

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E RAIOS DE AGREGAÇÃO DE
CANCRO CÍTRICO DEFINIDOS POR GEOESTATÍSTICA**

Janicéli Rosa
Engenheira Agrônoma

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2010**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E RAIOS DE AGREGAÇÃO DE
CANCRO CÍTRICO DEFINIDOS POR GEOESTATÍSTICA**

Janicéli Rosa

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Barbosa

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

**Jaboticabal – SP
Setembro – 2010**

C788d Rosa, Janicéli
Distribuição espacial e raio de agregação de cancro cítrico
definidos por geoestatística / Janicéli Rosa – Jaboticabal, 2010.
vii, 53f. il.; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010.

Orientador: José Carlos Barbosa

Banca examinadora: Sílvio Aparecido Lopes, Eduardo Sanches
Stuchi, Antônio Baldo Geraldo Martins, Rita de Cássia Panizzi.

Bibliografia

1. Semivariograma 2. Krigagem 3. *Citrus sinensis* 4.
Xanthomonas citri subsp. *citri* l. Título. Il. Jaboticabal - Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.4:634.31

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

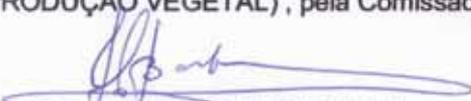
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E RAO DE AGREGAÇÃO DE CANCRO CÍTRICO
DEFINIDOS POR GEOESTATÍSTICA

AUTORA: JANICÉLI ROSA

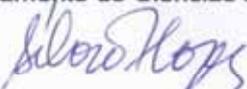
ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSE CARLOS BARBOSA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. JOSE CARLOS BARBOSA

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



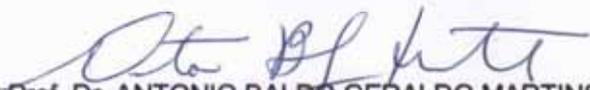
Prof. Dr. SILVIO APARECIDO LOPES

Fundo de Defesa da Citricultura (FUNDECITUS) / Araraquara/SP



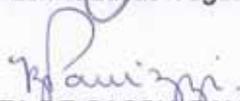
Prof. Dr. EDUARDO SANCHES STUCHI

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) / Bebedouro/SP



Prof. Dr. ANTONIO BALDO GERALDO MARTINS

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Profa. Dra. RITA DE CASSIA PANIZZI

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 23 de setembro de 2010.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Janicéli Rosa – Nascida em 04 de março de 1978 na cidade de Monte Alegre do Sul, no Estado de São Paulo. Filha de João Batista Aparecido da Rosa e Maria Martha da Silva Rosa. Concluiu o 2º Grau em Holambra (SP) pelo Colégio Van Gogh – Unidade Anglo Holambra, em dezembro de 1997. Em fevereiro de 1998 iniciou o curso de graduação em Agronomia na FCAV – UNESP/Jaboticabal, obtendo o título de Engenheira Agrônoma em julho de 2003. Em agosto de 2003 iniciou o curso de Mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), na mesma Universidade, vindo a concluí-lo em maio de 2006. Em agosto do mesmo ano iniciou o curso de doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal). Deu início à carreira acadêmica em fevereiro de 2005 quando foi contratada pela Universidade Camilo Castelo Branco – UNICASTELO – Câmpus de Fernandópolis para ministrar as disciplinas de Fitopatologia Geral e Doenças das Plantas Cultivadas.

*À minha querida e amada família:
meus pais João e Martha,
minhas irmãs Janaína e Jamira,
meu cunhado Rogério
por serem, simplesmente, quem são e
por tudo que representam em minha vida.
A existência de vocês me faz melhor.*

OFEREÇO

*Ao meu marido Rodrigo Luiz Cavarianni
pela compreensão nos momentos de ausência,
pela paciência e por sempre estar ao meu lado.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado disposição e saúde durante toda a minha vida, o que possibilitou concretizar a realização de mais um sonho.

Ao meu orientador Dr. José Carlos Barbosa, pela oportunidade, paciência e atenção dispensada durante o período do curso, pelas dicas, ensinamentos.

Agradeço, em especial, a querida amiga Renata Moreira Leal, pelos ensinamentos, conselhos e principalmente pela paciência e disposição em me atender sempre que precisei.

Aos amigos especiais: Sandra, Geremias, Ramilo e Leandra, pela acomodação, conversas e principalmente pelas boas risadas dadas entre uma vinda e outra à Jaboticabal.

Aos membros da Comissão Examinadora pela disponibilidade de tempo, sugestões e primor na correção deste trabalho, em especial à Prof^a. Dr^a. Rita de Cássia Panizzi.

Aos amigos de trabalho: Edson, Ricardo, Rosa Marina, Marília e Andréa, pela companhia, amizade e atenção dispensadas... de uma maneira ou de outra vocês me ajudaram muito na realização deste trabalho.

À minha sogra, Sônia, aos meus 'avós postiços', Emília e Orlando, pelo carinho e atenção dispensados sempre que vou visitá-los.

Ao Pesquisador do FUNDECITRUS, Dr. José Belasque Júnior, pelo fornecimento dos dados.

À FCAV-UNESP, pela infra-estrutura e pela oportunidade de realizar meu sonho de me tornar uma profissional da área acadêmica.

À UNICASTELO, que me proporcionou a oportunidade de por em prática tudo o que aprendi durante esses 12 anos de 'caminhada'.

E a todos os outros que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ii
SUMMARY	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Generalidades	2
2.2 Importância econômica da citricultura no Brasil	3
2.3 Cancro cítrico	5
2.3.1 Etiologia	7
2.3.2 Sintomatologia	10
2.4 Controle	11
2.4.1 Medidas preventivas	12
2.4.2 Medidas educativas	12
2.5 Importância da geoestatística para estudar a dependência espacial de doenças	13
2.6 Geoestatística na avaliação dos dados	14
2.6.1 Semivariograma	15
2.6.2 Krigagem	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Coleta de dados	20
3.2 Análise dos dados	20
3.2.1 Semivariograma	21
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÕES	42
6. REFERÊNCIAS	42

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E RAIOS DE AGREGAÇÃO DE CANCRO CÍTRICO DEFINIDOS POR GEOESTATÍSTICA

RESUMO - A distribuição espacial do cancro cítrico em talhões com laranjeira 'Natal' enxertada em limoeiro 'Cravo' com 3 anos de idade foi estudada utilizando a geoestatística. Foram utilizados 13 talhões mapeados pelo Fundecitrus (Fundo de Defesa da Citricultura), com 595 ou 1080 plantas cada, infectados naturalmente com *Xanthomonas citri* subsp. *citri*, em uma única propriedade, no Estado de São Paulo. A severidade da doença em cada planta foi avaliada por meio de uma escala com os seguintes níveis: **0** - sem folhas com sintomas; **1** - de 1 a 5 folhas com sintomas; **2** - de 6 a 10 folhas com sintomas; **3** - de 11 a 20 folhas com sintomas; **4** - de 21 a 50 folhas com sintomas e **5** - > 50 folhas com sintomas. Nestes talhões, as coordenadas correspondentes à posição das plantas contaminadas foram obtidas com um GPS, permitindo mapear a doença no talhão. A distribuição espacial foi avaliada por ajuste de semivariogramas e interpolação dos dados por krigagem. A distribuição de plantas com cancro cítrico no talhão mostrou-se agregada, com raios de agregação de 30 a 45 m. Os mapas de krigagem mostraram que os focos da doença ocorreram mais frequentemente nos limites dos talhões. Quando a nota média de severidade da doença foi menor que 0,04, o semivariograma apresentou efeito pepita puro, indicando que não houve dependência espacial.

Palavras-chave: Semivariograma, krigagem, *Citrus sinensis*, *Xanthomonas citri* subsp. *citri*

SPATIAL DISTRIBUTION AND RADIUS OF AGGREGATION CITRUS CANKER USING GEOSTATISTICS

SUMMARY - The spatial distribution of citrus canker in areas with orange 'Natal' grafted on 'Rangpur' lime with three years of age were studied using geostatistics. We used 13 plots mapped by Fundecitrus (Citrus Defense Fund), with 595 or 1080 individual plants, naturally infected with *Xanthomonas citri* subsp. *citri* that were on the same property in the State of São Paulo. Disease severity in each plant was assessed using a scale with the following levels: **0** - no leaf with symptoms, **1** - 1 - 5 leaves with symptoms; **2** - 6 -10 leaves with symptoms; **3** - 11 - 20 leaves with symptoms; **4** - 21 - 50 leaves with symptoms and **5** - > 50 leaves with symptoms. In these plots, the coordinates corresponding to the position of symptomatic of infected plants was obtained with a GPS, allowing mapping the symptomatic plants in the block. The spatial distribution was evaluated by fitting of semivariograms and kriging interpolation of the data. The distribution of plants with citrus canker in the block was aggregated, with aggregate radius of 30 - 45 meters. Kriging maps showed that the foci of diseased plants stood on the edge of the blocks. When the average grade of severity was less than 0.04, the semivariogram showed pure nugget effect, indicating that no spatial dependence.

Keywords: semivariogram, kriging, *Citrus sinensis*, *Xanthomonas citri* subsp. *citri*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja, com uma produção de cerca de 18,5 milhões de toneladas/ano (32,66% da produção mundial), seguido dos EUA e da União Européia, destacando-se também em área colhida, que atingiu cerca de 841.955 hectares em 2009. O Estado de São Paulo se destaca por ser o responsável por 71,2% do total colhido. Além da produção do fruto, o país se destaca também como o maior produtor e exportador de suco concentrado (AGRIANUAL, 2010).

Como qualquer outra cultura, a citricultura se depara, constantemente, com vários problemas, principalmente os fitossanitários, destacando-se o cancro cítrico, causado pela bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *citri* (SCHAAD et al., 2005; SCHAAD et al., 2006) que tem sido alvo de ações de sanidade vegetal dos governos estaduais, municipais e federal, bem como entidades privadas do setor (RODRIGUES NETO & RIBEIRO, 2002).

A doença foi descoberta em 1913, no Japão, sendo posteriormente, descrita e identificada por Hasse, em 1915 nos Estados Unidos (RODRIGUES NETO & RIBEIRO, 2002). FAWCETT & JENKINS (1933) encontraram o mais antigo material de citros com sintomas de cancro em um herbário do Royal Botanic Gardens Kew (Inglaterra) e esse material provavelmente teria sido coletado na Índia, entre 1827 e 1831.

No Brasil o primeiro relato da doença foi feito em 1957, no município de Presidente Prudente, Estado de São Paulo (BITANCOURT, 1957). No mesmo ano a doença foi observada no município de Lupinópolis – PR. Posteriormente, em 1959, foi constatada em Bataguçu – MS, no Mato Grosso em 1979, no Rio Grande do Sul em 1980, em Santa Catarina em 1985, em Minas Gerais em 1998 e em Roraima em 2002 (NASCIMENTO et al., 2003). Na América do Sul, além do Brasil, há a ocorrência da bactéria também na Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai (MALAVOLTA JÚNIOR. et al., 2000).

O cancro cítrico causa lesões locais que atingem de 2 até 12 mm ou mais, eruptivas, de coloração palha ou pardacentas, de aspecto corticoso. Ocorrem em frutos, folhas e ramos novos. Nas folhas, a doença aparece primeiramente como manchas claras que depois ficam com o centro necrosado. Nos frutos, são de aspecto pardo, salientes; em estágio avançado, parecem crostas escuras com fissuras, às vezes concêntricas, ou com pequenas ou grandes crateras, por onde exsuda a bactéria. Por vezes um halo amarelo circunda as lesões (ROSSETTI, 2001).

No Brasil a doença é considerada quarentenária (GOTTWALD et al., 2001), portanto um dos métodos de controle utilizados, no Estado de São Paulo, é a erradicação, assim como na Austrália (ADRIAANSEN, 2005).

Assim, dada a importância da doença na cultura, o presente trabalho teve como objetivo estudar a distribuição espacial do cancro cítrico em talhões de citros, através da utilização de geoestatística, visando estabelecer raios de dependência espacial das plantas doentes para aprimoramento do programa de erradicação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Generalidades

Na classificação taxonômica desse grupo de plantas existe uma grande complexidade. A taxonomia da subfamília Aurantioideae foi marcada pela proposição de novos gêneros, segregados de *Citrus*, como *Poncirus*, *Fortunella* e *Microcitrus*. Em se tratando de *Citrus*, diferentes sistemas taxonômicos têm sugerido um número variável de espécies, sendo descritas de 11 até mesmo 162 espécies distintas. Um dos sistemas de classificação mais utilizado, proposto por SWINGLE (1943), reconhece 16 espécies para *Citrus* e classifica-o entre os seis gêneros que compõe o grupo subtribal denominado “árvores de citros verdadeiros” (*true citrus fruit trees*), subtribo Citrinae, tribo Citreae, subfamília Aurantioideae da família Rutaceae (SWINGLE & REECE, 1967 citados por ARAÚJO & ROQUE, 2005).

São nativos do sudeste do continente asiático, com ramos filogenéticos que se estendem do centro da China ao Japão, e do Leste da Índia à Nova Guiné, Austrália e África Tropical. Foram para a Europa na época das Cruzadas e chegaram ao Brasil trazido pelos portugueses, no começo do século XVI (DONADIO et al., 2005).

Suas árvores, de porte médio (arbóreo/arbustivo), flores brancas e aromáticas (ARAÚJO & ROQUE, 2005).

Os frutos são denominados bagas, recebendo nome particular de hesperídios. Apresentam epicarpo, mesocarpo, endocarpo e presença ou ausência de semente (PIVETTA, 1999). São ricos em vitamina C, possuem ainda vitaminas A e do complexo B, além de sais minerais, principalmente cálcio, potássio, sódio, fósforo e ferro (MATTOS JÚNIOR et al., 2010). O interior dos frutos é dividido em gomos separados por membrana celulósica. O gomo é formado por células ricas em suco de sabor doce, amargo ou ácido. O número de gomos por fruto varia de 6 a 15 (PIVETTA, 1999).

2.2 Importância econômica da citricultura no Brasil

O crescimento da citricultura no país deu início na década de 60, coincidindo com uma geada grande que ocorreu nos Estados Unidos e que gerou uma carência do produto no país. Nesta época a produção brasileira de laranja era voltada para a produção de suco, mas devido a vários fatores, como condições naturais favoráveis, custo de produção competitivo, produto de excelente qualidade e uma logística de distribuição eficiente, o país assumiu a primeira posição mundial em produção de laranja e exportador de suco concentrado (BOTEON & NEVES, 2005).

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de laranja, respondendo por cerca de 18,5 milhões de toneladas/ano (32,66% da produção mundial), seguido dos EUA e da União Européia, destacando-se também em de área colhida, que atingiu cerca de 841.955 hectares em 2009. O Estado de São Paulo se destaca é o responsável por 71,2% do total colhido. Além da produção do fruto, o país se destaca também como o maior produtor e exportador de suco concentrado (AGRIANUAL, 2010).

Desde o estabelecimento da citricultura no Brasil, sérios problemas vêm afetando o cultivo, como por exemplo, as doenças causadas por vírus, fungos e bactérias (SEMPIONATO et al., 1997).

Dentre todas as doenças que acometem a cultura existem aquelas que se destacaram e/ou destacam. A primeira delas foi a gomose, causada pelo fungo *Phytophthora* spp., que surgiu em meados de 1910. Essa doença foi responsável pela substituição do porta-enxerto laranja 'Caipira', suscetível ao fungo, pela laranja azeda, que é resistente.

Em 1937 foi observada uma nova doença no Vale do Paraíba (SP) (FEICHTENBERGER et al., 2005), a tristeza dos citros, causada pelo vírus "Citrus Tristeza Vírus" (CTV) que habita o floema das plantas (VALLE et al., 2000). Doze anos após sua introdução no Brasil, das 11 milhões de plantas cítricas existentes, 9 milhões sobre porta-enxerto de laranja 'Azeda' foram perdidas. No ano de 1957 foi relatado o aparecimento do cancro cítrico, causado pela bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *citri* e que até hoje vem causando sérios prejuízos aos citricultores (SEMPIONATO et al., 2000).

Em 2001 foi descrita no Brasil a morte súbita dos citros (MSC), no município de Comendador Gomes (MG) e até hoje não tem seu agente causal confirmado. Muitos fatores fazem com que a MSC seja uma doença semelhante a tristeza (FEICHTENBERGER et al., 2005).

Em março de 2004 foi constatada a presença de Huanglongbing (ou 'Greening'), em pomares cítricos nas regiões Centro e Sul do Estado de São Paulo. Três espécies de bactérias são responsáveis por causar danos às plantas cítricas: *Candidatus Liberibacter africanus*, *C. Liberibacter asiaticus* e a mais recente identificada no Brasil, *C. Liberibacter americanus*, transmitida por um psílideo (*Diaphorina citri*) (TEIXEIRA et al., 2005; FEICHTENBERGER et al., 2005). Essas bactérias desenvolvem-se no floema da planta, impedindo o fluxo de seiva elaborada (LIU, 2000).

