagas13@gmail.com

³Instituto de Ciências Agrárias/UFRA, Belém-PA, 66.077-830, paulo.farias@ufra.edu.br

⁴Campus de Paragominas/UFRA, Paragominas-PA, Brasil, agroanderson.silva@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A leprose dos citros (*Citrus leprosis virus* - CiLV) tem sido considerada economicamente um dos mais importantes problemas fitossanitários dos pomares citrícolas no Brasil na última década (ANDRADE *et al.*, 2012; BASTIANEL *et al.*, 2006; BASTIANEL *et al.*, 2010). As lesões causadas pelo vírus podem ocasionar queda prematura dos frutos, folhas e a morte de ramos e brotações (RODRIGUES *et al.*, 2003). Sua disseminação no pomar é facilitada pela presença do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae), conhecido como ácaro da leprose dos citros ou ácaro plano (RODRIGUES *et al.*, 2008).

Segundo Bastianel *et al.* (2010), a leprose dos citros ocorre em 22 Estados brasileiros, onde há o cultivo dessa cultura, com maior importância econômica para o Estado de São Paulo que é responsável por cerca de 80% da produção nacional de laranja. No Estado do Pará, a doença foi confirmada no município de Capitão Poço, através da RT-PCR (Reverse transcription polymerase chain reaction) e TEM (transmission electron microscop) (BOARI *et al.*, 2007).

Os sintomas da leprose dos citros são caracterizados pelo aparecimento de lesões cloróticas e/ou necróticas, lisas ou salientes, circulares ou alongadas quando próximas às nervuras foliares (LOCALI; FREITAS-ASTÚA; MACHADO, 2004; MARQUES *et al.*, 2007). Os ramos podem secar drasticamente, comprometendo a produção de frutos e levando plantas jovens mais susceptíveis à morte (LOCALI *et al.*, 2003).

Devido à importância do controle dessa doença para a citricultura brasileira, muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos nos últimos anos enfatizando medidas de controle do ácaro vetor e da doença (AMORIM *et al.*, 2006; SILVA; SATO; OLIVEIRA, 2012). Segundo Gyenge, Trumper e Edelstein (1999), para a escolha do melhor critério para o controle de uma praga é necessário o conhecimento da distribuição espacial da população. A geoestatística é uma ferramenta que tem sido, nos últimos anos, bastante aplicada para modelar o padrão espaço-temporal e formular hipóteses a respeito do aspecto epidemiológico de doenças de plantas (CHAREST *et al.*, 2002; FARIAS *et al.*, 2008).

Contudo, há necessidade de estudos voltados à avaliação da distribuição espacial da doença com a utilização de recursos da geoestatística que levam em consideração a localização da amostra no espaço.

Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar o progresso espacial da leprose dos citros, usando a geoestatística para caracterizar a distribuição espacial da doença em dois pomares comerciais de laranja doce,

variedade “Pêra Rio”, no município de Capitão Poço, PA, na Amazônia Oriental.

MATERIAL E MÉTODOS

Identificação da área de estudo e amostragem

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 1). O clima é classificado como Ami (Clima de monção), segundo Köppen (1948), com precipitação total anual média maior que 1500 mm (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% e temperatura média anual de aproximadamente 25 °C.

Foram realizadas inspeções a campo, com auxílio da Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará (ADEPARÁ), em pomares de laranja no município de Capitão Poço, os quais já haviam apresentado um histórico da doença, nos períodos que compreendem os meses de novembro e dezembro de 2011, com o objetivo de identificar áreas com sintomas característicos de plantas infectadas pelo CiLV para determinação das áreas de estudos.

Em seguida, foram selecionadas duas áreas para desenvolvimento do trabalho; a primeira com 1.586 plantas com 20 anos de idade, plantada com espaçamento 4x10m (Figura 2A), dispostas em 26 fileiras com 61 plantas cada, com uma densidade de plantio 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 a segunda área com 3.279 plantas com 10 anos de idade, plantadas com espaçamento de 4x7m (Figura 2B), disposta em 50 fileiras com número de plantas em cada fileira que varia de 63 a 70, com uma densidade de plantio 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.

As áreas experimentais receberam todos os tratamentos culturais como adubações, roçagens com roçadeiras mecânicas, colheita de frutos, podas e eliminação de algumas plantas que apresentavam sintomas. Não foi utilizado nenhum tipo de agrotóxico nas áreas dos talhões em estudo no período das avaliações, de modo a não afetar a população do vetor da doença, e assim a disseminação da doença ocorrer de forma natural.

Figura 1 - Mapa de localização das áreas em estudo no município de Capitão Poço, PA

