



JÚLIA MARQUES OLIVEIRA

**PROGRESSO ESPAÇO-TEMPORAL DA MANCHA AUREOLADA EM MUDAS DE
CAFEIRO NO VIVEIRO**

LAVRAS – MG

2017

JÚLIA MARQUES OLIVEIRA

**PROGRESSO ESPAÇO-TEMPORAL DA MANCHA AUREOLADA EM MUDAS DE
CAFEIRO NO VIVEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitopatologia, área de concentração em Epidemiologia, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Edson Ampélio Pozza

Coorientador

Dr. Leônidas Leoni Belan

LAVRAS – MG

2017

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Júlia Marques.

Progresso espaço-temporal da mancha aureolada em mudas de
cafeeiro no viveiro / Júlia Marques Oliveira. - 2017.

36 p.

Orientador(a): Edson Ampélio Pozza.

Coorientador(a): Leônidas Leoni Belan.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Coffea arabica. 2. P syringae pv. garcae. 3. geoestatística. I.
Pozza, Edson Ampélio. II. Belan, Leônidas Leoni. III. Título.

JÚLIA MARQUES OLIVEIRA

**PROGRESSO ESPAÇO TEMPORAL DA MANCHA AUREOLADA EM MUDAS DE
CAFEEIRO NO VIVEIRO**

**SPATIAL AND TEMPORAL PROGRESS OF BACTERIAL BLIGHT IN COFFEE
SEEDLINGS IN NURSERY**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitopatologia, área de concentração em Fitopatologia, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de Abril de 2017.

Prof. Dr. Ricardo Magela de Souza UFLA

Dr. Hudson Teixeira EPAMIG

Dr. Leônidas Leoni Belan UFES

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza

Orientador

LAVRAS – MG

2017

Aos meus pais, Susi (in memoriam) e Herenilton, por serem meus exemplos de vida e não medirem esforços para que eu concluísse mais essa etapa na minha vida, e às minhas irmãs Isabella e Sarah por todo amor, carinho e companheirismo.

Com muito amor,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Fitopatologia (DFP) pela oportunidade de realização do mestrado e pelo investimento que faz em seus discentes.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza pela orientação, compreensão, dedicação e seus ensinamentos que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e meu crescimento profissional.

Ao Dr. Leônidas Leoni Belan pela amizade, ensinamentos e paciência, que foram de grande valia para a realização deste trabalho.

Aos professores e discentes do Departamento de Fitopatologia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos e colaboração.

Aos alunos graduandos José Otávio e Celismar pela preciosa ajuda na condução dos experimentos.

Aos amigos da Fitopatologia e Lavras pela fraternidade em momentos compartilhados.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação e conquista deste sonho.

Às amadas famílias Oliveira e Lippi, pelo incentivo, carinho e alegrias.

Aos meus pais, Susi e Herenilton, meus avós, Nildo, Rubina e Levanir, e minhas irmãs, Isabella e Sarah, pelo amor.

RESUMO

A mancha aureolada do cafeeiro (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*), tem ocorrido com frequência em viveiros e lavouras, preocupando produtores e técnicos por causar perdas consideráveis e ser de difícil controle. Para entender o progresso de epidemias, a origem e a quantidade do inóculo inicial, as formas de disseminação do patógeno, a influência dos fatores climáticos e ambientais na dispersão de patógenos e na infecção, e propor práticas de manejo da doença, é necessário conhecer a distribuição espacial das plantas doentes. Visto isso, o objetivo deste estudo foi caracterizar o progresso espaço-temporal da mancha aureolada a partir de inóculo inicial pré-definido, e sua relação com variáveis meteorológicas. O experimento foi realizado em viveiro de mudas, onde foram delimitados três canteiros ou blocos, com 1,05 m de largura por 2 m de comprimento, contendo 496 mudas cada um, dispostas em linhas e colunas. As mudas de cafeeiro da cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 foram cultivadas em sacolas de polietileno (0,065 m de diâmetro por 0,20 m de altura), preenchidas com substrato. Quando as mudas atingiram o estágio de primeiro par de folhas definitivas, foram inseridas no centro do canteiro quatro mudas inoculadas com a bactéria *P. syringae* pv. *garcae* com sintomas da mancha aureolada. Houve epidemia da mancha aureolada nos canteiros 15 dias após a introdução do inóculo inicial, com duração de seis semanas e valor máximo de 6% de incidência. Houve dependência espacial e a doença atingiu até 55,18 cm de distância. Quanto maior o número de horas com molhamento foliar durante quatro dias consecutivos, em conjunto com menores valores de velocidade do vento por mais de oito dias, maior foi a incidência da mancha aureolada em mudas de cafeeiro no viveiro.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, *P. syringae* pv. *garcae*, epidemiologia, geoestatística.