2.3 Cancro cítrico

O cancro cítrico ou cancrose A é uma doença causada pela bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *citri*, é considerada originária da Ásia, provavelmente do Sul da China, Indonésia ou Índia, onde se presume que as espécies *citrus* tiveram origem, tendo sido disseminado por toda Ásia, Japão, África, Austrália, Nova Zelândia, algumas ilhas do Pacífico, Oriente Médio, Estados Unidos e América do Sul (GOTO, 1992).

A primeira constatação da cancrose dos citros no Brasil foi em 1957, no município de Presidente Prudente – SP (BITANCOURT, 1957). Posteriormente a doença se disseminou para outros Estados brasileiros, como Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Roraima (DESTÉFANO et al., 2003). As áreas de maior ocorrência do cancro cítrico eram, em sua grande maioria, pomares domésticos. Em 1957 foi iniciada uma campanha governamental de erradicação da doença, onde qualquer planta infectada em pomares e em viveiros, sintomática ou não, foram erradicadas. Também foram proibidos o transporte de material cítrico e o plantio de novas plantas (AMARAL, 1957; BITANCOURT, 1957; SANTOS, 1991).

De acordo com NAMEKATA et al. (1996), a erradicação não surtiu o efeito desejado e então foi decidido pela eliminação de todas as plantas cítricas, contaminadas ou não. Até 1961, aproximadamente 1,2 milhões de plantas tinham sido erradicadas. Novos focos apareceram e então o Ministério da Agricultura instituiu, em 1974, a Campanha Nacional de Erradicação do Cancro Cítrico (CANECC), que adotou novos métodos de erradicação que estipulava um raio de erradicação de 30 m ao redor da planta afetada. Em 1999 uma nova portaria foi estabelecida pela Coordenadoria de Defesa Agropecuária, onde se houvesse a constatação de uma planta contaminada resultava na inspeção de todo o talhão por três equipes diferentes. Se o número de árvores doentes for menor que 0,5% do talhão, são erradicadas a planta-foco e as que estiverem em um raio de 30 m. Caso o número de árvores doentes ultrapasse 0,5% do talhão, todo este é erradicado (DIÁRIO OFICIAL, 1999). A partir de 2008 uma nova

determinação estipulou a erradicação somente das plantas doentes e das demais cultivadas num raio de 30 m (UNISITE, 2010).

Com o surgimento da larva minadora dos citros (*Phyllocnistis citrella* Stainton), novos focos foram detectados (GIMENES-FERNANDES et al., 2000). A larva contribui para aumentar a incidência da doença, uma vez que as galerias formadas por este inseto nas folhas expõem os tecidos à infecção bacteriana (PRATES et al., 1996).

Apesar de apresentar incidência relativamente baixa no Estado de São Paulo, o cancro cítrico se encontra estabelecido endemicamente em algumas regiões do país e sua presença foi recentemente registrada em novas áreas do território nacional e da América do Sul (BARBOSA et al., 2001).

Apenas o Estado de São Paulo e a Austrália adotam programas de erradicação do cancro cítrico pela eliminação de plantas em áreas infestadas pelo patógeno (ADRIAANSEN, 2005). Desta forma, torna-se prioritária a avaliação de métodos alternativos de manejo desta doença.

Segundo LEITE JÚNIOR & MOHAN (1990), é permitido o plantio de variedades mais tolerantes em regiões selecionadas do Estado do Paraná, quando se emprega um conjunto de técnicas que mantêm a doença sob relativo controle.

Entre as variedades de citros, algumas são mais resistentes à doença, porém nenhuma chega a ser imune. Os porta-enxertos também exercem influência na resistência da copa. A tabela 1 classifica as principais variedades em função de sua resistência de acordo com estudos feitos no Estado do Paraná (LEITE JÚNIOR, 1990; RODRIGUES NETO & RIBEIRO, 2002).

Tabela 1 – Resistência das principais variedades de citros ao cancro cítrico.

Resistência	Variedades
Altamente suscetíveis	Limão/lima ácida Galego; limão Siciliano; lima de umbigo; tangelo Orlando e pomelo Marsh Seedless
Suscetíveis	Laranjas doces Bahia, Baianinha, Seleta, Hamlin, Vermelha e Piralima
Moderadamente suscetíveis	Tangor Murcott; tangerina Cravo e laranja Natal
Moderadamente resistentes	Tangerina do Rio, tangerina Dancy; laranjas doces Lima Verde, Navelina, Sanguínea de Mombuca, Valência, Pêra Premunizada e cidra Diamante
Resistentes	Tangerinas Ponkan, Satsuma, Clementina e Tankan; laranjas doces Folha Murcha e Moro; limão/lima ácida Tahiti e laranja azeda Double Cálice
Altamente resistente	Calamondin

Fonte: LEITE JÚNIOR (1990) e RODRIGUES NETO & RIBEIRO (2002).

2.3.1 Etiologia

A bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *citri*, pertence ao filo Proteobacteria, classe “Gammaproteobacteria”, ordem “Xanthomonadales”, família “Xanthomonadaceae” e gênero *Xanthomonas* (GARRIT & HOLT, 2000). O agente causal do cancro cítrico foi identificado e classificado pela primeira vez como *Pseudomonas citri* por HASSE (1915). Em 1949 foi reclassificada por Dowson como *Xanthomonas citri* (KHAN & HINGORANI, 1970). Posteriormente, Dye propôs, em 1978 a alteração da nomenclatura de um grupo de *Xanthomonas* usando a terminologia “patovar” para diferenciar a especialização patogênica dentre as espécies de *Xanthomonas*. A partir daí o agente causal passou a ser designado como *Xanthomonas campestris* pv. *citri*. Anos depois, VAUTERIN et al. (1995) utilizando a taxonomia polifática por meio de métodos bioquímicos e moleculares, reclassificaram a bactéria como sendo *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*, que mais recentemente teve seu nome modificado, mais uma vez, para *Xanthomonas citri* subsp. *citri* (SCHAAD et al., 2006).

Mesmo com a recente mudança a bactéria ainda hoje é mais citada na literatura como *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* (*Xac*), pois em 2002, quando foi fechado o sequenciamento do seu genoma (SILVA et al., 2002) esta foi a denominação usada.

De acordo com o Manual de Bergey (KRIEG & HOLT, 1984) as bactérias do gênero *Xanthomonas* são vistas ao microscópio ótico como bastonetes retos, isolados, com medidas de 1,5 a 2,0 μM de comprimento e 0,5 a 0,7 μM de largura. Se movimentam por meio de um flagelo polar (monotríquias), são gram-negativas, aeróbias estritas, não esporogênicas, não fixadoras de nitrato. Em meio de cultura apresentam colônias geralmente amareladas devido a presença de um pigmento, xanthomonadina, lisas e mucóides (BRADBURY, 1993), visíveis após 2-3 dias de incubação a 28°C e seu tom pode variar de claro a escuro (VAUTERIN et al., 1996).

ROSSETTI (2001) relata que as condições ótimas para a sobrevivência da bactéria são alta umidade e temperatura entre 20 e 39°C. Acima de 50°C e a 12°C ou menos, ela consegue sobreviver em folhas de citros caídas, em plantas invasoras ou em restos culturais, ficando inativa, podendo, porém, sobreviver por até nove meses e meio, o que foi comprovado pelo Instituto Biológico na região de Presidente Prudente. Ainda segundo o autor as folhas, galhos e frutos são atacados pela bactéria assim que começa a sua maturação. Quase todas as infecções ocorrem em folhas entre 40 e 45 dias após o começo de seu crescimento. A infecção nos frutos se dá nos primeiros três meses de vida de formação dos mesmos depois da queda das pétalas. LEITE JÚNIOR (2002) seguindo essa mesma linha relata que a bactéria penetra nos tecidos das folhas, frutos e ramos através de aberturas naturais, como estômatos, lenticelas e hidatódios.

Como agentes disseminadores do cancro cítrico podem-se destacar chuvas e ventos, pois estes influenciam não somente na disseminação, mas também na intensidade da doença; equipamentos contaminados, insetos e mudas contaminadas. A disseminação por sementes não é conhecida. A larva minadora dos citros (*Phyllocnistis citrella* Stainton) contribui para aumentar a incidência da doença, uma vez que as galerias formadas por este inseto nas folhas, expõe os tecidos tornando as folhas altamente suscetíveis a infecção bacteriana (BRASIL, 1996; PRATES et al., 1996).

De acordo com BERGAMIN FILHO et al. (1999) por causa da presença da larva minadora os padrões de distribuição do cancro cítrico deixou de ser mais agregado e passou a ser menos agregado com presença mais comum de focos satélites, mais distantes dos focos iniciais da doença no talhão.

São conhecidos os seguintes tipos patogênicos da bactéria em citros, diferenciados principalmente pela patogenicidade e sintomatologia (RODRIGUES NETO & RIBEIRO, 2002; FEICHTENBERGER et al., 2005):

- **Cancro Cítrico Asiático ou Cancrose A:** induzido pela estirpe A da bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *citri*, encontrado em muitas regiões da Ásia e Américas, afetando um grande número de espécies, híbridos e variedades de *Citrus* e gêneros afins; economicamente é o mais importante;

- **Cancro Cítrico B ou Cancrose B:** atribuído à estirpe B da bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv. *aurantifolii* (tipo B), com ocorrência restrita a Argentina, Paraguai e Uruguai. É mais agressiva em limões verdadeiros e lima ácida 'Galego';

- **Cancrose do limoeiro 'Galego' ou Cancrose C:** atribuída à estirpe C da bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv. *aurantifolii* (tipo C), descrita por NAMEKATA (1971). Afeta somente lima ácida 'Galego', restrito a algumas regiões do Estado de São Paulo;

- **Cancrose D:** foi relatada, em 1981 no México, causando lesões em folhas e ramos de limoeiro Galego. No entanto, a validade do tipo D é duvidosa e a doença à qual este patotipo estava associado, atualmente, é atribuída ao fungo *Alternaria limicola*, razão pela qual não é considerada cancrose;

- **Cancrose E ou Mancha Bacteriana dos Citros:** atribuída à bactéria *Xanthomonas alfafa* subsp. *citrumelonis*, ocorre em viveiros de citros da Flórida, afetando principalmente o porta-enxerto citrumelo 'Swingle' e citrange 'Carrizo';

- **Xac-A*** (*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* "star"): linhagens atípicas de *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*, são relacionadas ao tipo A, adaptadas às temperaturas elevadas, ocorrendo no sudeste da Ásia, incluindo Arábia Saudita, Iraque, República de Oman, Emirados Árabes e Irã. Foram isoladas de plantas de limoeiro Galego, provocando lesões eruptivas, típicas de cancro, porém quando inoculadas por

infiltração em outras espécies de citros, induzem lesões do tipo pústulas, lisas, úmido aquosa. VERNIÈRE et al. (1998), baseando-se em determinadas características, concluíram que *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* “star” é uma variante de *Xanthomonas citri* subsp. *citri*.

2.3.2 Sintomatologia

O cancro cítrico causa lesões locais que atingem de 2 até mais de 12 milímetros de diâmetro, eruptivas, de coloração palha ou pardacentas, de aspecto corticoso. Ocorrem em frutos, folhas e ramos novos. Nas folhas, a doença aparece primeiramente como manchas claras que depois ficam com o centro necrosado. Nos frutos, são de aspecto pardo, salientes; em estágio avançado, parecem crostas escuras com fissuras, às vezes concêntricas, ou com pequenas ou grandes crateras, por onde exsuda a bactéria. Por vezes um halo amarelo circunda as lesões (AMORIN & BERGAMIN FILHO, 1999; ROSSETTI, 2001; FEICHTENBERGER et al., 2005). O surgimento desse halo amarelado se deve ao fato de que há menor produção de clorofilas a e b, caroteno e xantofila nessas regiões (PADMANABHAN et al., 1973).

Além dos sintomas citados o cancro cítrico, quando bem estabelecido na planta, ainda provoca destruição da área foliar, diminuindo a capacidade fotossintética; excessiva produção de etileno que causa queda prematura de folhas e frutos; aspecto alterado do fruto; seca de ramos novos e em casos raros de alta incidência da doença, morte da planta (BROWN, 2001).

Como a maioria das doenças bacterianas de plantas, o cancro cítrico é influenciado pelas condições ambientais de umidade e temperatura, como também pela idade e variedade cítrica. O desenvolvimento da doença é favorecido por temperatura ao redor de 25°C e chuvas pesadas.

RODRIGUES NETO & RIBEIRO (2002) relatam que há diferença na sintomatologia de uma infecção causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *citrumelo* em relação ao cancro cítrico.

As lesões de cancro cítrico podem ser confundidas com outras doenças dos citros, como: Verrugose (*Elsinoe fawcetti*), Antracnose (*Glomerella cingulata*), Mancha de Cercospora (*Mycosphaerella citri*) e Leprose (“Citrus Leprosis Vírus” - CiLV).

2.4 Controle

O combate ao cancro cítrico no Estado de São Paulo se deu logo após a primeira constatação da doença. Iniciou-se com uma campanha de erradicação do patógeno, eliminando-se todas as plantas doentes, viveiros e proibição de plantio de novos pomares comerciais (SANTOS, 1991). Ainda segundo o autor, a campanha de erradicação não estava sendo bem sucedida, decidiu-se então, pela eliminação de todas as plantas cítricas independente de seu estado sanitário.

Novos focos de cancro foram detectados e erradicados entre os anos de 1961 e 1979. Em 1982, foi liberado o plantio de plantas cítricas na região de erradicação total, embora a bactéria ainda estivesse presente na área (GIMENES-FERNANDES et al., 2000).

Segundo BRASIL (1987) o critério de erradicação foi modificado, ficando estabelecida a eliminação de plantas doentes e das demais plantas numa área circundante de 50 metros de raio. Em 1995 esse raio de 50 metros passou a ser de 30 metros. Esse método se mostrou eficiente até 1997, quando a partir desse ano a doença começou a ser constatada com muita frequência nas reinspeções das plantas remanescentes (BRASIL, 1995).

Com base no trabalho realizado por GIMENES-FERNANDES et al. (2000) os insucessos nos procedimentos de erradicação mediante eliminação das plantas doentes e mais as contidas num raio de 30 metros podem ser atribuídos à não detecção de todas as plantas doentes nos talhões contaminados, onde as plantas doentes remanescentes se constituíssem em fonte de inóculo.

BERGAMIN FILHO & AMORIN (1999) observaram que o número de focos da doença no Estado de São Paulo aumentou de 45 em 1996, para 190 em 1997, 457 em 1998, 3419 até 15 de outubro de 1999.

Além da erradicação, outras medidas de controle podem e devem ser aplicadas para que se tenha uma diminuição da doença nas áreas citrícolas:

2.4.1 Medidas preventivas

O objetivo é impedir a introdução da *Xanthomonas citri* subsp. *citri* em propriedades ou regiões citrícolas indenens. São recomendados: aquisição de borbulhas e mudas de viveiros registrados; material próprio de colheita; a equipe contratada para colheita deve ser a mesma do início ao fim da operação; silo ou “bin” na entrada da propriedade; desinfestação de todo o material de colheita e vestuário; arco rodolúvio e pedilúvio; desinfestação das instalações, maquinários, veículos, implementos agrícolas; plantio de quebra-ventos; inspeção periódica no pomar; no caso de indústrias e ou casas de embalagens de citros deve-se promover a desinfestação de todo veículo transportador de frutas, caixarias e qualquer outro equipamento; aplicação de bactericidas cúpricos (MENDONÇA, 2003).

2.4.2 Medidas educativas

Esse método consiste em divulgar e conscientizar trabalhadores, produtores, comerciantes e industriais sobre a gravidade fitossanitária, repercussão econômica, social e política que representam os danos causados pelo cancro cítrico. Para isso a metodologia utilizada pode ser: visitas técnicas; reuniões e palestras; distribuição de “folders”, cartazes, manuais e realizações de cursos e treinamentos (MENDONÇA, 2003).

2.5 Importância da geoestatística para estudar a dependência espacial de doenças

Os métodos comumente utilizados para descrever a distribuição de uma população permitem classificar os padrões de distribuição em três categorias: agregada, uniforme ou aleatória. Porém, estes métodos não levam em consideração a localização espacial dos pontos de amostragem. Neste contexto, estudos que envolvam a dependência espacial nas amostragens necessitam do uso de métodos que levam em consideração a posição da unidade experimental no espaço, e dentre estes, a geoestatística é a mais utilizada (LEAL, 2009).

A geoestatística surgiu na África do Sul, quando KRIGE (1951), trabalhando com dados de concentração de ouro concluiu que não era possível encontrar sentido nas variâncias se não levasse em consideração a distância entre as unidades amostrais.

Vários estudos têm sido desenvolvidos utilizando a geoestatística, para avaliar a dependência espacial, principalmente entre diferentes sistemas de manejo, para o levantamento de solos, para as propriedades químicas e físicas do solo, além, do auxílio no mapeamento de locais específicos de manejo.

De acordo com LIBARDI (1986), na estatística clássica as amostras são coletadas ao acaso e na geoestatística os locais de amostragem são pré-definidos. O autor relata ainda, que nos dois tipos de coleta pode-se calcular a média e a variância, entretanto, somente por meio da geoestatística, que considera a dependência espacial entre as medidas, pode-se obter a estrutura da variância evidenciando aspectos não disponíveis por outros métodos. A geoestatística permite a elaboração de semivariogramas, é a ferramenta básica, e quantificam a dependência espacial de um determinado parâmetro em estudo possibilitando a obtenção de estimativas desses parâmetros com erro mínimo (GUIMARÃES et al., 1992; VIEIRA et al., 1983).