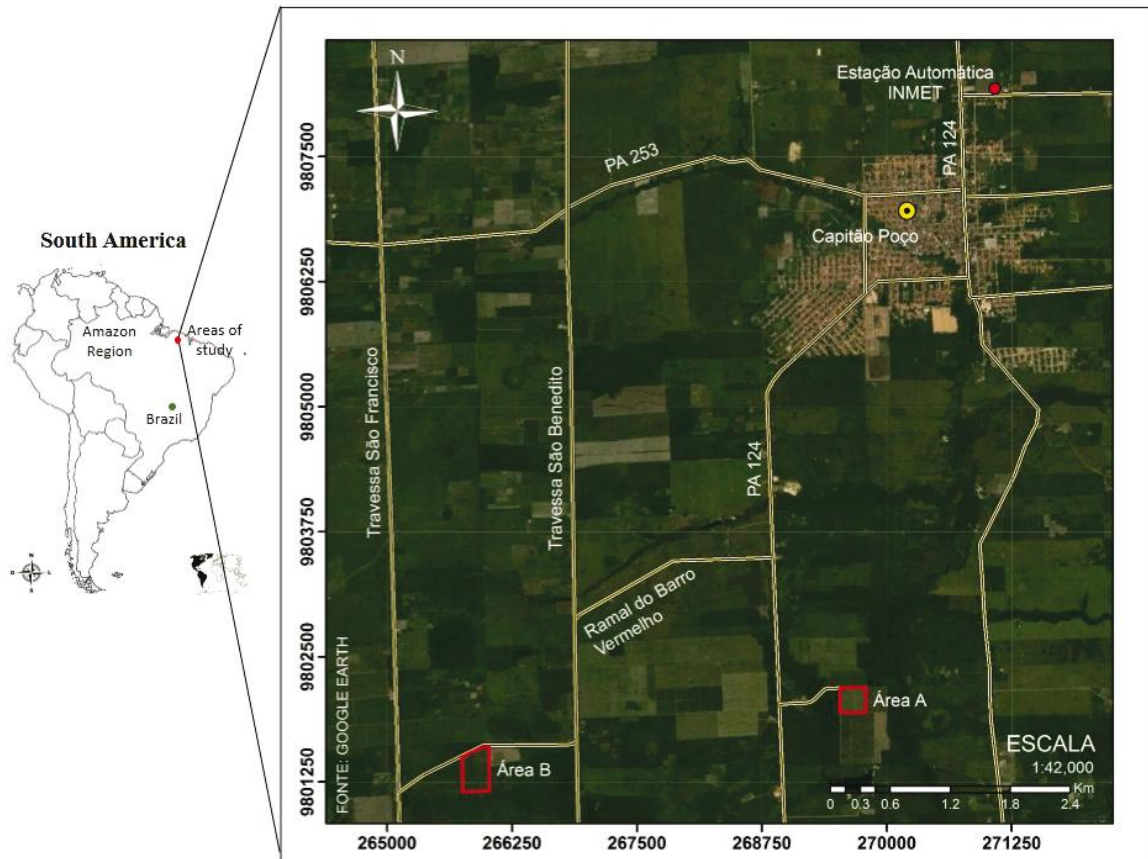
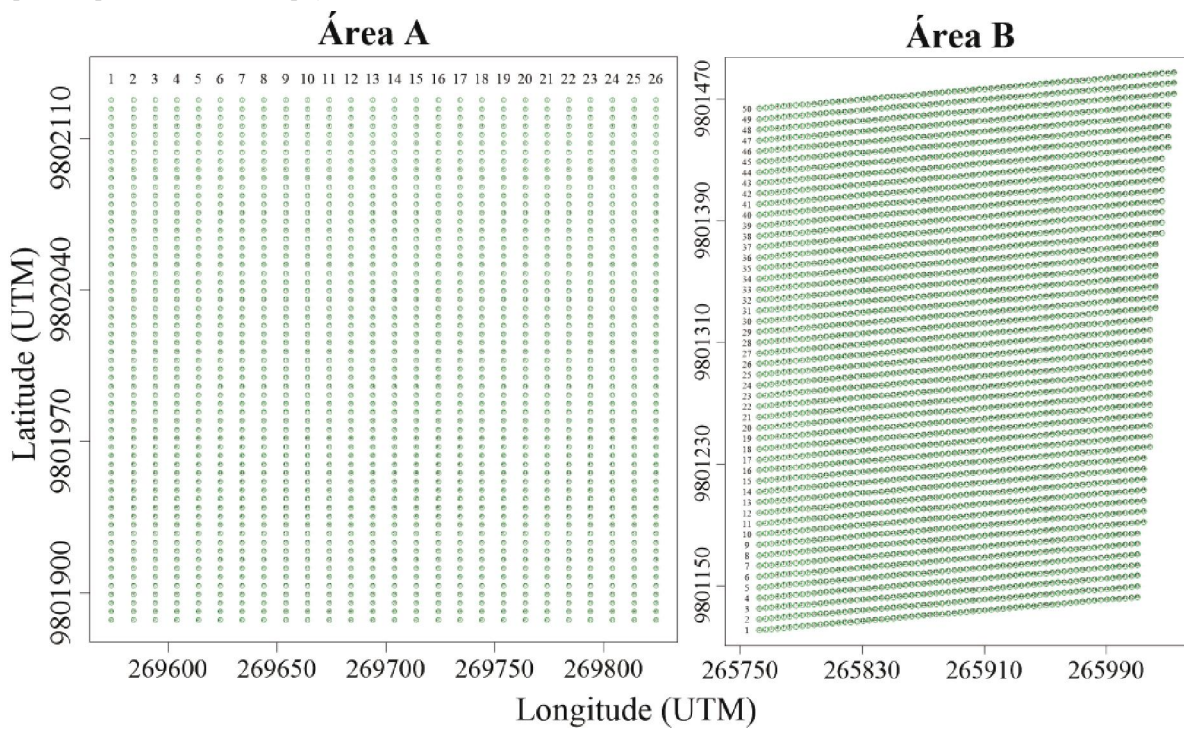


Figura 2 - Mapa de localização das plantas: A (Área A) com 1.586 plantas (plântio em 1992) e espaçamento 10x4 m e B (Área B) com 3.279 plantas (plântio em 2002), espaçadas de 7x4 m



Para determinar o número de plantas com leprose dos citros foram realizadas avaliações em intervalos aproximados de um mês, avaliando-se plantas com sintomas característicos da doença em todas as plantas em cada área, anotando-se 1 (um) para presença e 0 (zero) para ausência da doença em frutos, folhas e ramos. As amostragens foram realizadas durante o período de dezembro de 2011 a novembro de 2012, totalizando 12 avaliações.

Os dados de precipitação e temperatura foram obtidos a partir da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET do município de Capitão Poço/PA, durante o período de avaliação do trabalho. A estação está localizada no campus da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, neste município, distantes da área A e da área B, 6,31 e 8,56 km, respectivamente.

Diagnose do CiLV

Com o objetivo de confirmar a presença do agente etiológico da leprose nas duas áreas, tecidos sintomáticos de frutos e folhas foram coletados, e realizadas as análises no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Amazônia Oriental. O RNA total foi extraído de 100 mg de tecidos frescos saudáveis e sintomáticos de 13 amostra de folhas e frutos de citros, conforme descrito por Gibbs e Mackenzie (1997). A confirmação da presença do vírus no tecido vegetal baseou-se na transcrição reversa, seguida de reação em cadeia da polimerase (RT-PCR) para detecção do vírus da leprose dos citros (CiLV), utilizando-se iniciadores específicos, desenvolvidos por Locali *et al.* (2003). Os resultados da PCR foram visualizados em gel de agarose (1%).