ABSTRACT

Bacterial blight in coffee (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) has frequently occurred in nurseries and crops, causing producers and technicians to worry about considerable losses and being difficult to control. In order to better understand the progress of epidemics, the origin and quantity of the initial inoculum, the forms of pathogen dissemination, the influence of climatic, and environmental factors on the infection as well as on the spread of pathogens, it is necessary to know the spatial distribution of diseased plants. Besides, it will help to understand and to propose new disease management practices. Considering this, the objective of this project is to evaluate the temporal space progress of the bacterial blight in coffee tree seedlings. The experiment was carried out in a nursery in Lavras-MG, where three beds were delimited (1.05 m wide and 2 m long), containing 496 seedlings each, arranged in rows (16) and columns (31). Coffee plantlets of Catuaí Vermelho cultivar IAC 99 were grown in polyethylene bags (0.065 m in diameter by 0.20 m in height) filled with substrate. When the seedlings reached the first pair of leaves, four seedlings inoculated with the *P. syringae* pv. *garcae* with symptoms of the bacterial blight were introduced in the bed center. There were epidemics in the beds 15 days after the introduction of the initial inoculum with duration of six weeks, and maximum value of 6% of incidence. There was spatial dependence, and the disease reached up to 55.18 cm away. The higher the number of hours with leaf wetting during four consecutive days, together with lower values of wind speed for more than eight days, the greater the incidence of the bacterial blight in coffee seedlings in the nursery.

Keywords: *Coffea arabica*, *P. syringae* pv. *garcae*, epidemiology, geostatistics.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 A mancha aureolada no cafeeiro	10
2.2 Epidemiologia	10
2.3 Distribuição espaço-temporal de doenças de plantas	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Área Experimental	15
3.2 Avaliações da mancha aureolada	15
3.3 Análise temporal do progresso da doença	16
3.4 Análise espacial	16
3.5 Análise Geoestatística	16
3.5.1 Malha amostral georreferenciada	16
3.5.2 Ajuste de modelos	17
3.5.3 Mapeamento por krigagem	18
3.6 Variáveis climáticas e análise de correlação	18
4 RESULTADOS	19
5 DISCUSSÃO	27
6 CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

O café é uma das principais *commodities* do mercado nacional e internacional. O Brasil é o maior produtor, exportador e o segundo maior consumidor mundial de café (USDA, 2017). A estimativa para a safra brasileira 2017/2018 é de 43,65 a 47,51 milhões de sacas (CONAB, 2017). O Estado de Minas Gerais é o maior produtor, com 54% da produção nacional, seguido pelos Estados do Espírito Santo, São Paulo, Bahia e Paraná (CONAB, 2017). No entanto, vários fatores podem reduzir essa produtividade e comprometer tanto o fornecimento no mercado interno quanto as exportações. Dentre eles, citam-se as adversidades climáticas, as pragas e as doenças. Entre as doenças, destaca-se a mancha aureolada, cujo agente etiológico é *Pseudomonas syringae pv. garcae* (Amaral et al., 1956). Essa bactéria tem ocorrido com frequência, causando perdas em viveiros de mudas e lavouras das principais regiões cafeeiras do país (Belan et al., 2014).

A doença ocorre principalmente em tecidos novos, mudas em viveiros e lavouras recém-implantadas, causando sintomas em folhas, ramos e frutos, podendo causar também seca de ramos, reduzindo a produtividade da cultura (Godoy et al. 1997; Pozza et al, 2010; Rodrigues et al., 2013). Porém, com o advento da colheita mecanizada, esses sintomas têm se intensificado em ramos já lignificados, devido aos ferimentos causados por esse maquinário, introduzindo o patógeno dentro dos tecidos do cafeeiro. Diante desse cenário atual, o controle da doença é essencial, sendo empregados em larga escala antibióticos e produtos cúpricos, bacteriostáticos. Para reduzir o emprego dessas moléculas e aumentar a sustentabilidade ambiental e financeira do produtor, pode-se empregar o princípio da exclusão, baseado na redução do inóculo inicial, utilizando-se sementes de mudas saudáveis (Belan et al., 2016).

No entanto, nos viveiros é comum observar reboleiras de mudas infectadas (Rodrigues et al., 2013, Belan et al., 2014), formando gradiente de doença a partir de um foco central, capazes de aumentar ao longo do tempo.

O ambiente favorável para epidemias de mancha aureolada no viveiro é devido ao adensamento de plantas e consequente contato entre folhas. Essa proximidade, associada ao excesso de umidade proporcionada por irrigação tipo aspersão e também às constantes adubações nitrogenadas sem a devida calagem do substrato, favorece a disseminação do patógeno e, conseqüentemente, a ocorrência de epidemias. Além disso, Belan et al. (2016)

encontraram inóculo viável de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* em sementes de cafeeiro provenientes de plantas com esta bacteriose. Dessa forma, as sementes também podem contribuir para a disseminação da bactéria para viveiros de mudas, produzindo focos aleatórios de mudas doentes no viveiro (Belan et al., 2015). Essas mudas serão posteriormente transportadas para o campo, onde constituirão inóculo inicial para futuras epidemias da doença, caso ocorram condições ambientais favoráveis ao patógeno e a cultivar seja suscetível. Assim, essas mudas proporcionam a disseminação da bactéria a longas distâncias (Carvalho; Chalfoun, 1998). Portanto, o estudo epidemiológico da doença, do gradiente e da dependência espacial, da fonte de inóculo e da influência de fatores meteorológicos é essencial para adotar estratégias e táticas de manejo eficazes no controle da mancha aureolada.