Os métodos geoestatísticos têm sido utilizados para caracterizar a distribuição espacial de insetos pelos entomologistas que estudam a dinâmica da população

(BARRIGOSSI et al., 2001). Além disso, pela geoestatística, pode-se determinar a possível relação entre um inseto-vetor, através da correlação entre a disseminação do inseto e o desenvolvimento da doença na distribuição espacial do local amostrado em uma determinada época do ano, além, de estabelecer estratégias racionais para o controle dessas pragas.

GOTTWALD et al. (1996) avaliaram a incidência da tristeza dos citros em pomares de laranja no leste da Espanha durante 14 anos. Os autores verificaram que a utilização do semivariograma de espaço-tempo confirmou a falta de dependência espacial da infecção entre as plantas que apresentaram a doença e as que não apresentaram, durante o período de avaliação.

ROBERTO et al. (2002) estudaram a dinâmica espacial da clorose variegada dos citros (CVC) em um pomar comercial de laranja 'Valência' de março de 1994 a janeiro de 1996, por meio da análise de semivariograma, e verificaram que a doença apresentou um padrão agregado no campo formando reboleiras, sendo que, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o esférico. Além disso, os autores observaram através dos mapas da krigagem, que a incidência do CVC aumentou nos períodos em que as plantas se encontravam em desenvolvimento vegetativo, coincidindo com a maior ocorrência de insetos vetores da bactéria.

WU et al. (2001) avaliaram a dependência espacial da disseminação de esporos de *Bremia lactucae* em alface. Os autores verificaram dependência espacial da disseminação de esporos em uma extensão entre 80 a 3000 metros.

Com base na literatura, pode-se constatar a escassez de informações baseadas em experimentação da distribuição espacial do cancro cítrico e utilização da geoestatística para determinação do raio de erradicação da doença.

2.6 Geoestatística na avaliação dos dados

Por meio da análise da geoestatística são ajustados modelos de semivariograma aos dados obtidos e, a partir do modelo mais adequado, são construídos mapas de dependência espacial (LEAL, 2009).

2.6.1 Semivariograma

O semivariograma informa o tipo e a forma da dependência espacial e, segundo VIEIRA et al. (1983) constitui a primeira etapa da geoestatística fornecendo dados para confeccionar mapas. É um gráfico da semivariância em função da distância que caracteriza a estrutura da dependência espacial da variável em estudo, ou seja, o semivariograma é uma função que relaciona a semivariância com o vetor distância.

O semivariograma é definido por três parâmetros: o patamar ($C_0 + C_1$), o efeito pepita (C_0) e o alcance (a). O patamar é o valor do semivariograma correspondente ao seu alcance, ou seja, desse ponto em diante não existe mais dependência espacial entre as amostras.

O efeito pepita é a semivariância nos pontos muito próximos, quando a distância entre as unidades amostrais são bem pequenas; e o alcance mede a distância limite da dependência espacial.

Vários pesquisadores (TRANGMAR et al., 1987; SOUZA, 1992; CAMBARDELLA et al., 1994; SALVIANO et al., 1995; PAZ et al., 1996; SALVIANO, 1996) encontraram o modelo matemático esférico como o mais adaptado para descrever o comportamento de semivariogramas de atributos de plantas e de solos. Neste o patamar e o alcance são claramente identificados e geralmente o efeito pepita é pequeno em relação a este patamar (LAMPARELLI et al., 2001). Na Figura 1 é apresentado um semivariograma ideal.

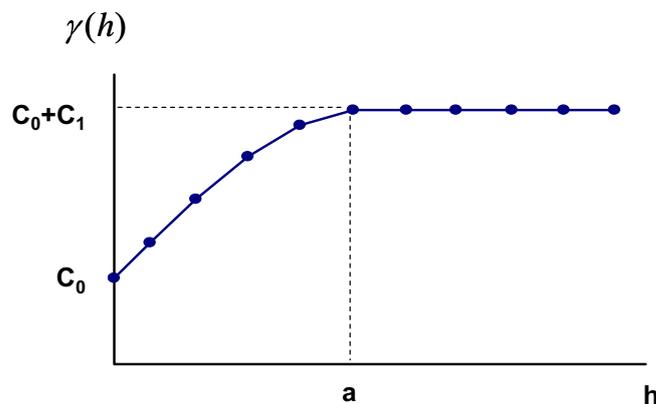


Figura 1 - Esquema de um semivariograma ajustado ao modelo esférico com os parâmetros da semivariância mínima (C_0), patamar (C_0+C_1) e alcance (a).

A semivariância é descrita como:

$$\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [Z(\mathbf{x}_i) - Z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})]^2 \quad \text{onde,}$$

- $\gamma(\mathbf{h})$ é a semivariância
- $N(\mathbf{h})$ é o número de pares de observação $[Z(\mathbf{x}_i); Z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})]$ separados pela distância h .

O modelo utilizado será aquele cuja função melhor representar as semivariâncias observadas.

a. Modelo Esférico:

Esse modelo é obtido selecionando-se os valores do efeito pepita (C_0) e do patamar ($C_0 + C_1$), traçando-se uma reta que intercepte o eixo y em C_0 e que seja tangente aos primeiros pontos próximos de $h = 0$. Essa reta cruzará o patamar à distância $a' = (2/3)a$. Desse modo, o alcance (a) será $a = 3a'/2$, e esse modelo é linear até aproximadamente $(1/3)a$ (VIEIRA, 2000). Assim, o modelo esférico é definido como:

$$\gamma(\mathbf{h}) = 0 \Rightarrow \mathbf{h} = 0$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = C_0 + C_1 \left[\frac{3}{2} \left(\frac{\mathbf{h}}{\mathbf{a}} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{\mathbf{h}}{\mathbf{a}} \right)^3 \right] \Rightarrow 0 < \mathbf{h} \leq \mathbf{a}$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = C_0 + C_1 \Rightarrow \mathbf{h} > \mathbf{a}$$

b. Modelo Exponencial:

Os parâmetros C_0 e C_1 desse modelo são determinados da mesma maneira que para o esférico (VIEIRA, 2000), no entanto, a diferença entre o modelo esférico e o

exponencial é que esse último atinge o patamar assintoticamente, com alcance prático definido como a distância na qual o valor do modelo é de 95% do patamar (ISSAKS & SRIVASTAVA, 1989).

$$\gamma(\mathbf{h}) = 0 \Rightarrow \mathbf{h} = 0$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = C_0 + C_1 \left\{ 1 - \exp\left[-\frac{3\mathbf{h}}{\mathbf{a}}\right] \right\} \Rightarrow \mathbf{h} > 0$$

c. Gaussiano:

Semelhante ao modelo exponencial, o modelo gaussiano atinge o patamar assintoticamente, e o parâmetro é definido como o alcance prático ou distância na qual o valor do modelo é de 95% do patamar (ISSAKS & SRIVASTAVA, 1989). No entanto, o que caracteriza esse modelo é o seu ponto de inflexão próximo à origem.

$$\gamma(\mathbf{h}) = 0 \Rightarrow \mathbf{h} = 0$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = C_0 + C_1 \left\{ 1 - \exp\left[-3\frac{\mathbf{h}^2}{\mathbf{a}}\right] \right\} \Rightarrow \mathbf{h} > 0$$

d. Potência:

O modelo potência não atinge patamar, e no geral, é utilizado para modelar fenômenos com capacidade infinita de dispersão.

$$\gamma(\mathbf{h}) = 0 \Rightarrow \mathbf{h} = 0$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = C + A\mathbf{h}^B \quad 0 < B < 2 \Rightarrow \mathbf{h} > 0$$

O parâmetro B tem que ser estritamente maior que zero e menor que 2, a fim de garantir que o semivariograma tenha positividade definida condicional.

Depois do ajuste é feita a construção dos mapas de krigagem que usa a dependência espacial modelada no semivariograma estimando valores em qualquer posição do campo sem tendência e com variância mínima. Por meio desses mapas é possível visualizar o comportamento da variável em estudo.

2.6.2 Krigagem

A krigagem usa a dependência espacial entre amostras vizinhas, modelada no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e variância mínima (VIEIRA et al., 1983).

Segundo SILVA JUNIOR (2001) a krigagem pode ser chamada de interpolador, pois pondera os valores dos pontos vizinhos ao ponto a ser estimado obedecendo aos critérios de não tendenciosidade e de variância mínima. Neste sentido, a krigagem nada mais é do que uma medida ponderada dos valores observados de uma determinada variável dentro de uma vizinhança. Somente os pontos que estão espacialmente relacionados com o local a ser estimado são usados na krigagem (VIEIRA et al., 1983).

Neste caso, para a elaboração do mapa para avaliar o estudo, é necessário interpolar os pontos amostrados para a obtenção de uma estimativa. Essa estimativa (z^*) é uma combinação linear dos valores das medidas vizinhas (x_0), como segue a equação:

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

em que:

z^* = estimativa,

x_0 = combinação linear dos valores das medidas vizinhas,

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

λ_i = peso associada a cada valor medido.

Com relação à influência do peso de cada ponto (λ_i) ao ponto a ser estimado, SILVA JUNIOR (2001) exemplificou com as seguintes situações apresentadas nas Figuras 2a e 2b. Segundo o autor, na Figura 2a os pesos de cada ponto (X_1 , X_2 , X_3 e X_4) para estimar o valor de A serão semelhantes, uma vez que todos eles estão aproximadamente a uma mesma distância do ponto A. Na Figura 2b, nota-se um agrupamento dos pontos X_2 , X_3 e X_4 e, nesse caso o peso que X_1 terá sobre a estimativa do ponto B será maior que o peso dos demais, pois os pontos X_2 , X_3 e X_4 estão agrupados e, portanto trazem informações redundantes ou semelhantes de uma mesma região.

Sendo assim, o que torna a krigagem um interpolador ótimo é a maneira como os pesos são distribuídos, pois não são tendenciosos e apresentam variância mínima e, para isso é importante que exista dependência espacial definida pelo semivariograma (SALVIANO, 1996).

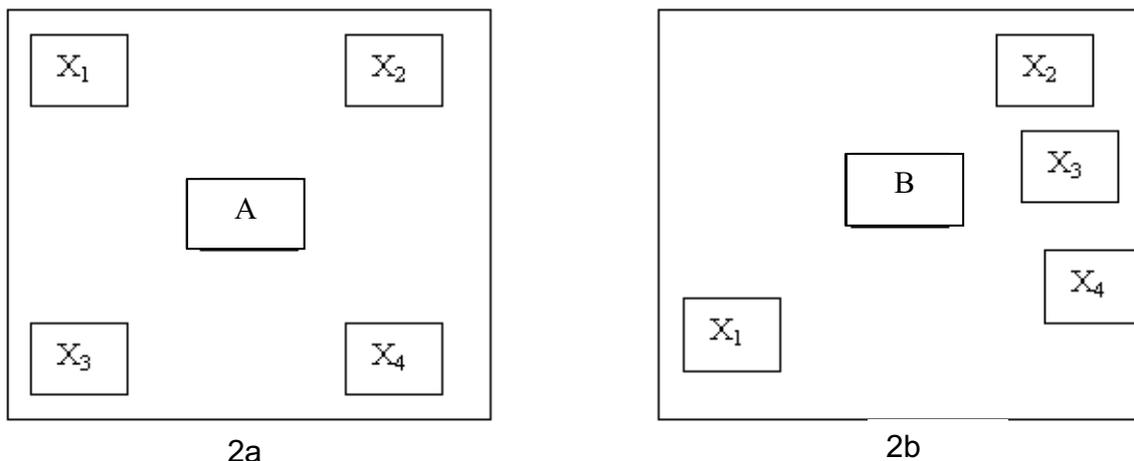


Figura 2 – Esquema de duas áreas diferentes considerando os dados da vizinhança para interpolação dos dados por krigagem. (Fonte: VIEIRA, 1983).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta dos dados

Para estudar a distribuição espacial do cancro cítrico, foram utilizados 13 talhões (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 15, 20, 22, 24, 25 e 26) cultivados com laranja 'Natal' enxertada em limoeiro 'Cravo' de 3 anos de idade. Os talhões, que continham 595 ou 1080 plantas cada, foram naturalmente infectados por *Xanthomonas citri* subsp. *citri*, e estavam localizados na mesma propriedade, no município de Ilha Solteira, no Estado de São Paulo. Todos os talhões foram mapeados, todas as plantas foram inspecionadas e as plantas doentes identificadas. A incidência da doença foi expressa em número de plantas doentes por talhão e a severidade pela porcentagem de folhas sintomáticas por planta. Essa severidade foi expressa por meio de uma escala com os seguintes níveis (BELASQUE JÚNIOR, 2005):

- ↵ **0** - sem folhas com sintomas;
- ↵ **1** - com 1 a 5 folhas com sintomas;
- ↵ **2** - com 6 a 10 folhas com sintomas;
- ↵ **3** - com 11 a 20 folhas com sintomas;
- ↵ **4** - com 21 a 50 folhas com sintomas e
- ↵ **5** – com mais de 50 folhas com sintomas.

Nestes talhões, as coordenadas correspondentes à posição das plantas contaminadas foram obtidas com um GPS (Global Positioning System), permitindo mapear a doença no talhão. Os dados foram coletados em fevereiro de 2004.

3.2 Análise dos dados

Estudou-se a distribuição espacial da doença, por meio da geoestatística, com o uso do semivariograma, ajustando um dos 4 modelos possíveis, gaussiano, esférico, potência ou exponencial. Além disso, foram construídos mapas de incidência da

doença, pelo método de interpolação por krigagem (VIEIRA et al., 1983). Para a análise dos dados foi utilizado o programa estatístico SURFER Versão 7.0.

3.2.1 Semivariograma

No presente estudo, o modelo de semivariograma que melhor se ajustou aos dados foi o esférico, conforme descrito por VIEIRA (2000):

$$\gamma(\mathbf{h}) = 0 \Rightarrow \mathbf{h} = 0$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = C_0 + C_1 \left[\frac{3}{2} \left(\frac{\mathbf{h}}{\mathbf{a}} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{\mathbf{h}}{\mathbf{a}} \right)^3 \right] \Rightarrow 0 < \mathbf{h} \leq \mathbf{a}$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = C_0 + C_1 \Rightarrow \mathbf{h} > \mathbf{a}$$

- C_0 é o efeito pepita ou semivariância mínima;
- $C_0 + C_1$ é o patamar ou semivariância máxima;
- a é o alcance ou raio de agregação.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

No talhão 1, a média da severidade da doença nas plantas foi de 0,74, e a incidência de plantas com sintomas nesse talhão foi de 30,92%. No talhão 2, a severidade foi menor (0,10) e 4,87% de plantas apresentavam sintomas.

Destaca-se que as menores severidades do cancro, foram encontradas nos talhões 5, 6, 7, 15, 24 e 26 com média de severidade inferior a 0,04 que conseqüentemente apresentaram a menor porcentagem de plantas doentes, inferior a 0,17% (Figura 3).

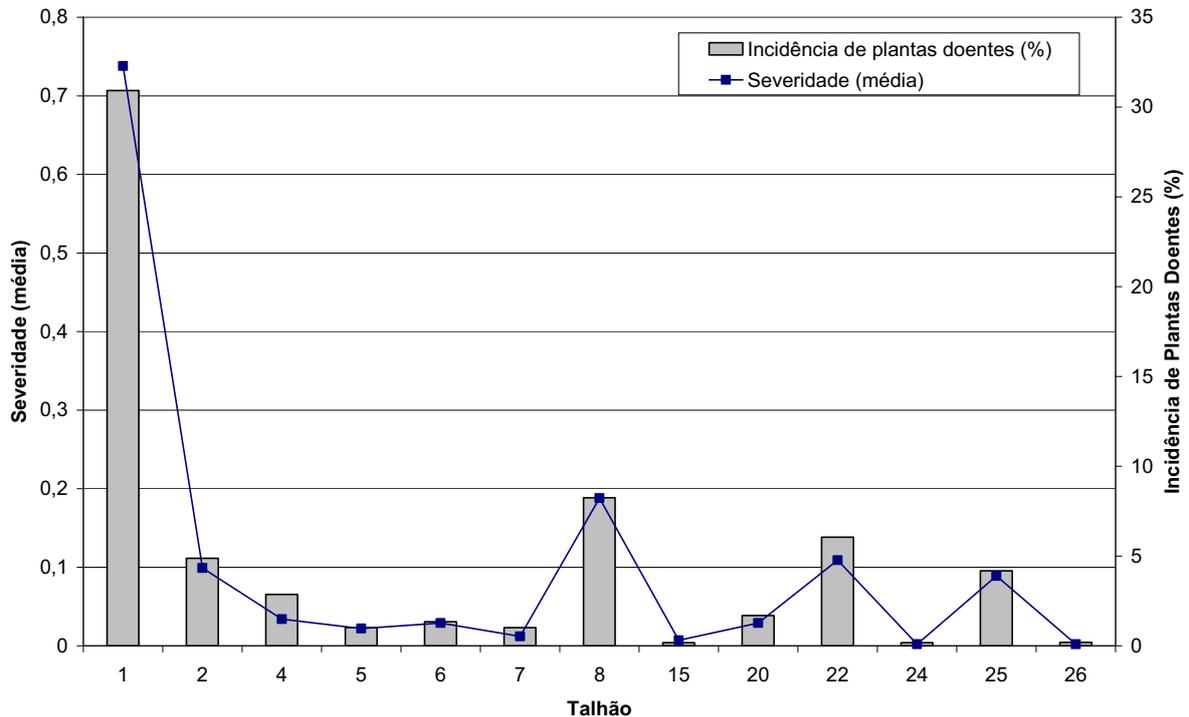


Figura 3 - Média da severidade e incidência de plantas doentes de laranjeira 'Natal' com cancro cítrico em talhões avaliados em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

Na análise geoestatística, a variável avaliada foi a severidade de cancro cítrico em cada um dos 13 talhões de citros. A dependência espacial da severidade foi estudada por meio de semivariogramas e o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o esférico, apresentando o maior coeficiente de determinação (Figuras 4 e 5).