Geoestatística

Para análise da distribuição espacial da doença utilizou-se a geoestatística, a partir da modelagem de semivariograma e confecção de mapas de krigagem (VIEIRA *et al.*, 1983). Para esse procedimento, utilizou-se as informações da posição de cada amostra e os referidos valores (1 ou 0), 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 possibilitou o cálculo da distância entre elas, nesse caso, coordenadas UTM. O semivariograma pode ser estimado pela equação 1:

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

Em que $y^*(h)$ é a semivariância estimada a partir de uma distância h , $N(h)$ é o número total de pares de

observações [$Z(x_i) - Z(x_i + h)$], que são separados por uma distância h . A semivariância é $y^*(h)$ que resulta no gráfico determinado semivariograma e se dá em função de uma distância h . Os dados foram testados aos modelos de semivariogramas experimentais com patamar esférico, gaussiano e exponencial e ajustados conforme seu comportamento e, determinados de acordo com o coeficiente de determinação (R^2), selecionando-se aqueles que apresentaram maiores valores. Em termos gerais, o modelo esférico é o que melhor representa a distribuição de doenças de plantas, podendo ser descrito pela equação 2:

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

$$y^*(h) = C_o + C_1, h \geq a \text{ (estabilização)}.$$

Em que, C_o é o efeito pepita, ou seja, a variabilidade nos pontos mais próximos, menores que os observados na amostragem; C_1 é o patamar que é o ponto de estabilização do semivariograma e é aproximadamente igual a variância dos dados. Esse ponto de estabilização é denominado alcance (a) representando o raio, onde plantas que encontram-se dentro estão correlacionadas.

A partir dos ajustes, os parâmetros dos semivariogramas experimentais, foram calculados os Índices de Dependência Espacial (IDE), parâmetro k , que é a relação entre $C_1/(C_o+C_1)$, para determinação da dependência espacial de cada avaliação, e em seguida, classificados de acordo com os intervalos propostos por Zimback (2001), que considera dependência espacial fraca ($IDE < 0,25$), moderada ($0,25 \leq IDE \leq 0,75$) e forte ($IDE > 0,75$).

Para a elaboração do mapa de krigagem e avaliação do estudo, foi necessário lançar mão de algum interpolador (preditor) dentre os existentes na literatura (FARIAS *et al.*, 2002). Dentre esses, a krigagem é considerado um estimador ótimo por não ser tendencioso e apresentar variância mínima (DEUTSCH; JOURNAL, 1992). É dada pela equação 3:

$$Z^*(x_o) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (3)$$

Onde N é o número de valores medidos $Z(x_i)$ envolvidos na estimação, e λ_i são os pesos associados a cada valor medido.

Para elaboração e ajustes dos semivariogramas e também a confecção dos mapas de superfície foi utilizado o software Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os tecidos coletados apresentaram resultados positivos quanto à presença do agente etiológico, independentemente do tipo de tecido utilizado (Figura 3). Segundo Freitas-Astúa *et al.* (2003), é possível a utilização de qualquer parte da planta com sintomas para que seja detectada a doença através de RT-PCR.

Nas duas áreas em estudo, houve um aumento na incidência de plantas com sintomas nos três primeiros meses (dezembro/2011, janeiro e fevereiro/2012), representando, 0,4086, 0,5441 e 0,5713 para área

A e 0,0256; 0,0498 e 0,0714, para área B. Esse comportamento inicial pode ser explicado pelo fato de que já existia uma grande quantidade de plantas sintomáticas nas duas áreas logo na primeira avaliação, e essas, serviram como fonte de inóculo para outras plantas, sendo que nesses meses foram observados sintomas principalmente em folhas e ramos.

Nos meses de março/2012 a maio/2012, observou-se uma queda acentuada no número de plantas sintomáticas, sendo 0,3108, 0,3115 e 0,3178 para a área A e 0,0491, 0,0437 e 0,0226 para a área B. Nos meses antecedentes a essa avaliação, houve elevado índice de precipitação (Tabela 1), o que pode ter causado a queda

Figura 3 - Eletroforese em gel de agarose, de uma região próxima de 339pb do gene da proteína de movimento do CiLV, via RT-PCR, utilizando primers específicos (Rep). M = Marcador molecular 1Kb; A= água (controle negativo); L1 a L13 = amostras de laranja 'Pêra Rio' sintomáticas; C- = Controle negativo (amostras de laranja 'Pêra Rio' assintomáticas para leprose)

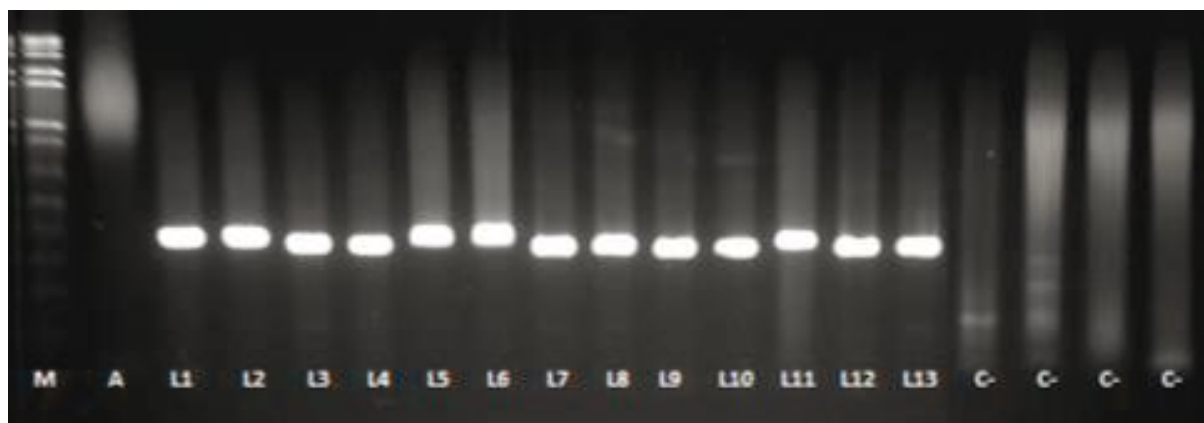


Tabela 1 - Número de plantas sintomáticas de leprose dos citros (NPS) e variáveis climáticas observadas no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012 no município de Capitão Poço/PA

| Mês de amostragem | NPS | | Variáveis climáticas | |
|-------------------|--------|--------|----------------------|--------|
| | Área A | Área B | P (mm) | T (°C) |
| Dez/2011 | 648 | 84 | 23,0 | 25,50 |
| Jan/2012 | 863 | 163 | 137,4 | 26,28 |
| Fev/2012 | 906 | 234 | 303,2 | 25,01 |
| Mar/2012 | 493 | 161 | 256,8 | 24,92 |
| Abr/2012 | 494 | 143 | 225,0 | 25,44 |
| Mai/2012 | 504 | 74 | 190,0 | 25,37 |
| Jun/2012 | 445 | 179 | 166,00 | 25,17 |
| Jul/2012 | 605 | 167 | 142,80 | 25,27 |
| Ago/2012 | 802 | 226 | 64,80 | 25,39 |
| Set/2012 | 775 | 283 | 35,98 | 25,97 |
| Out/2012 | 723 | 150 | 16,20 | 26,53 |
| Nov/2012 | 492 | 192 | 38,80 | 27,11 |