Nesses talhões, em que houve ajuste dos semivariogramas o raio de agregação variou de 30 a 45 m, indicando que houve dependência espacial das plantas doentes com distribuição agregada (Figura 4 e 5). NUMAZAWA et al. (2005) estudando distribuição espacial de cancro cítrico em 38 talhões cultivados com 'Pêra Rio', localizados na região de Boa Esperança do Sul (SP), observaram que o raio de agregação de plantas doentes foi de 65 m, cujo o semivariograma que melhor se ajustou aos dados foi o modelo esférico. Os autores citaram, ainda, que o raio de 30 m para a erradicação do cancro cítrico no Estado de São Paulo, atualmente adotado, foi inadequado para evitar a disseminação da doença nos pomares contaminados.

Para os talhões 5, 6, 7, 15 e 26 não houve ajuste dos semivariogramas (Figura 6). Isso pode ser justificado pela média da severidade de plantas doentes, que nestes talhões foi muito baixa (Figura 3). Sendo assim, a forma de distribuição das plantas doentes foi aleatória, ou seja, não houve a formação de reboleiras.

Outro índice importante obtido pelo semivariograma é a relação $C_0/(C_0+C_1)$, que indica a forma de distribuição da doença. Segundo JOURNEL & HUIJBREGTS (1978) os valores da relação $C_0/(C_0+C_1)$ abaixo de 0,8 indicam distribuição agregada da variável. No presente estudo, os valores obtidos nos talhões em que houve ajuste (1, 2, 4, 8, 20, 22, 24 e 25) variaram de 0,5 a 0,8 (Figuras 4 e 5), indicando que as plantas com cancro cítrico se distribuíram de forma agregada, ou seja, na forma de reboleiras nas áreas.

Algumas pesquisas que utilizaram a geoestatística para avaliar a dependência espacial e a expansão de outras doenças do citros também foram desenvolvidas.

GOTTWALD et al. (1996) avaliaram a incidência da tristeza dos citros, transmitida pelo pulgão (*Aphis gossypii*) em pomares de laranja no leste da Espanha durante 14 anos. Os autores verificaram que a utilização do semivariograma de espaço-tempo confirmou a falta de dependência espacial da infecção entre as plantas que apresentaram a doença e as que não apresentaram, durante o período de avaliação.

A geoestatística também foi utilizada para estudar a dependência espacial de diversos patógenos causadores de doenças em outras culturas, como *Fusarium oxysporum* em tomateiro (REKAH et al., 1999), *Phytophthora infestans* em tomateiro e batateira (JAIME-GARCIA et al., 2001), *Venturia inaequalis* em macieira (CHAREST et al., 2002), *Colletotrichum* spp. em feijoeiro e algodoeiro (ALVES et al., 2006). Em todos os estudos foi possível constatar dependência espacial das plantas doentes com posterior expansão da doença que ocorreu praticamente por toda área.

ROBERTO et al. (2002) estudaram a dependência espacial da clorose variegada dos citros (CVC) e também verificaram distribuição agregada da doença no campo, com um alcance de dependência espacial das plantas doentes de 10 a 14 m. Os autores observaram através dos mapas de krigagem, expansão da CVC na área e concluíram

que o uso da geoestatística foi de extrema importância para verificar o comportamento da doença no campo.

Avaliando a forma de distribuição de plantas com 'greening' numa propriedade cultivada com laranjeira 'Valência', LEAL (2009) observou que houve dependência espacial das plantas doentes, resultado na formação de um raio de agregação de 55 a 100 m, com conseqüente expansão da doença na área experimental.

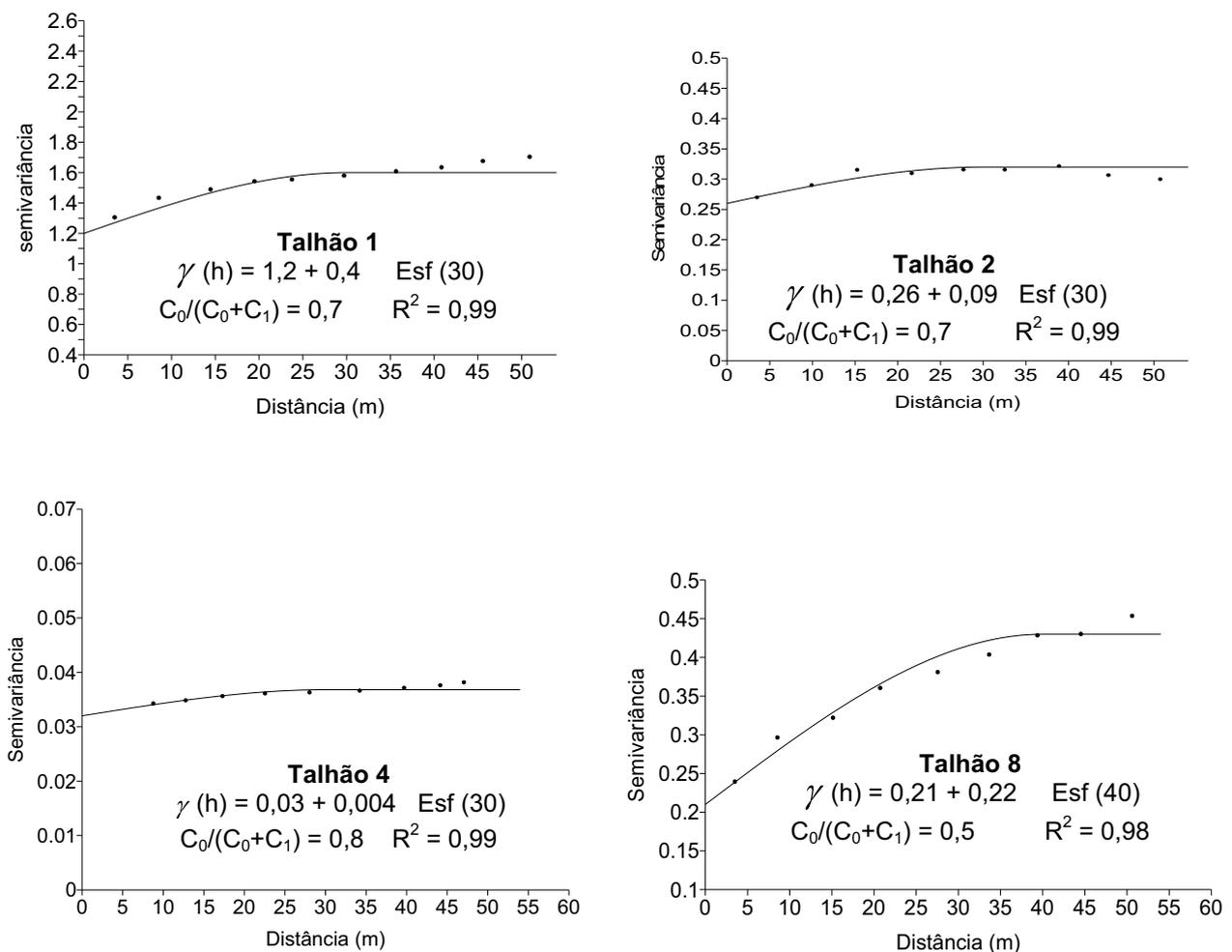


Figura 4 - Semivariogramas da severidade de cancro cítrico nos talhões 1, 2, 4 e 8 cultivados com laranjeiras 'Natal', avaliados em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

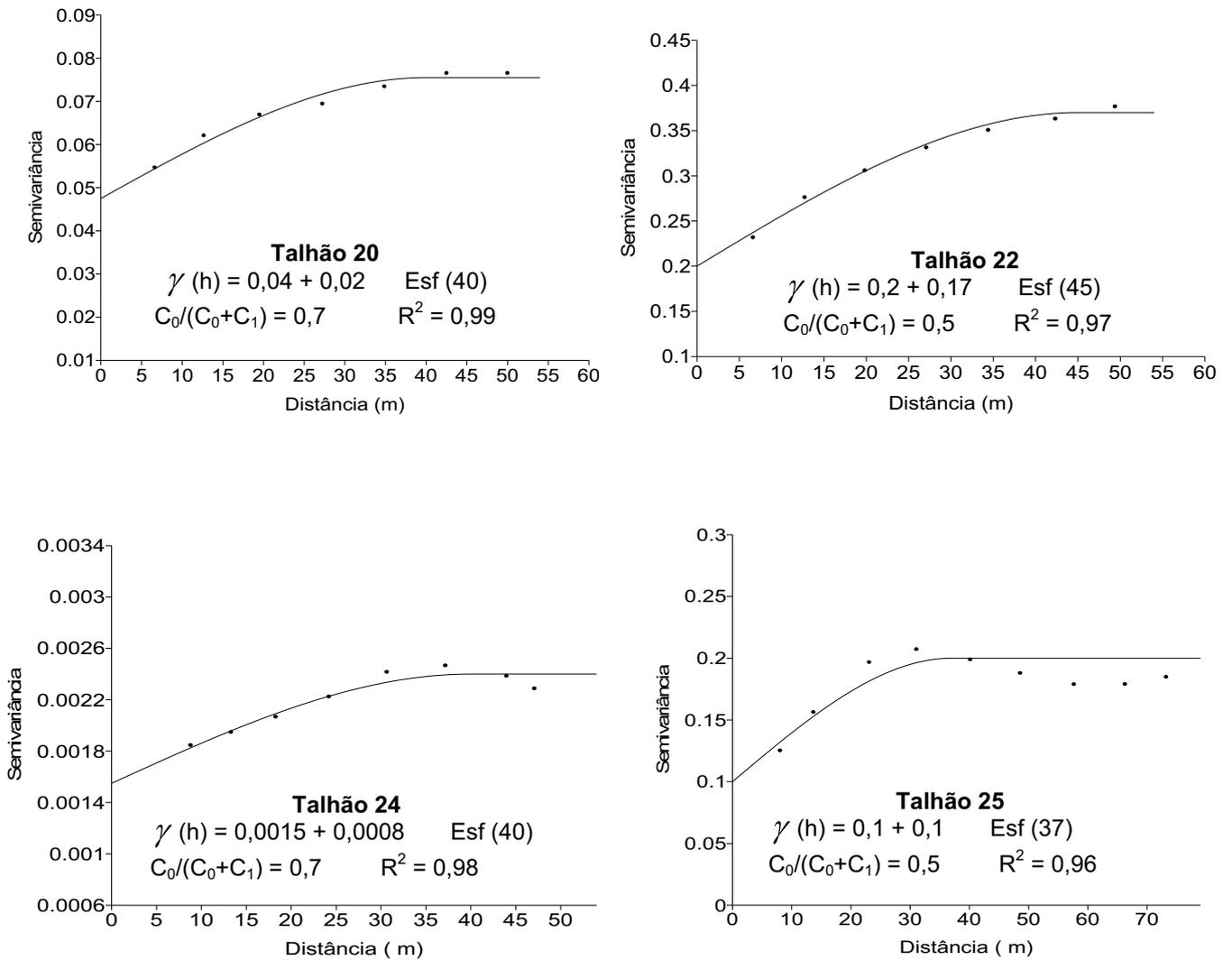


Figura 5 - Semivariogramas da severidade de cancro cítrico nos talhões 20, 22, 24 e 25 cultivados com laranjeiras 'Natal', avaliados em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo - Brasil

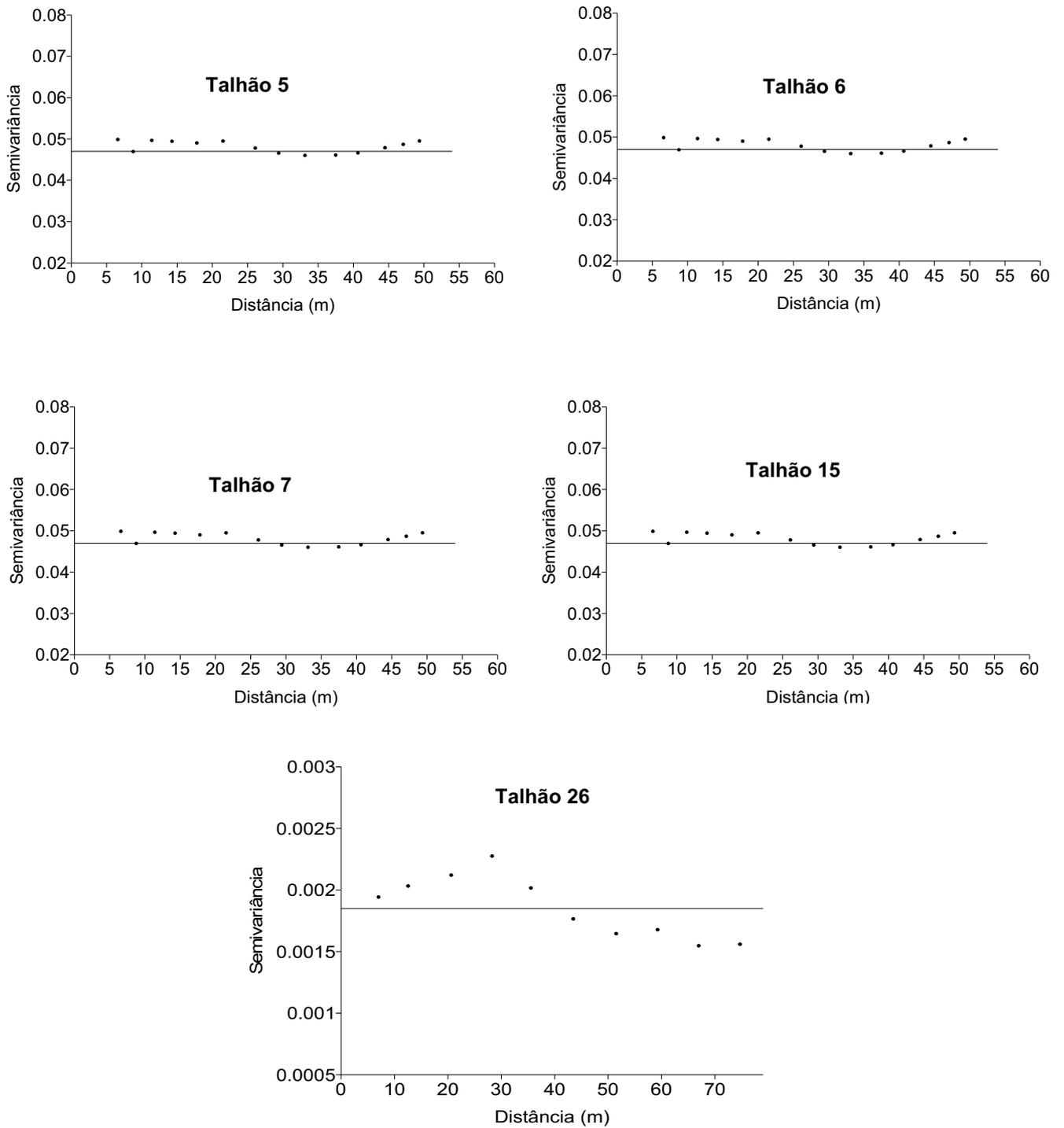


Figura 6 - Semivariogramas dos talhões 5, 6, 7, 15 e 26 cultivados com laranja 'Natal', avaliados em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

Para uma melhor visualização da severidade de plantas com cancro, foram elaborados os mapas de krigagem. Verificou-se, no primeiro talhão, que as reboleiras de plantas doentes estiveram mais próximas dos limites da área, formando posteriormente reboleiras de plantas com cancro com raio de agregação de 30 m. Provavelmente, essas plantas doentes situadas nos limites do talhão (Figura 7) estão mais expostas aos agentes contaminantes e disseminadores.

Resultados semelhantes foram observados para os demais talhões, quando a reboleira de plantas doentes foi originada nos limites do talhão, com raio de agregação que variou de 30 a 45 m (Figuras 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14).

O alcance de dependência espacial é de grande importância, pois além de indicar o raio de agregação das plantas de citros com cancro nos permite recomendar o raio de erradicação dessas plantas. Por meio do raio de agregação, obtido pelos semivariogramas, pode-se concluir, nessas condições do estudo, que o raio de erradicação das plantas com cancro cítrico variou de 30 a 45 m (Figuras 4 e 5), quando a média da severidade de plantas doentes foi superior a 0,04 (Figura 3).