P = Precipitação pluviométrica; T = Temperatura média

de folhas sintomáticas, acarretando a redução no número de plantas sintomáticas durante esses meses de avaliação, pois haviam plantas que apresentaram sintomas em poucas folhas, não sendo observadas outras partes lesionadas. Apesar dos resultados da análise de correlação não ter sido significativa (Tabela 2), sabe-se que o clima pode interferir no desenvolvimento do vetor, já que é um fator de regulação natural da densidade populacional desses ácaros (CZERMAINSKI *et al.*, 2007; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2005).

Tabela 2 - Coeficientes de correlação linear simples (r) entre o número de plantas sintomáticas de leprose dos citros (NPS) e temperaturas média mensal (°C) e precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm)

| Correlação | Coeficientes de Correlação (r) | |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | Área 1 | Área 2 |
| NPS x Precipitação pluviométrica | -0,1174 ^{ns} | -0,0471 ^{ns} |
| NPS x Temperatura média | 0,0906 ^{ns} | 0,0904 ^{ns} |

^{ns} não significativo (p ≥ 0,05)

Nos meses de junho/2012 a agosto/2012, meses em que houve redução considerável na precipitação, observou-se um aumento na incidência da doença na área A, que variou de 0,2806 a 0,5057. Na área B, esse aumento se prolongou até o mês de setembro/2012, e variou de 0,0546 a 0,0864. Nesses meses, os sintomas foram observados principalmente em frutos. Isso deve ao fato de que os ácaros vetores do vírus são mais facilmente encontrados sobre os frutos, embora possam infestar todas as partes da planta, por estes motivos os sintomas são mais observados nos frutos (CZERMAINSKI *et al.*, 2007; RODRIGUES *et al.*, 2003). Esse fato provavelmente pode ter influenciado nas avaliações posteriores, pois houve colheita dos frutos nos meses de setembro e outubro nas duas áreas, assim diminuído a presença dos sintomas da doença.

A dependência espacial do número de plantas com sintomas da leprose foi estudada por meio de semivariogramas e o modelo esférico foi o que melhor se ajustou aos dados, pois proporcionou o maior coeficiente de determinação para todas as avaliações (Figura 4; Figura 5). Os modelos obtidos neste trabalho permitiram concluir que é possível melhorar, significativamente, a profundidade e precisão da análise dos dados quando se aplica a geoestatística, que mostrou-se uma ferramenta propícia para avaliação da

leprose dos citros. Os parâmetros dos semivariogramas confeccionados para as áreas A e B podem ser observados na Tabela 3.

A leprose dos citros possui padrão agregado, ou seja, as plantas mais próximas das infectadas são mais propícias ao contágio da doença, o que indicaria que o movimento do vetor ocorre preferencialmente entre plantas dentro da linha de plantio, a curtas distâncias. Esse mesmo padrão já foi observado por Czermainski (2006) e Bassanezi e Laranjeira (2007).

Outros dados que corroboram com resultados obtidos são os de Franciscon *et al.* (2008), que mostraram que plantas infectadas na linha e entre linha tinham efeitos significativos nas plantas vizinhas.

Segundo Childers e Rodrigues (2011), determinar a distância e a dispersão do vetor é fundamental para fornecer informações valiosas para otimizar o manejo da praga, evitando a propagação desta doença precocemente, minimizando as perdas econômicas.

Vários trabalhos utilizaram a geoestatística para estudar a distribuição espacial de pragas em plantas de interesse econômico, como o trabalho realizado por Roberto, Farias e Bergamim Filho (2002), que ao estudar distribuição espacial da Clorose Variegada dos Citros, verificaram que a doença possui distribuição agregada no campo. Farias *et al.* (2008) estudando a distribuição espacial da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, encontraram raio de agregação que variou de 21 a 47 metros. Leal *et al.* (2010) avaliaram a distribuição espacial de Huanglongbing (greening) através da geoestatística e observaram que a doença apresentou raio de agregação de 300 a 560 metros, com distribuição agregada. Assim, a distribuição agregada é a que melhor se ajusta ao comportamento de doenças, pois essas se disseminam primeiramente de um foco de infestação ou uma fonte de inóculo.

Os mapas de krigagem mostram melhor a evolução da doença em campo (Figura 6; Figura 7). Nas primeiras avaliações observa-se um progresso da doença, formando reboleiras por todo o talhão, de forma aleatória, com raio de agregação máximo de 29m para área A no mês de março, apresentando redução no raio de agregação nos meses posteriores. O mesmo comportamento é observado na área B, onde o valor máximo do raio de agregação foi de 30 metros no mês de agosto. Bieras e Santos (2004) observaram que as maiores quantidades de ácaros foram encontradas em períodos de baixa precipitação, o que explica o rápido progresso inicial da doença na área estudada e a diminuição acentuada nos meses seguintes. O acúmulo de inóculo de ano para ano também contribuiu para o progresso acelerado da doença (CZERMAINSKI *et al.*, 2007).

Tabela 3 - Incidência da leprose dos citros, parâmetros do semivariograma ajustados aos modelos, coeficiente de determinação (R^2) e parâmetro k para análise geoestatística em dois pomares de laranja variedade “Pêra rio” (*Citrus sinensis*) nas áreas 1 e 2 no município de Capitão Poço, PA, no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012

| Mês de avaliação | Incidência da doença ^a | Parâmetros do semivariograma | | | Área de Alcance (m ²) ^b | R^2 | k ^c | Dependência Espacial |
|------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------|---------|--|--------|------------------|----------------------|
| | | C_0 | C_1 | a (m) | | | | |
| ÁREA I | | | | | | | | |
| Dez-2011 | 0,4086 | 0,155 | 0,083 | 26 | 2122,64 | 0,9549 | 0,3487 | Moderada |
| Jan-2012 | 0,5441 | 0,150 | 0,093 | 20 | 1256 | 0,9698 | 0,3827 | Moderada |
| Fev-2012 | 0,5713 | 0,140 | 0,100 | 22 | 1519,76 | 0,9363 | 0,4167 | Moderada |
| Mar-2012 | 0,3108 | 0,140 | 0,075 | 29 | 2640,74 | 0,9230 | 0,3488 | Moderada |
| Abr-2012 | 0,3115 | 0,140 | 0,070 | 25 | 1962,5 | 0,9264 | 0,3333 | Moderada |
| Mai-2012 | 0,3178 | 0,120 | 0,094 | 18 | 1017,36 | 0,9610 | 0,4393 | Moderada |
| Jun-2012 | 0,2806 | 0,125 | 0,070 | 22 | 1519,76 | 0,9118 | 0,3590 | Moderada |
| Jul-2012 | 0,3815 | 0,200 | 0,117 | 23 | 1661,06 | 0,8937 | 0,3691 | Moderada |
| Ago-2012 | 0,5057 | 0,155 | 0,088 | 30 | 2826 | 0,7582 | 0,3621 | Moderada |
| Set-2012 | 0,4887 | 0,155 | 0,089 | 22 | 1519,76 | 0,8863 | 0,3648 | Moderada |
| Out-2012 | 0,4559 | 0,135 | 0,107 | 23 | 1661,06 | 0,8887 | 0,4421 | Moderada |
| Nov-2012 | 0,3102 | 0,100 | 0,106 | 19 | 1133,54 | 0,9326 | 0,5146 | Moderada |
| ÁREA II | | | | | | | | |
| Dez-2011 | 0,0256 | 0,020 | 0,0071 | 9 | 254,34 | 0,9858 | 0,2620 | Moderada |
| Jan-2012 | 0,0498 | 0,035 | 0,0160 | 15 | 706,50 | 0,9465 | 0,3137 | Fraca |
| Fev-2012 | 0,0714 | 0,048 | 0,0142 | 21 | 1384,74 | 0,9156 | 0,2283 | Fraca |
| Mar-2012 | 0,0491 | 0,034 | 0,0266 | 17 | 907,46 | 0,9634 | 0,4389 | Fraca |
| Abr-2012 | 0,0437 | 0,034 | 0,2910 | 15 | 706,50 | 0,9638 | 0,8954 | Fraca |
| Mai-2012 | 0,0226 | 0,018 | 0,0310 | 15 | 706,50 | 0,9739 | 0,6327 | Fraca |
| Jun-2012 | 0,0546 | 0,039 | 0,0154 | 20 | 1256,00 | 0,9094 | 0,2831 | Moderada |
| Jul-2012 | 0,0509 | 0,039 | 0,0110 | 25 | 1962,50 | 0,9178 | 0,2200 | Fraca |
| Ago-2012 | 0,0689 | 0,052 | 0,0135 | 30 | 2826,00 | 0,9681 | 0,2061 | Fraca |
| Set-2012 | 0,0864 | 0,056 | 0,0202 | 25 | 1962,50 | 0,9601 | 0,2651 | Moderada |
| Out-2012 | 0,0458 | 0,036 | 0,0099 | 26 | 2122,64 | 0,9614 | 0,2157 | Fraca |
| Nov-2012 | 0,0586 | 0,038 | 0,0160 | 20 | 1256,00 | 0,9552 | 0,2963 | Fraca |

^aProporção de plantas doentes na área; ^bCalculado por $\pi.r^2$, onde $\pi = 3,14$ e $r = a$; ^c Relação entre $C_1/(C_0 + C_1)$

Figura 4 - Semivariogramas da área A ajustadas aos modelos no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012 no município de Capitão Poço/PA