De acordo com BRASIL (1987) o raio de erradicação de plantas com cancro foi de 50 m. A partir de 1995, o critério para a erradicação de plantas doentes foi alterado, adotando-se raio de erradicação de 30 m. Entretanto, com a introdução da larva minadora, o raio de erradicação de 30 m passou a não ser mais eficiente no controle, pois com muita frequência a doença passou a ser constatada nas reinspeções realizadas, após 90 dias (BRASIL, 1995). Em 1999 uma nova portaria foi estabelecida pela Coordenadoria de Defesa Agropecuária, onde se houvesse a constatação de uma planta contaminada resultava na inspeção de todo o talhão por três equipes de inspeção diferentes. Se o número de árvores doentes for menor que 0,5% do talhão, são erradicadas a planta-foco e as que estiverem em um raio de 30 m. Caso o número de árvores doentes ultrapasse 0,5% do talhão, todo este é erradicado (DIÁRIO OFICIAL, 1999). A partir de 2008 uma nova determinação estipulou a erradicação somente das plantas doentes e das demais cultivadas num raio de 30 m (UNISITE, 2010).

NUMAZAWA et al. (2005) estudaram a presença de cancro cítrico por meio da utilização de mapas de krigagem e verificaram que houve um foco inicial de plantas doentes e no decorrer das amostragens houve a expansão da doença por toda a área delimitado por um raio de agregação, que no caso, foi de 70 m.

A adoção de um raio de erradicação pressupõe a eliminação das plantas foco e das demais suspeitas de infecção, dispostas ao redor da planta foco. As distâncias de disseminação da doença são o fator preponderante na definição da estratégia a ser adotada na erradicação do cancro cítrico (GOTTWALD et al., 2002). Como demonstrado por BELASQUE JÚNIOR (2005) e BELASQUE JÚNIOR. et al. (2007), a disseminação do cancro cítrico, determinada pelas distâncias entre plantas doentes em pomares em São Paulo, dá-se muitas vezes a dezenas, ou mesmo algumas centenas de metros. Portanto, é razoável afirmar que maiores eficácias poderiam ser obtidas na erradicação da doença aplicando-se raios de erradicação superiores a trinta metros (BELASQUE JÚNIOR et al., 2009).

A distribuição de plantas com cancro dos talhões em que não houve ajuste do semivariograma e, portanto, a distribuição dessas plantas foi aleatória na área, estão apresentadas na Figura 6. Verifica-se por meio desses mapas de krigagem que, apesar da ocorrência das plantas doentes serem isoladas na área, as mesmas também se localizaram nos limites do talhão (Figuras 15, 16, 17, 18 e 19).

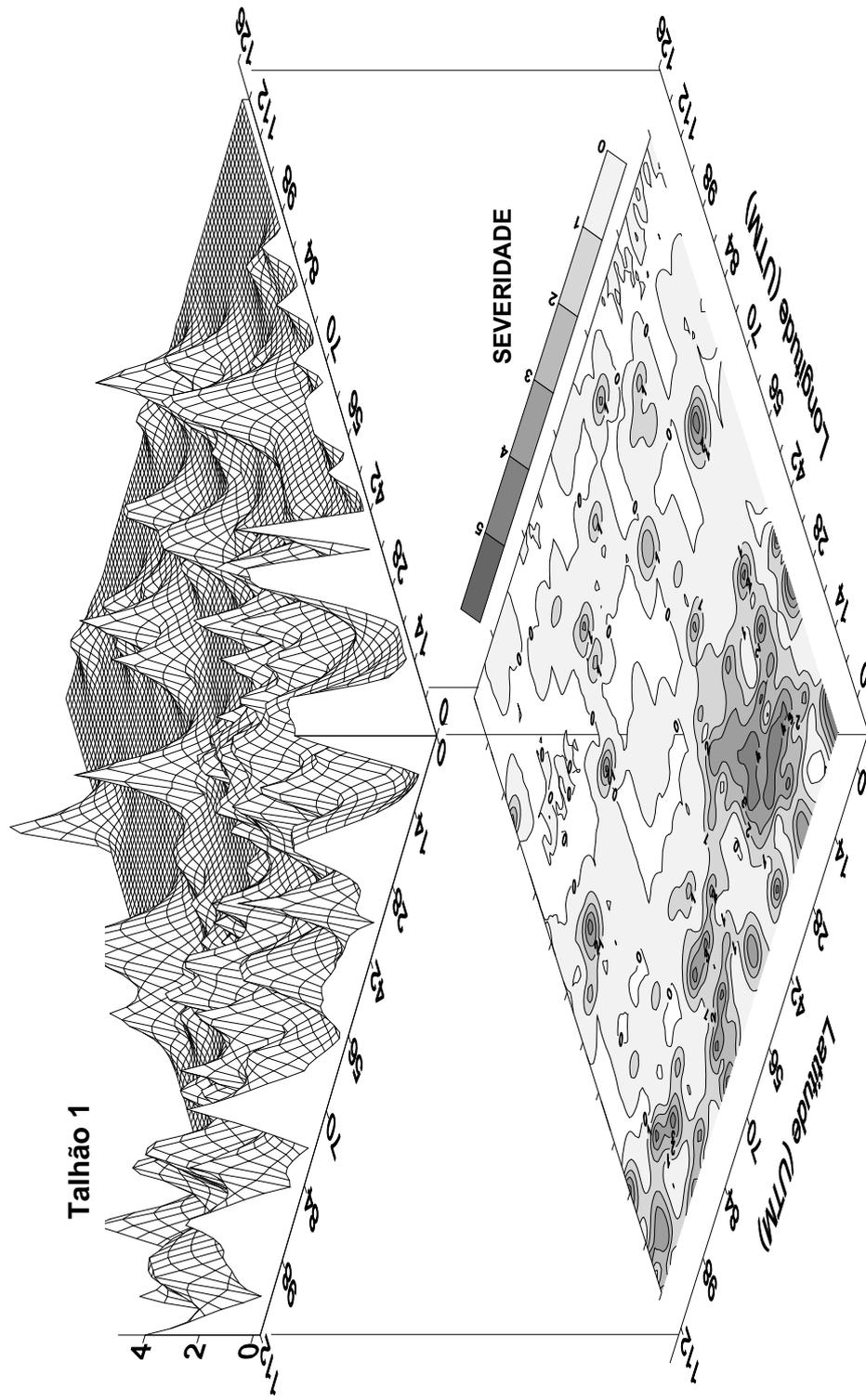


Figura 7 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 1 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

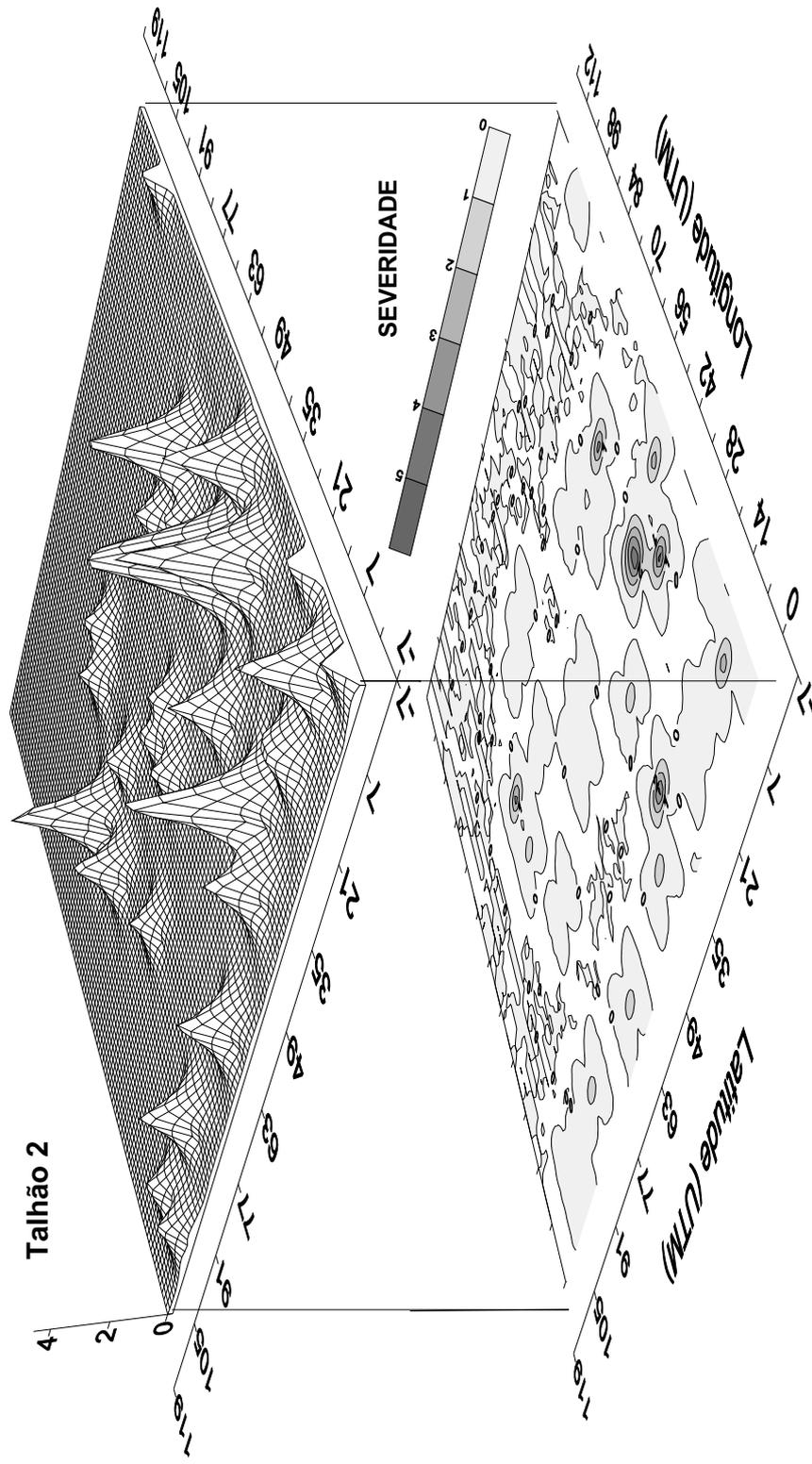


Figura 8 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 2 cultivado com laranja 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

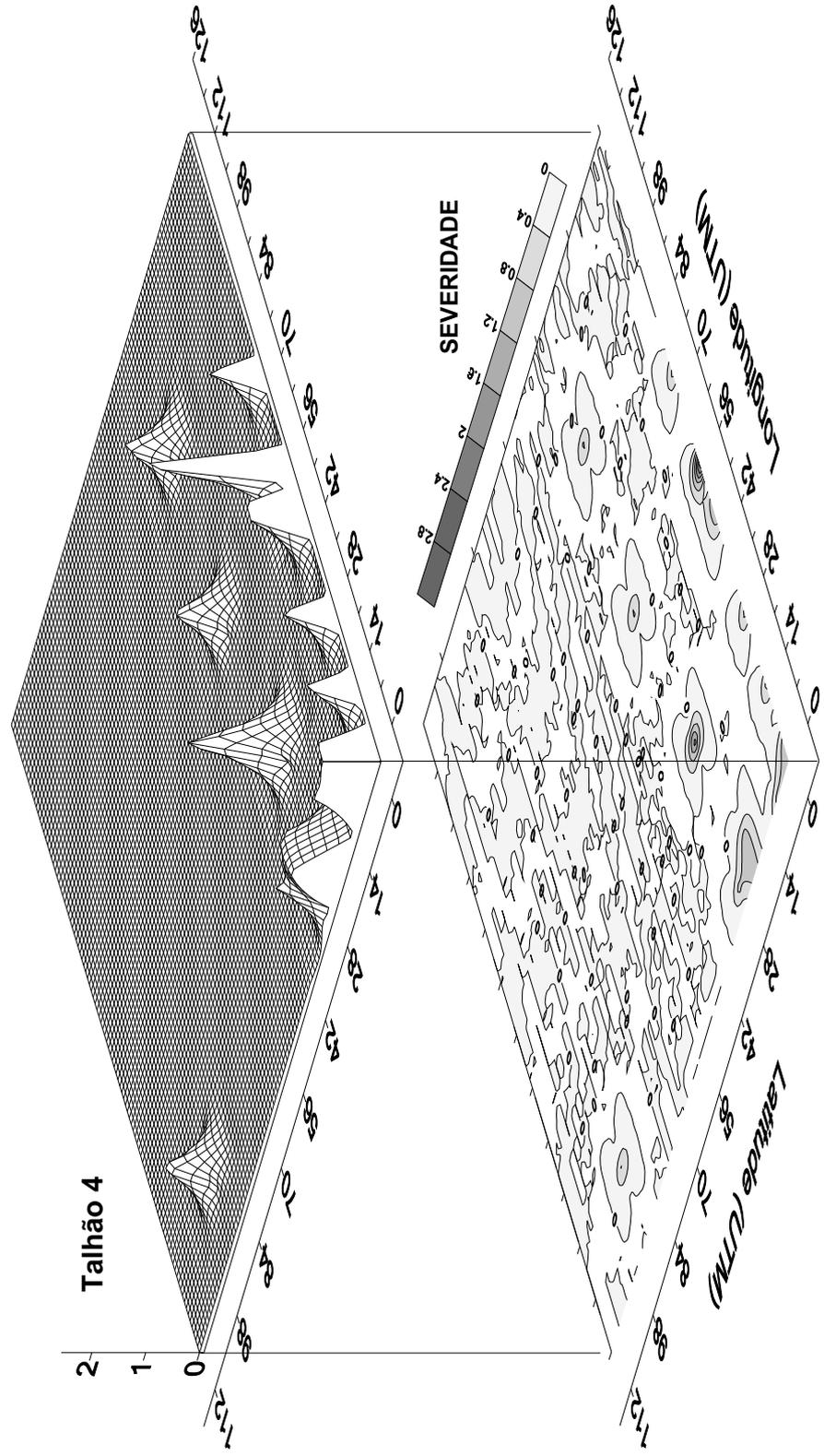


Figura 9 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 4 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

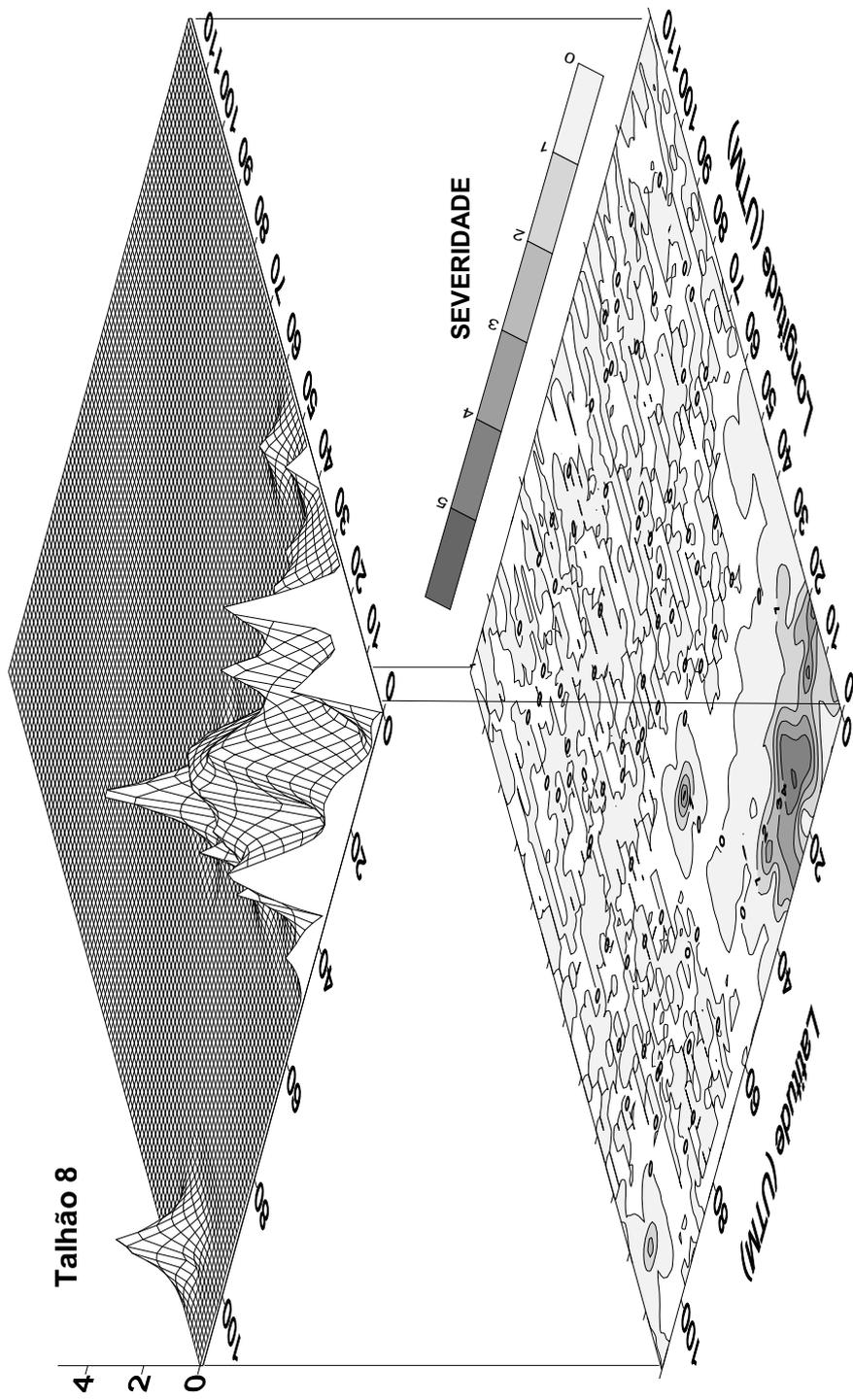


Figura 10 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 8 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