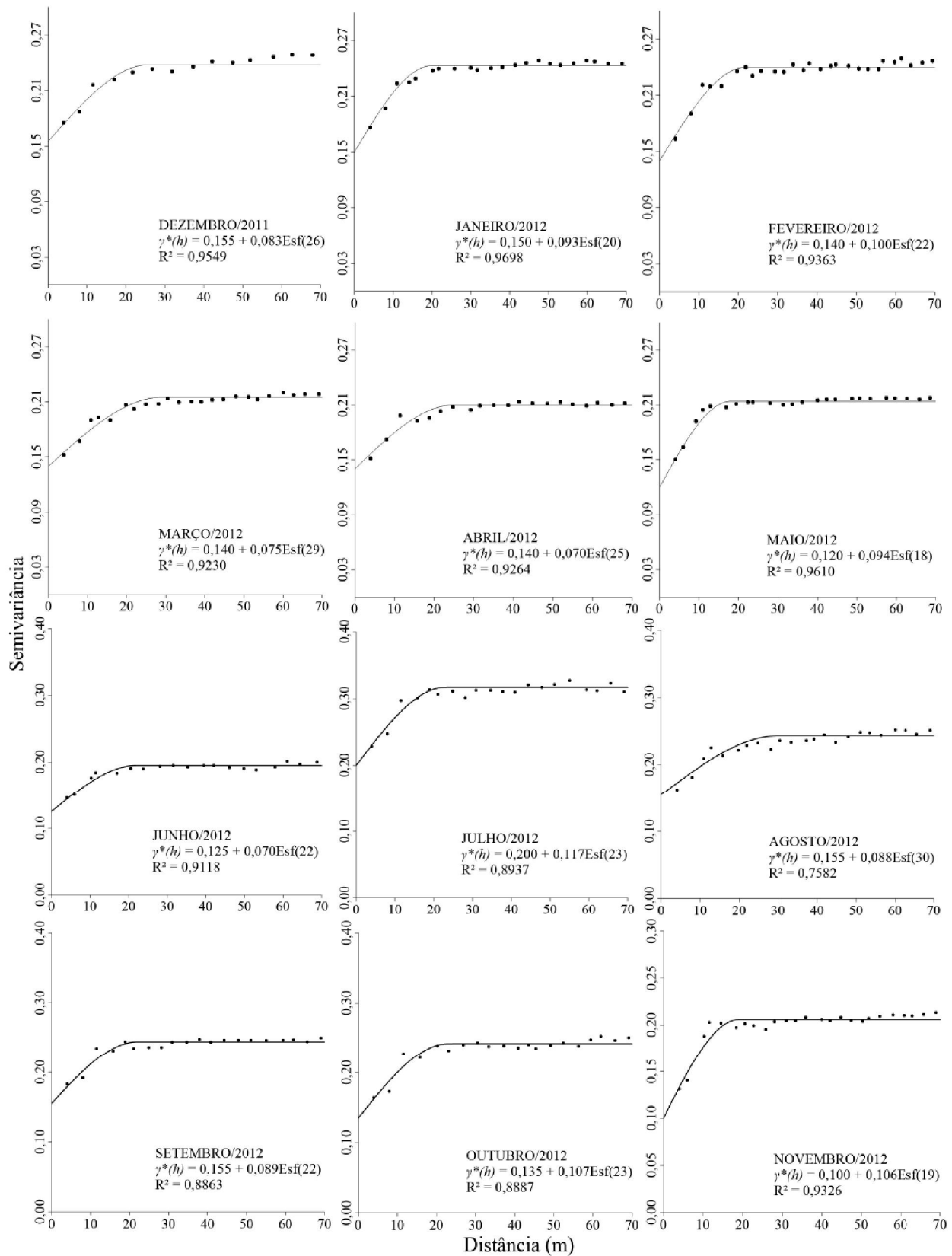


Figura 5 - Semivariogramas da área B ajustadas aos modelos no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012 no município de Capitão Poço/PA

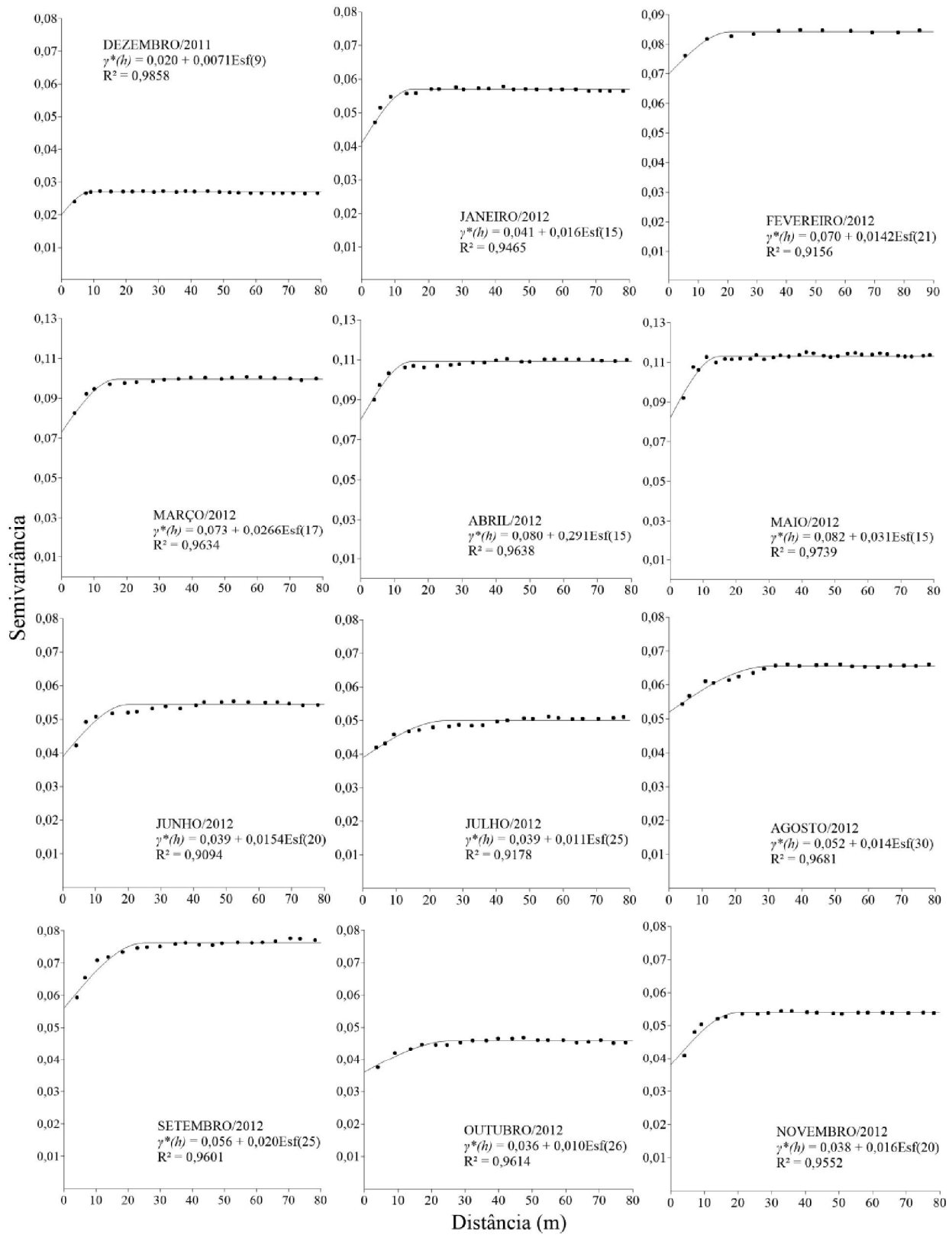


Figura 6 - Mapa de incidência de plantas doentes na área A no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012 no município de Capitão Poço - PA. Pontos indicam a posição das plantas na parcela, áreas em vermelho indicam a presença da doença e em verde ausência

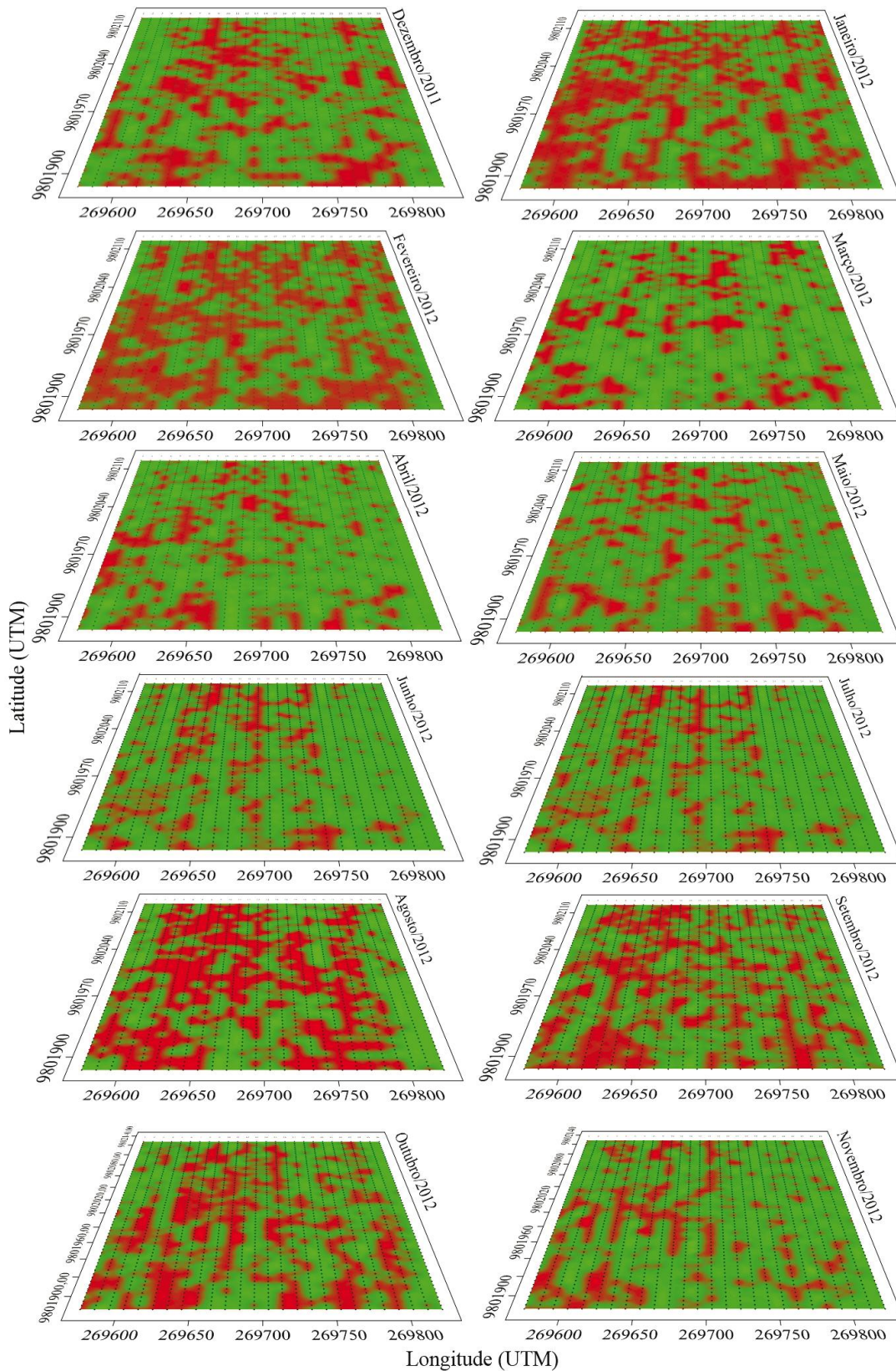
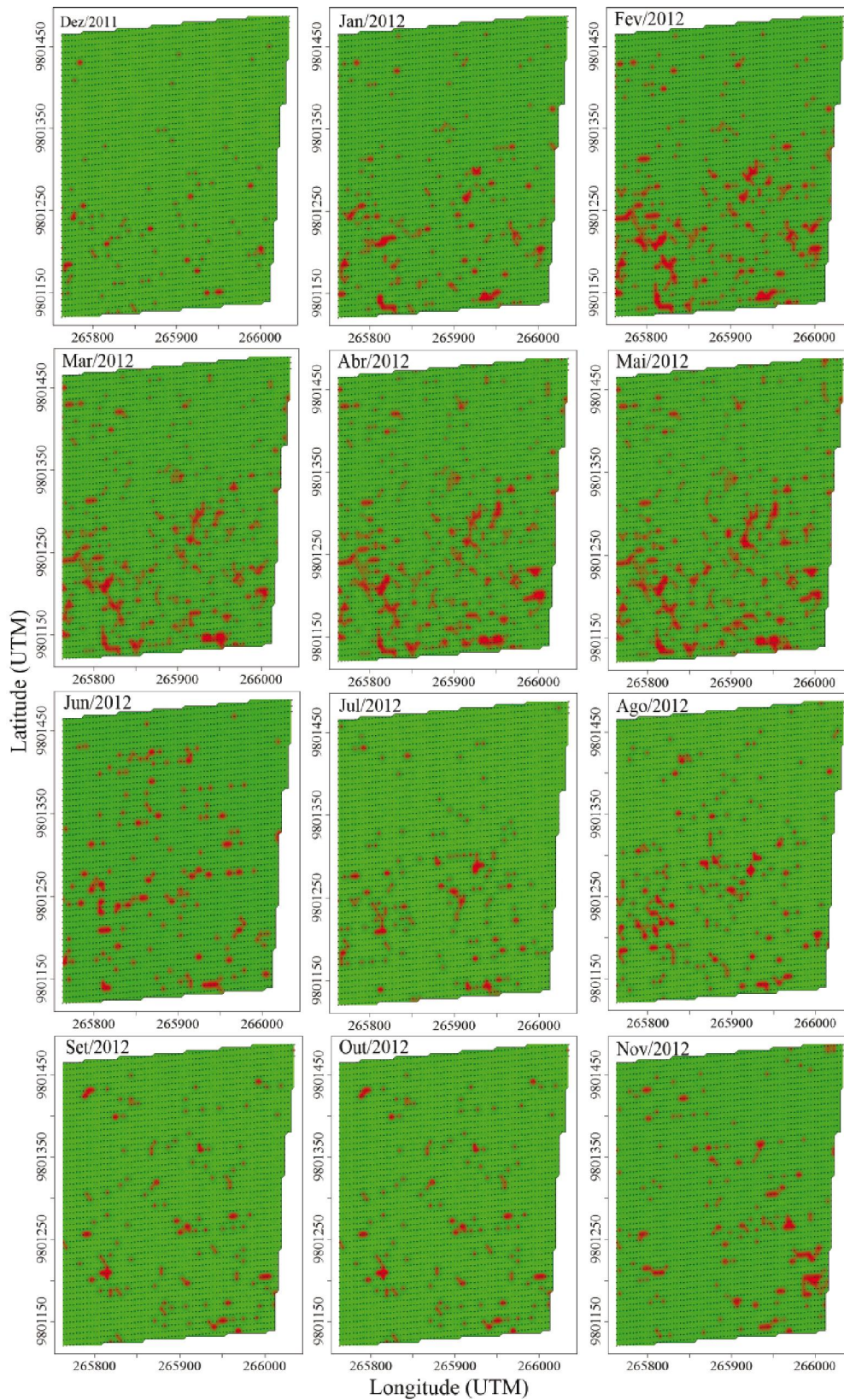