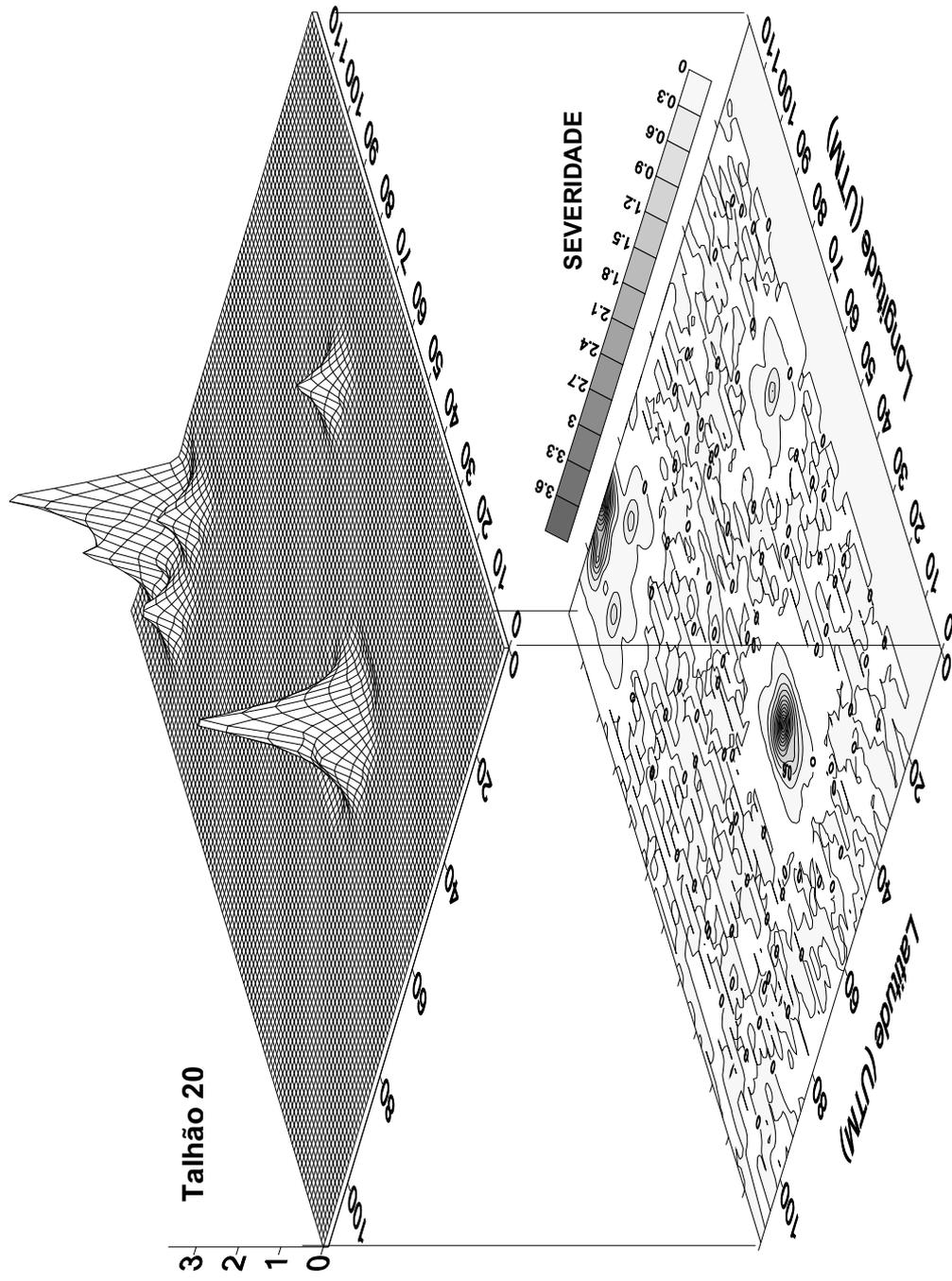


Figura 11 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 20 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

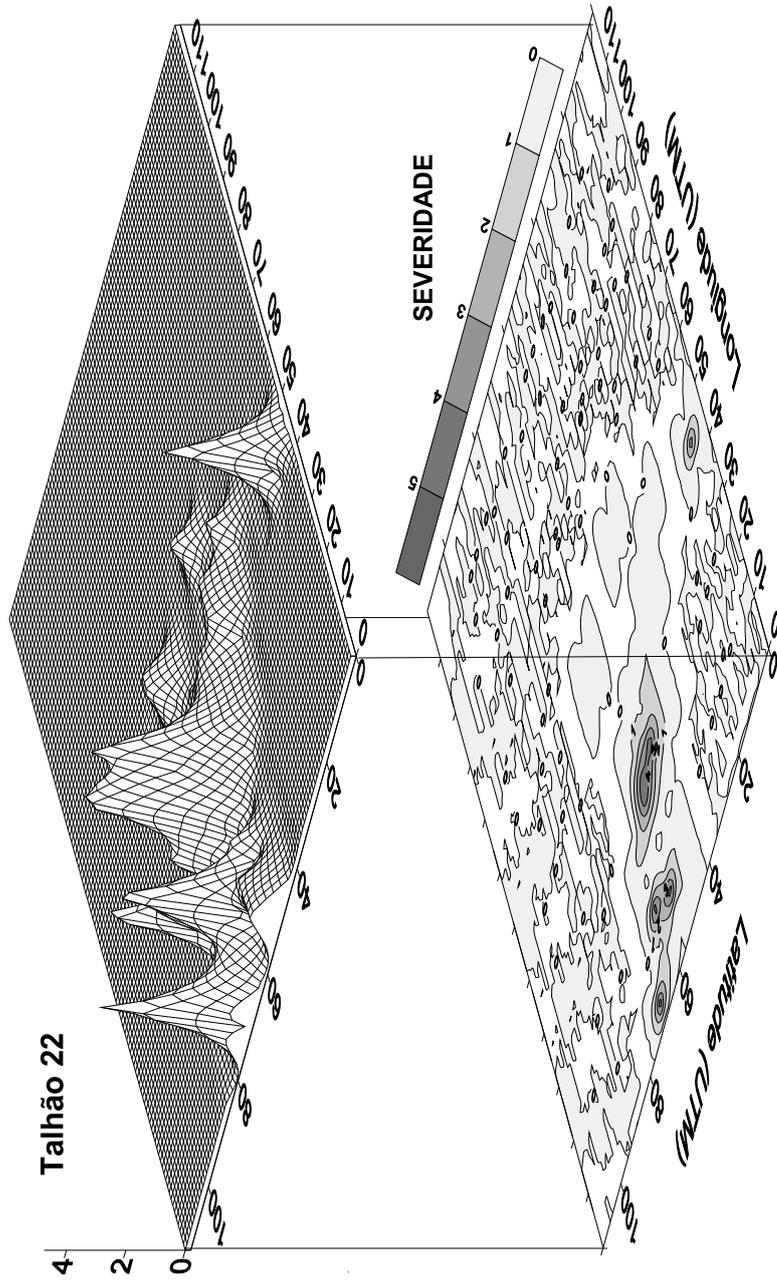


Figura 12 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 22 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

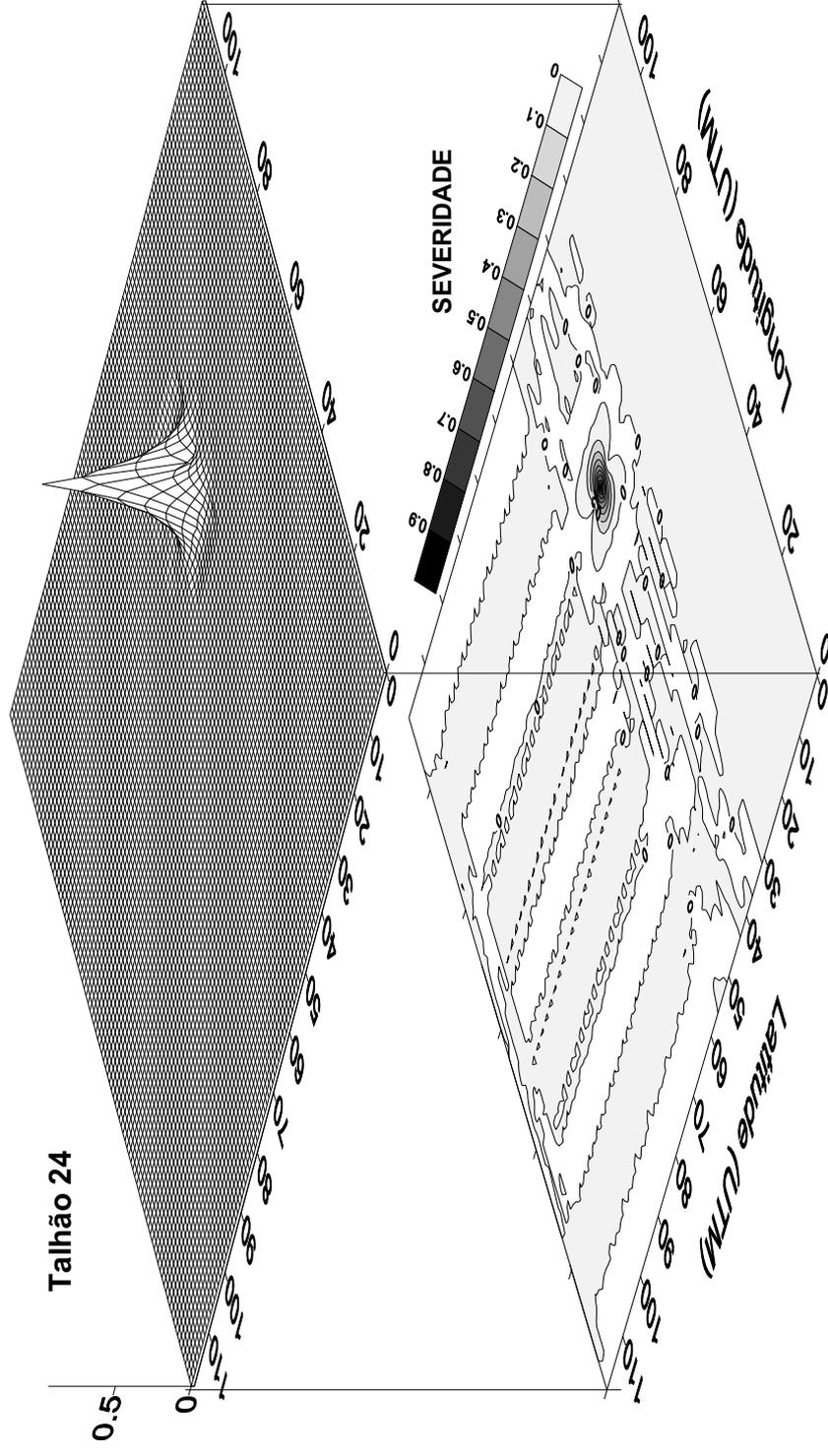


Figura 13 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 24 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

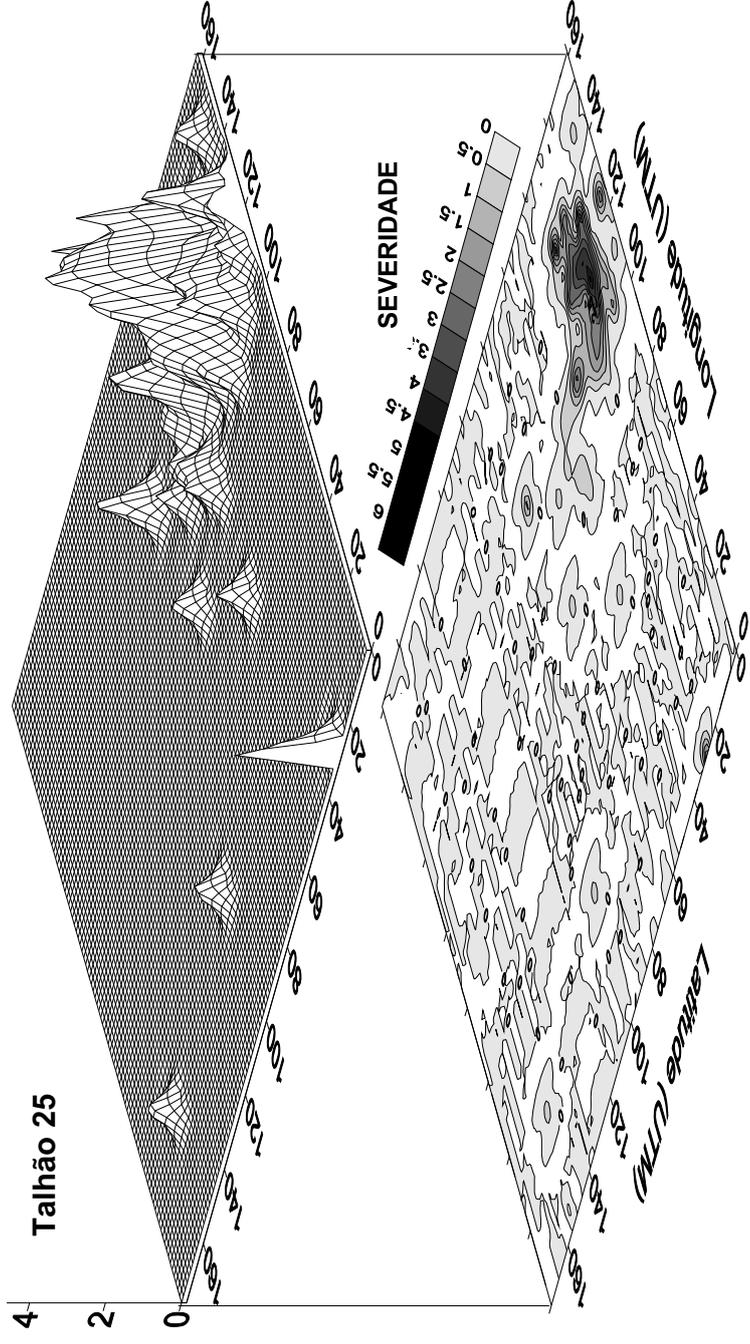


Figura 14 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 25 cultivado com laranja 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

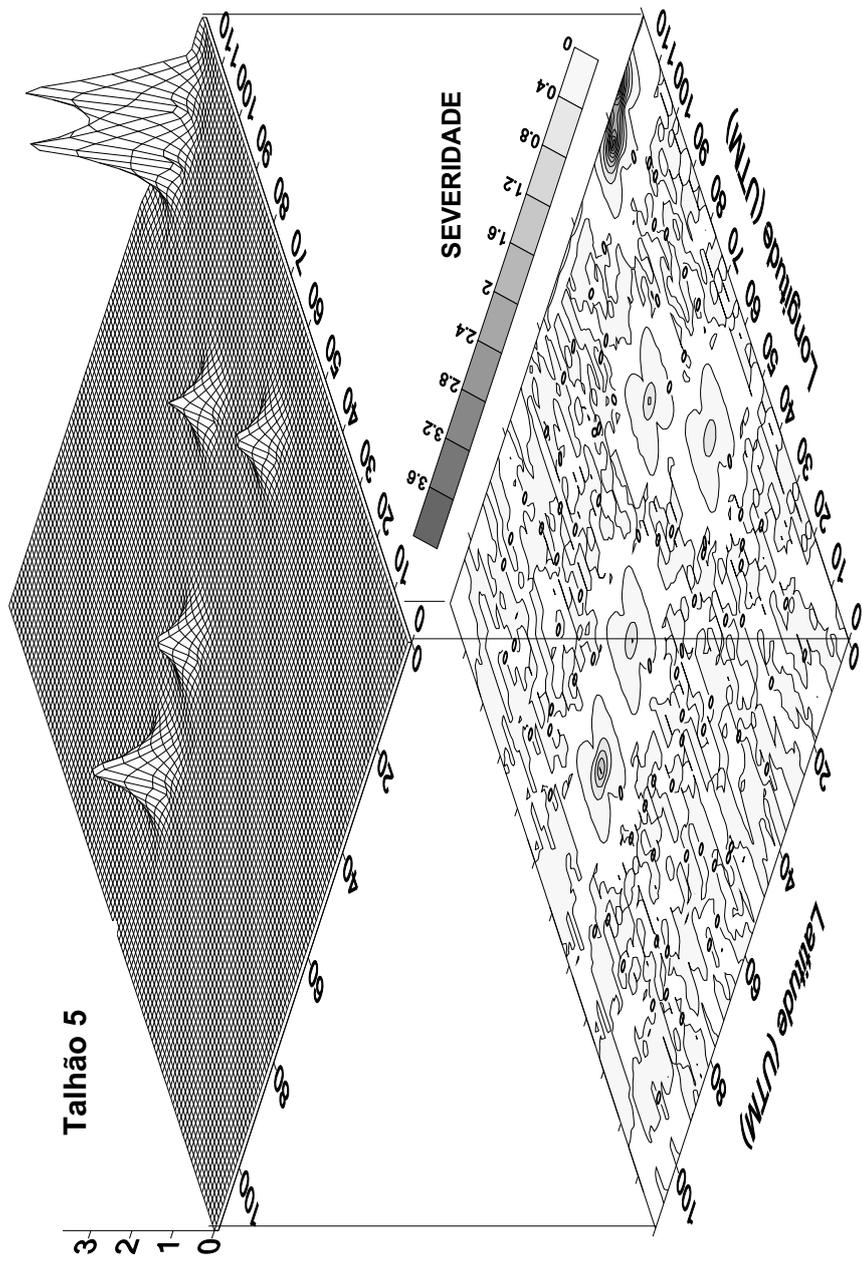


Figura 15 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 5 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

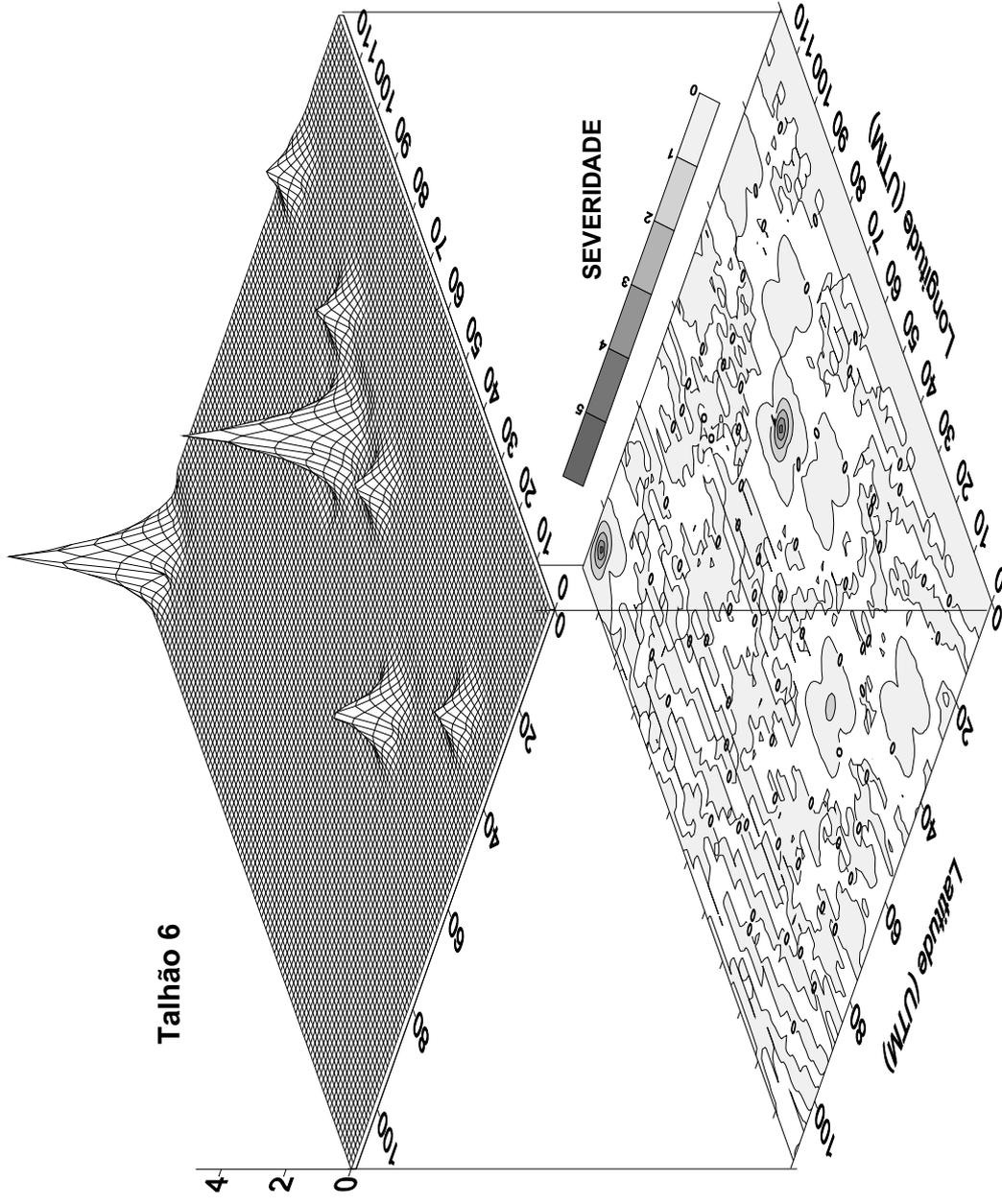


Figura 16 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 6 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliada em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

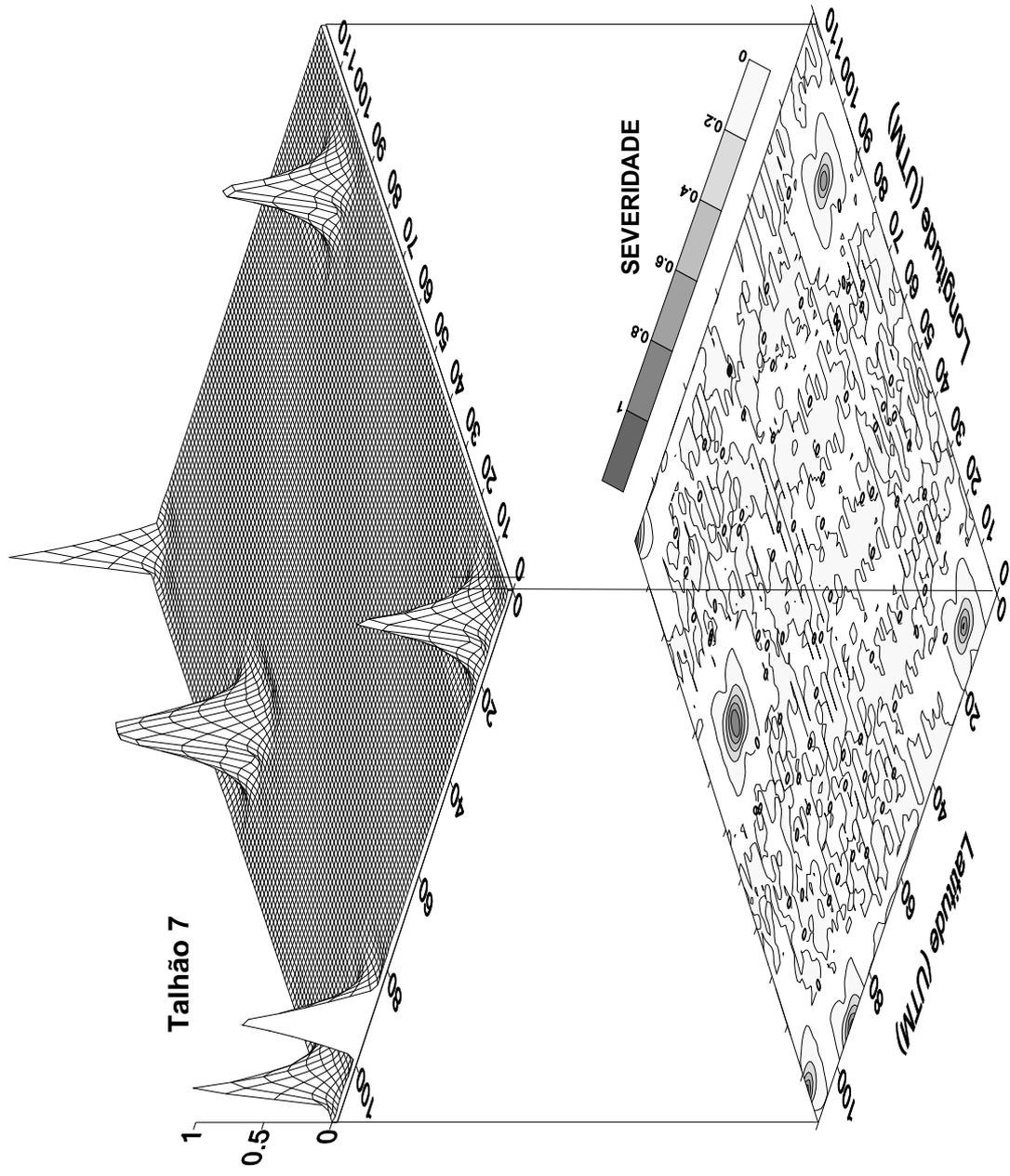


Figura 17 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 7 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

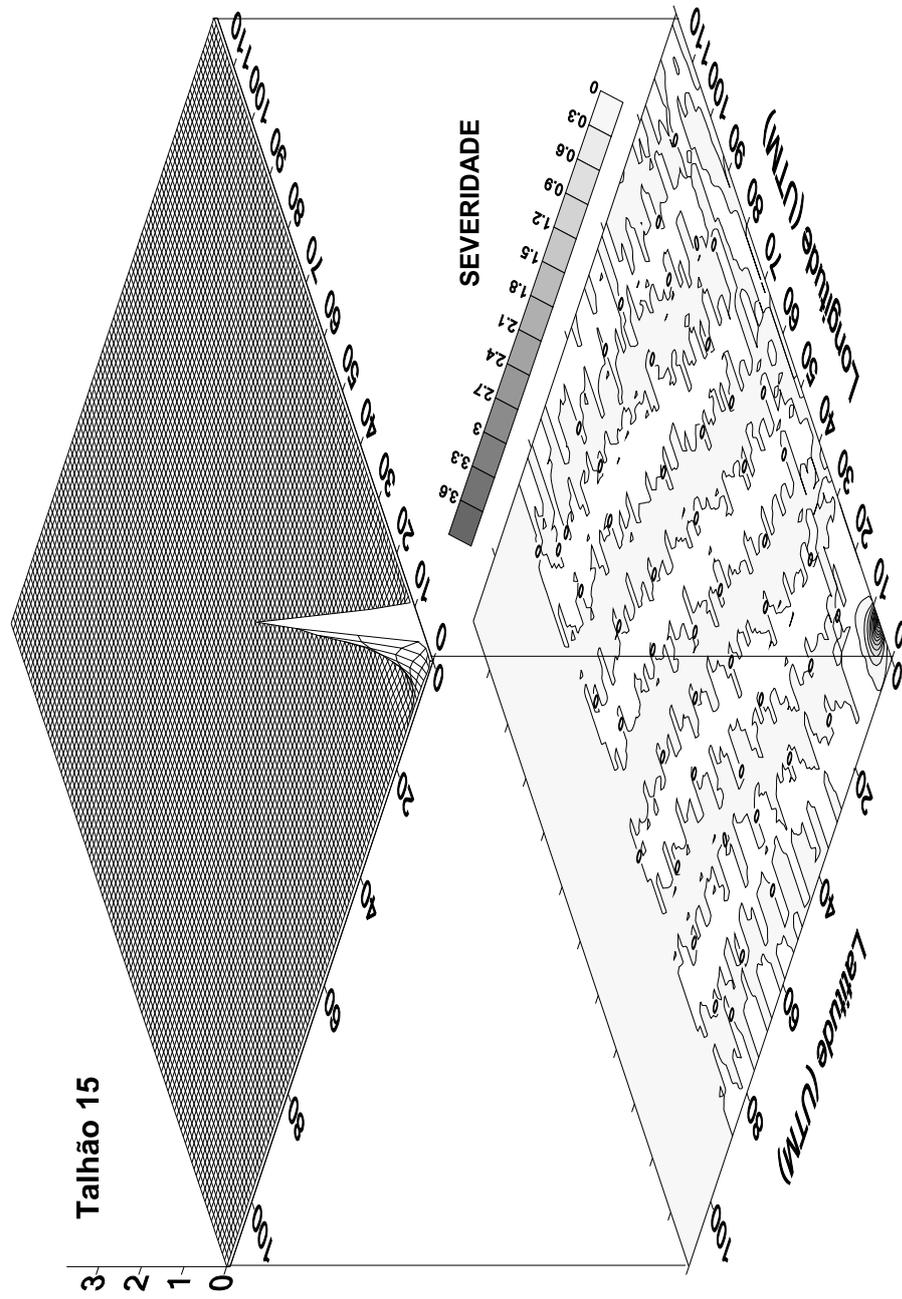


Figura 18 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 15 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

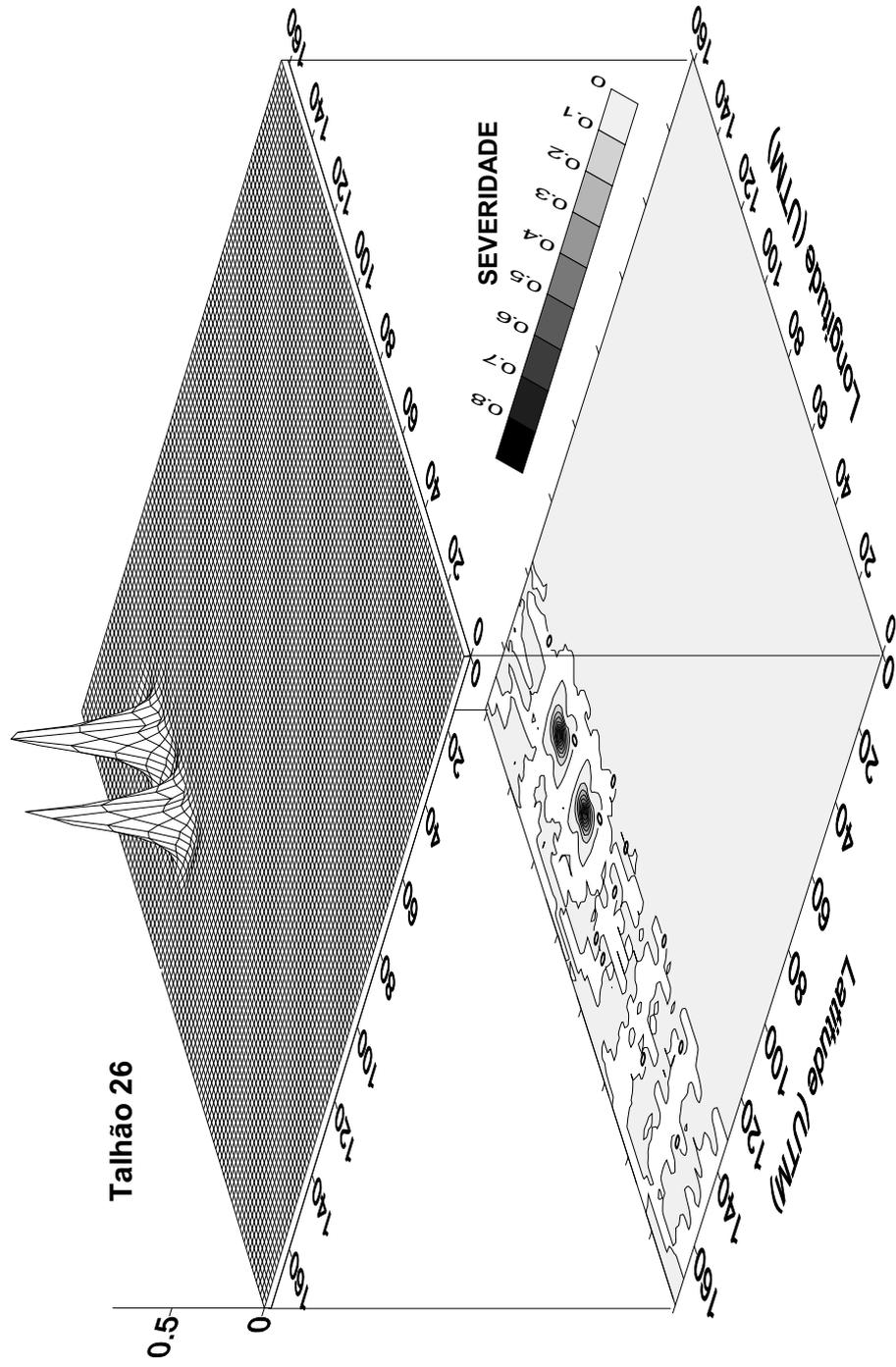


Figura 19 - Distribuição espacial de cancro cítrico no talhão 26 cultivado com laranjeira 'Natal', avaliado em fevereiro de 2004. Estado de São Paulo – Brasil.

5. CONCLUSÕES

- Quando a severidade da doença é menor que 0,04, o semivariograma apresentou efeito pepita puro, indicando que não houve dependência espacial.
- A distribuição de cancro cítrico no talhão é agregada, com raio de agregação de 30 a 45 m.
- As reboleiras de plantas doentes ocorreram nos limites do talhão.
- São necessários mais estudos para que se tenha subsídio para redefinir o raio de erradicação do patógeno.

6. REFERÊNCIAS

ADRIAANSEN, C. Current status of citrus canker control programs in Queensland, Australia. Proceedings, **2^o International citrus canker and huanglongbing research workshop**, Orlando, Flórida. 2005. p. 90.

AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Agra FNP. Pesquisas, 2010. 520 p.