Figura 7 - Mapa de incidência de plantas doentes na área B no período de dezembro de 2011 a novembro de 2012 no município de Capitão Poço - PA. Pontos indicam a posição das plantas na parcela, áreas em vermelho indicam a presença da doença e em verde ausência



CONCLUSÕES

1. O modelo que melhor se ajusta aos dados é o esférico, indicando um padrão de distribuição agregada da doença em campo;
2. A distribuição espacial da leprose dos citros ocorre, predominantemente, em agrupamentos com dependência espacial descrita pelo modelo esférico, formando reboleiras de 9 a 30m (alcance do modelo);
3. Através dos mapas de krigagem, observa-se, principalmente na área A, que a expansão da doença ocorre entre plantas na mesma linha.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, L. C. S. *et al.* Efeito de acaricidas sobre ovos do ácaro-da-leprose dos citros, em diferentes idades. **Laranja**, v. 27, p. 231-242, 2006.
- ANDRADE, D. J. *et al.* Aspectos biológicos do ácaro *Brevipalpus phoenicis* vetor da leprose dos citros em plantas de buva (*conyza canadensis*). **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 97-103, 2012.
- BASSANEZI, R. B.; LARANJEIRA, F. F. Spatial patterns of leprosis and its mite vector in commercial citrus groves in Brazil. **Plant Pathology**, v. 56, p. 97-106, 2007.
- BASTIANEL, M. *et al.* Citrus leprosis: centennial of an unusual mite virus pathosystem. **Plant Disease**, v. 94, p. 284-292, 2010.
- BASTIANEL, M. *et al.* The citrus leprosis pathosystem. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 3, p. 211-220, 2006.
- BIERAS, A. R.; SANTOS, M. J. Z. Influência climática na incidência do ácaro da leprose (*Brevipalpus phoenicis*) na citricultura dos municípios de Limeira e Bebedouro (SP). **Geosul**, v. 19, n. 37, p. 95-114, 2004.
- BOARI, A. J. *et al.* Confirmação da presença da leprose dos citros tipo citoplasmática no Estado do Pará. **Fitopatologia Brasileira**, n. 32, p. 207-207, 2007. (Suplemento)
- CHAREST, J. *et al.* Spatial distribution of *Venturia inaequalis* airborne ascospores in orchards. **Phytopathology**, v. 92, p. 769-779, 2002.
- CHILDERS, C. C.; RODRIGUES, J. C. V. An overview of *Brevipalpus* mites (Acari: Tenuipalpidae) and the plant viruses they transmit. **Zoosymposia**, n. 6, p. 168-180, 2011.
- CZERMAINSKI, A. B. C. **Dinâmica espaço-temporal de populações do patossistema leprose dos citros em condições naturais de epidemia**. 2006. 91 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 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.
- DEUTSCH, C. V.; JOURNAL, A. G. **GSLIB: geostatistical software library and user's guide**. **New York: Oxford University Press**, 1992.
- FARIAS, P. R. S. *et al.* Spatial analysis of the distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and losses in maize crop productivity using geostatistics. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 3, p. 321-327, 2008.
- FARIAS, P. R. S. *et al.* Using geostatistical analysis to evaluate the presence of *Rotylenchulus reniformis* in cotton crops in Brazil: economic implications. **Journal of Nematology**, v. 34, p. 232-238, 2002.
- FRANCISCON, L. *et al.* Modelo autológico espaço-temporal com aplicação à análise de padrões espaciais da leprose-dos-citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1677-1682, 2008.
- FREITAS-ASTÚA, J. *et al.* Detection of citrus leprosis virus in citrus stems, fruit and the mite vector. **Virus Reviews & Research**, v. 8, p. 196, 2003.
- GIBBS, A.; MACKENZIE, A. A primer pair for amplifying part of the genome of all potyvirids by RT-PCR. **Journal of Virological Methods**, n. 63, p. 9-16, 1997.
- GOLDEN SOFTWARE, INC. **Surfer for windows: release 8.0, contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers user's guide**. New York, 2002. 714 p.
- GYENGE, J. E.; TRUMPER, E. V.; EDELSTEIN, J. D. Diseño de planes de muestro con niveles fijos de precisión del pulgón manchador de la alfafa, *Therioaphis trifolii* Monell (Homoptera: Aphididae) en Alfafa (*Medicago sativa* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 4, p. 729-737, 1999.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: com un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.
- LEAL, R. M. *et al.* Distribuição espacial de Huanglongbing (Greening) em citros utilizando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 808-818, 2010.
- LOCALI, E. C.; FREITAS-ASTÚA, J.; MACHADO, M. A. Leprose dos citros: biologia e diagnóstico do vírus. **Laranja**, v. 25, n. 1, p.53-68, 2004.
- LOCALI, E. *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. 10, p. 1317-1321, 2003.
- MARQUES, J. P. R. *et al.* Lesões foliares e de ramos de laranjeira-doce causadas pela leprose-dos-citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1531-1536, 2007.
- ROBERTO, S. R.; FARIAS, P. R. S.; BERGAMIM FILHO, A. Geoestatistical analysis of spatial dynamics of citrus variegated chlorosis. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 6, p. 599-604, 2002.

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. *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.; OLIVEIRA, C. A. L. Ácaros fitófagos dos citros. In: Mattos Júnior, D., Negri, J. D. de, Pio, R.M. & Pompeu Júnior, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundag, 2005. p. 691-727.

SILVA, M. Z.; SATO, M. E.; OLIVEIRA, C. A. L. Diversidade e dinâmica populacional de ácaros em pomar cítrico. **Bragantia**, v. 71, n. 2, p.210-218, 2012.

VIEIRA, S. R. *et al.* Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v. 51, p. 1-75, 1983.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.