ALVES, M.C.; POZZA, E.A.; MACHADO, J.C.; ARAÚJO, D.V.; TALAMINI, V.; OLIVEIRA, M.S. Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p. 557-563, 2006.

AMARAL, S.F. do. Providências para a erradicação do cancro cítrico. **O Biológico**, São Paulo, v.23, p.112-123, 1957.

AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. A epidemiologia do cancro cítrico. 3º Encontro de Fitopatologia: Doenças de Fruteiras Tropicais. Viçosa: **Universidade Federal de Viçosa**, p. 1-17, 1999.

ARAÚJO, E.F.; ROQUE, N. Taxonomia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, cap.6, p.107, 2005.

BARBOSA, J.C.; GIMENES-FERNANDES, N.; MASSARI, C.A.; AYRES, A.J. Incidência e distribuição de cancro cítrico em pomares comerciais do Estado de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.27, p.30-35, 2001.

BARRIGOSI, J.A.F.; YUONG, L.J.; CRAWFORD, C.A.G.; HEIN, G.L.; HIGLEY, L.G. Spatial and probability distribution of mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) egg mass populations in dry bean. **Environmental Entomology**, v.30, p. 244-253, 2001.

BELASQUE JÚNIOR, J. **Dinâmica espacial do cancro cítrico, interação com a larva minadora dos citros (*Phyllocnistis citrella*) e diversidade genética do seu agente causal (*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*)**. 2005. 171 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

BELASQUE JÚNIOR, J.; GIMENES-FERNANDES, N.; MASSARI, C.A. O sucesso da campanha de erradicação do cancro cítrico no estado de São Paulo, Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.35, n.2, p.91-92, 2009.

BELASQUE JÚNIOR, J.; SPÓSITO, M.B.; BASSANEZI, R.B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; GOTTWALD, T.R. Epidemias de cancro cítrico. **II Workshop de epidemiologia de doenças de plantas**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, p.96-99, 2007.

BERGAMIN FILHO, T.; AMORIM, L.; LARANJEIRA, F.; GOTTWALD, T. R. Epidemiology of citrus canker in Brazil with and without the Asian citrus leafminer. In: BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Mudança do padrão espacial do cancro cítrico exige novas regras para erradicação. **Revista do Fundecitrus**, Araraquara, n.94, p.12, 1999.

BITANCOURT, A.A. O Cancro Cítrico. **O Biológico**, São Paulo, v.23, p.101-111, 1957.

BOTEON, M.; NEVES, E.M. Citricultura brasileira: aspectos econômicos. In: MATTOS JÚNIOR, D.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.) **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico Fundag, 2005. cap.2, p.19-36.

BRADBURY, J. F. **Guide to plant Pathogenic Bacteria**. Slough: C.A.B. International, p. 332, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária – Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria 282. Diário Oficial da União, Brasília, n.235, p.21476-21478, 1987.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária – Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria 62. Diário Oficial da União, Brasília, n.57, p.3970-3972, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária – Secretaria de Defesa Agropecuária. **Alerta Quarentenário 4**. Brasília, 1996, 2p.

BROWN, K. Florida fights to stop citrus canker. **Science**, v.292, p.2275-2278, 2001.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Fieldscale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.1501-1511, 1994.

CHAREST, J.; DEWDNEY, M.; PAULITZ, T.; PHILION, V.; CARISSE, O. Spatial distribution of *Venturia inaequalis* airborne ascospores in orchards. **Phytopathology**, Saint Paul, v.92, n.7, p. 769-779, 2002.

DESTÉFANO, S.A.L.; RODRIGUES NETO, J.; BALANI, D.M.; FERREIRA, M.; TRASSATO, L.C. Caracterização genética por rep-PCR de linhagens de *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* oriundas do estado de Roraima. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.29, p.90, 2003. (Resumo 166).

DIÁRIO OFICIAL de São Paulo (1999) Leis, decretos, etc. Portaria da Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA) nº17 de 06 de Agosto de 1999. Diário Oficial, 07 de Agosto de 1999. Seção 1, p.14. Dispõe sobre a erradicação do cancro cítrico.

DONADIO, L.C.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; MOREIRA, C.S. Centro de origem, distribuição geográfica das plantas cítricas e histórico da citricultura no Brasil. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, cap.1, p.3, 2005.

FAWCETT, H.S.; JENKINS, A.E. Records of citrus canker from herbarium specimens of the genus citrus in England and the United States. **Phytopathology**, Saint Paul, v.23, p.820-824, 1933.

FEICHTENBERGER, E.; BASSANEZI, R.B.; SPÓSITO, M.B.; BELASQUE JÚNIOR, J. Doenças dos Citros (*Citrus* spp.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de Fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas, 4 ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 2005, v.2, cap.28, p.239.

GARRIT, G. M.; HOLT, J. G. An overview of the road map to the manual. **Systematic Bacteriology**. 2.ed. New York: Springer, p. 20, 2000.

GIMENES-FERNANDES, N.; BARBOSA, J.C.; AYRES, A.J.; MASSARI, C.A. Plantas doentes não detectadas nas inspeções dificultam a erradicação do cancro cítrico. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.26, p.320-325, 2000.

GOTO, M. Plant diseases of international importance citrus canker. In: KUMAR, J; CHAUBE, H.S.; SING, U.S.; MUKHOPADHYAY, A.N.. **Diseases of Fruit Crops**, Prentice Hall Publ., Englewood Cliffs. 7 ed., v.3, p.170-208, 1992.

GOTTWALD, T.R.; CAMBRA, M.; MORENO, P.; CAMARASA, E.; PIQUER, J. Spatial and temporal analyses of citrus tristeza virus in eastern Spain. **Phytopathology**, Saint Paul, v.86, n.1, p.45-55, 1996.

GOTTWALD, T.R.; HUGES, G.; GRAHAM, J.H.; SUN, X.; HILEY, T. The citrus canker epidemic in Florida: the scientific basis of regulatory eradication policy for an invasive species. **Phytopathology**, Saint Paul, v.91, .30-34, 2001.

GOTTWALD, T.R.; SUN, X.; RILEY, T.; GRAHAM, J.H.; FERRANDINO, F.; TAYLOR, E.L. Geo-referenced spatiotemporal analysis of the urban citrus canker epidemic in Florida. **Phytopathology** , Saint Paul, v. 92, p.361-377, 2002.

GUIMARÃES, E.C.; AQUINO, L.H.; OLIVEIRA, M.S. A variabilidade espacial do pH e da argila dispersa em água em um Latossolo roxo no município de Lavras, MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v.16, n.1, p.12-17, 1992.

HASSE, C.H. *Pseudomonas citri*, the cause of citrus canker. **Journal of Agricultural Research**, v.4, p.97-100, 1915.

ISSAACS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistical.** Oxford: University Press, 1989.

JAIME-GARCIA, R.; ORUM, T.V.; FELIX-GASTELUM, R.; TRINIDAD-CORREA, R.; VANETTEN, H.D.; NELSON, M.R. 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**, Saint Paul, v.91, n. 12, p. 1156-1165, 2001.

JOURNEL, A.G.; HUIJBREBTS, C.J. **Mining geostatistics.** Academic Press, London. 1978.

KHAN, L. D.; HINGORANI, M. K. Strain studies on *Xanthomonas citri* (Hasse) Dowson . **Journal Hort. Science**, v. 45, p. 15-17, 1970.

KRIEG, N. R.; HOLT, J. G. (Ed.). **Bergey's manual of systematic bacteriology.** Baltimore: Williams & Wilkins, 1984. v. 1.

KRIGE, D.G. 1951. **A statistical approach to some mine valuation and allied problems on the Witwatersrand.** MS. Thesis. University of the Witwatersrand, Johannesburg, 1951.

LAMPARELLI, R.A.C.; ROCHA, J.V.; BORGHI, E. **Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações.** Guaíba: Agropecuária, 2001. 118p.

LEAL, R.M. **Distribuição espacial de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) e sua relação com a expansão do greening em laranjeira Valência, utilizando geoestatística.** 2009. 97f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.

LEITE JÚNIOR, R.P. Prevenção do cancro cítrico com hidróxido de cobre. **Citricultura Atual**, n.29, p.12-14, 2002.

LEITE JÚNIOR, R.P. Cancro Cítrico: Prevenção e controle no Paraná – Boletim nº 61. IAPAR, Londrina 1990, 51p.

LEITE JÚNIOR, R.P.; MOHAN, S.K. Integrated management of the citrus bacterial canker disease caused by *Xanthomonas campestris* pv. *citri* in the state of Paraná, Brazil, **Crop Protection**, v.9, p.3-7, 1990.

LIBARDI, P.L. Variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de partículas ao longo de uma transeção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, p.85-90, 1986.

LIU, Y.H.; TSAI, J.H. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Annals of Applied Biology*, Warwick, v.137, p.201-206, 2000.

MALAVOLTA JÚNIOR, V.A.; NAMEKATA, T.; RODRIGUES NETO, J. Ocorrência de cancro cítrico na Bolívia. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.26, p.128, 2000.

MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O.de; POMPEU JÚNIOR, J. CITROS: principais informações e recomendações de cultivo. Disponível em <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Citros/Citros.htm>> Acesso em: 17 de jul. de 2010.

MENDONÇA, E.T. **Cancro Cítrico (*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*) no Estado de São Paulo** (Monografia para título de Especialista em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Agrícolas). Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2003, p.58.

NAMEKATA, T. **Estudo comparativo entre *Xanthomonas citri* (Hasse) Dow., agente causal do cancro cítrico e *Xanthomonas citri* (Hasse) Dow., N.f.sp. *aurantifolii*, agente causal da cancriose do limoeiro Galego.** (Tese de Doutorado em Agronomia). Piracicaba, Escola Superior “Luiz de Queiroz”, 1971.

NAMEKATA, T.; ROSSI, A.C.; CERÁVOLO, L.C. Avaliação de novos métodos de erradicação do Cancro Cítrico. **Laranja**, Cordeirópolis, v.17, p.67-78, 1996.

NASCIMENTO, J.F.; RODRIGUES NETO, J.; ALVES, J.M.A.; RÊGO, M.M.; ARAÚJO, A.E.S. Ocorrência de cancro cítrico no estado de Roraima. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.29, p.81, 2003. (Resumo 131).

NUMAZAWA, C.S.; FARIAS, P.R.S.; BERGAMIN FILHO, A. Sistema de informação geográfico e geoestatística no estudo da distribuição espacial do cancro cítrico. **3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão**, Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas (MG). 2005. (Resumo).

PADMANABHAN, D.; VIDHYASEKARAN, P.; RAJAGOPALAN, C. K. S. Changes in photosynthesis and carbohydrate content in canker and halo regions in *Xanthomonas citri* infected citrus leaves. **Indian Journal Phytopathology**, v. 26, p. 215-217, 1973.

PAZ, A.; TABOADA, M.T.; GÓMEZ, M.J. Spatial variability in topsoil micronutrients contents in one-hectare cropland plot. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.3/4, p.479-503, 1996.

PIVETTA, L.C. **Cultura de citros**. Jaboticabal - SP: Funep. 1999, 147p.

PRATES, H.S.; NAKAMO, O.; GRAVENA, S.A. “Minadora das folhas dos citros *Phyllocnistis citrella* Station”, 1856. CATI, **Comunicado Técnico** 129, Campinas, SP, 1996.

REKAH, Y.; SHTIENBERG, D.; KATAN, J. Spatial distribution and temporal development of *Fusarium* crown and root rot of tomato and pathogen dissemination in field soil. **Phytopathology**, Saint Paul, v.89, n. 9, p. 831-839, 1999.

ROBERTO, S.R.; FARIAS, P.R.F.; BEGAMIN FILHO, A. Geostatistical analysis of spatial dynamics of citrus variegated chlorosis. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.27, n.6, p.599-604, 2002.

RODRIGUES NETO, J.; RIBEIRO, J.G.B. **Manual técnico de procedimentos do cancro cítrico**. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal, Brasília, p.66, 2002.

ROSSETTI, V.V. **Manual ilustrado de doenças dos citros**. Piracicaba, SP, FEALQ/FUNDECITRUS. 2001, 201p.

SALVIANO, A.A.C. **Variabilidade de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* em solo degradado do município de Piracicaba-SP**. Piracicaba, 1996. 91p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1996.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R.; SPAROVEK, G. Dependência espacial dos teores de macronutrientes da parte aérea da *Crotalaria juncea* em área de erosão acelerada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.115-122, 1995.

SANTOS, C.F. O cancro cítrico: ocorrência no Brasil e seu controle. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A.A. **Citricultura Brasileira**. Campinas. Fundação Cargill, v.2, p.787-823, 1991.

SCHAAD, N. W. et al. Emended classification of xanthomonad pathogens on citrus. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 29, n. 8, p. 690-695, 2006.

SCHAAD, N. W. et al. Reclassification of *Xanthomonas campestris* pv. *citri* (ex Hasse) Dye 1978 forms A,B/C/D, and E as *X. smithii* subsp. *citri* (ex Hasse) sp. nov. nom. rev. comb. nov., *X. fuscans* subsp. *aurantifolli* (ex Gabriel 1989) sp. nov. nom. rev. comb. nov., and *alfalfae* subsp. *citrumelo* (ex Riker and Jones) Gabriel et al., 1989 sp. nov. nom. rev. comb. nov.; *X. campestris* pv. *malvacearum* (ex Smith 1901) Dye 1978 as *X. smithii* subsp. *smithii* nov. comb. nov. nom. nov.; *X. campestris* pv. *alfalfa* (ex Riker et al., 1935) sp. nov. nom. rev.; and “var. *fuscans*” of *X. campestris* pv. *phaseoli* (ex Smith, 1987) Dye 1978 as *X. fuscans* subsp. *fuscans* sp. Nov. **Systematic and Applied Microbiology**, v.28, n.6, p.494-518, 2005.

SEMPIONATO, O.S.; GIROTTO, L.F.; STUCHI, E.S. Produção de mudas sadias. In: DONADIO, L.C.; MOREIRA, C.S. **Clorose variegada dos citros**, Bebedouro: Fundecitrus, 1997. 162p.

SILVA JUNIOR, R.L.da. **Variabilidade espacial do índice de cone correlacionada com mapas de produtividade**. Piracicaba, 2001. 132p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2001.

SILVA, A. C. R. da. et al. Comparison of the genomes of two *Xanthomonas* pathogens with differing host specificities. **Nature**, London, v. 417, n. 6887 p.459–463, 2002.

SOUZA, L.S. **Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo**. Porto Alegre. 1992. 162p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992.

SWINGLE, W.T. The botany of Citrus and its wild relatives of the orange subfamily (family Rutaceae, subf. Aurantioideae). In: WEBBER, H.J.; BATCHELOR, L.D. (Ed.).

The citrus industry. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, . v.1, p.129-474, 1943.

TEIXEIRA, D.C.; SAILLARD, C.; EVEILLARD, S.; DANET, J.L.; DA COSTA, P.I.; AYRES, A.J.; BOVÉ, J. *Candidatus Liberibacter americanus*, associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo, Brazil. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Reading, v.55, p.1857-1862, 2005.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; WADE, M.K.; UEHARA, G.; SUDJADI, M. Spatial variation of soil properties and rice yield on recently cleared land. **Soil Science Society of America Journal**, v.51, p.668-674, 1987.

UNISITE, Tupã, 2009, Disponível em <[http://unisite.com.br/Politica/23725/Deputado Bragato lidera movimento e consegue mudanças na fiscalização do cancro citrico em SP.shtml](http://unisite.com.br/Politica/23725/Deputado_Bragato_lidera_movimento_e_consegue_mudancas_na_fiscalizacao_do_cancro_citrico_em_SP.shtml) >. Acesso em: 14 de jul. 2010.

VALLE, V.G.R.; MACHADO, M.A.; MÜLLER, G.W.; TARGON, M.L.P.N.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; LEE, R.F. Characterization of citrus tristeza isolates by RFLP analysis of coat protein gene. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.25, p.175-181, 2000.

VAUTERIN, L.; HOSTE, B.; KERSTERS, K; SWINGS, J. Reclassification of *Xanthomonas*. **International Journal Systematic Bacteriology**, v.45, p.472-489, 1995.

VAUTERIN, L.; SWINGS, J.; KERSTERS, K. Grouping of *Xanthomonas campestris* pathovars by SDS-PAGE of proteins. **Journal of Genetic Microbiology**, v.137, p. 1307-1316, 1996.

VERNIÈRE, C.; HARTUNG, J.S.; PRUVOST, O.P.; CIREVOLO, E.L.; ALVAREZ, A.M.; MAESTRI, P.; LUISETTI, J. Characterization of phenotypically distinct strains of

Xanthomonas axonopodis pv. *citri* from Southwest Asia. **European Journal of Plant Pathology**, 104, p.477-487, 1998.

VIEIRA, S.R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. In: BORÉN, A. et al. **Agricultura de precisão**. Viçosa:UFV, 2000, p.93-108.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Oakland, v.51, n.3, p.1-75, 1983.

WU, B.M; VAN BURGGEN, H.V.; SUBBARAO, K.V.; PENNING, G.G.H. Spatial analysis of lettuce downy mildew using geostatistics and geographic information systems. **Phytopathology**, Saint Paul, v.91, n2, p.133-142, 2001.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.