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi caracterizar o progresso espaço-temporal da mancha aureolada (*P. syringae* pv. *garcae*) em mudas de cafeeiro (*C. arabica*) no viveiro a partir de inóculo inicial pré-definido, e sua relação com variáveis meteorológicas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A mancha aureolada no cafeeiro

A mancha aureolada foi identificada pela primeira vez no Brasil no município de Garça, estado de São Paulo. Logo, foi relatada sua ocorrência também nos Estados de Minas Gerais e Paraná (Kimura et al., 1976; Mohan et al., 1976). Seu agente etiológico é a bactéria *P. syringae* pv. *garcae*, (Amaral et al., 1956) Young, Dye & Wilkie 1978. Há relatos de ocorrência também em outros países, como na República do Quênia (Ramos; Shavdia, 1976), Etiópia (Korobko; Wondimagegne, 1997), Uganda e China (Chen, 2002).

Seus sintomas são lesões irregulares, com aparência encharcada nas bordas, de coloração marrom-escura a negra, que em seguida aumentam de tamanho e podem ou não desenvolver halos amarelos ao redor das lesões. Essas podem coalescer, formando grandes áreas necrosadas e ocasionar deformação e/ou rompimento do limbo foliar. Em folhas novas, o halo amarelo nas lesões pode não ser notado. As lesões ocorrem com maior frequência nas bordas das folhas, onde a bactéria pode penetrar por ferimentos causados devido a danos mecânicos ou aberturas naturais (Belan et al. 2014, Pozza et al. 2010, Rodrigues et al., 2013).

Nos anos seguintes à sua constatação, a doença não foi considerada de importância econômica (Costa e Silva, 1960). Cerca de 17 anos depois do seu aparecimento, apenas casos isolados foram identificados (Mohan, 1976). Na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, os primeiros relatos datam da década de 1980 no município de São Gotardo, provocando seca de ramos (Vale; Zambolim, 1997).

No entanto, a partir de 2010, essa doença passou a ser considerada de grande importância na economia cafeeira, por se tornar fator limitante para a produção de mudas e cultivo do café em algumas regiões. Ela se manifestou em viveiros de café nos estados do Paraná, São Paulo e em Minas Gerais, especialmente no Sul, Triângulo Mineiro e Alto do Paranaíba (Sera et al., 2004; Zoccoli et al., 2011; Belan, 2014; Raimundi, 2014).

2.2 Epidemiologia

Ainda são discutidas as condições climáticas e ambientais favoráveis à doença (Sera et al., 2004). Cardoso e Mohan (1980) relataram no Estado do Paraná maior intensidade da

doença quando a temperatura variou entre 13,1 e 20,5°C, umidade relativa de 57 a 73% e precipitação de 111,3 mm mensais. No entanto, Zoccoli et al. (2011) realizaram estudos na região do Triângulo Mineiro e no Alto Paranaíba e demonstraram ser as análises climatológicas mensais e anuais e precipitações pluviais insuficientes para diferenciar as variáveis do clima e áreas favoráveis ou desfavoráveis para a ocorrência, persistência e severidade da doença. De acordo com esses autores, a determinação desses parâmetros é essencial para determinar a forma de manejo adequada da mancha aureolada, sobretudo em relação à faixa de temperatura na qual as plantas são mais suscetíveis, do tempo de duração do molhamento foliar para que haja a infecção e também da velocidade e da duração do vento.

O vento constante nas lavouras situadas em altitudes elevadas, a chuva e as práticas culturais colaboram para a disseminação da bactéria dentro da planta e de planta para planta (Godoy et al, 1997; Pozza et al, 2010; Carvalho e Chalfoun 1998). As ocorrências de chuvas de granizo podem favorecer a disseminação da bactéria, além do molhamento foliar e da elevação da umidade, os quais podem causar ferimentos ou portas de entrada para o patógeno. Conforme relatado por Rodrigues et al. (2013), a incidência da doença é reduzida nos cafezais em períodos com menor ocorrência de chuvas.

2.3 Distribuição espaço-temporal de doenças de plantas

Para entender o progresso de epidemias é fundamental conhecer a origem e a quantidade do inóculo inicial, as formas de disseminação do patógeno e a influência das variáveis climáticas e ambientais. Esses fatores podem influenciar na dispersão de patógenos e na infecção, assim como as práticas de manejo da doença. Também é necessário conhecer a distribuição espacial das plantas doentes (Campbell e Madden 1990). Para elaborar protocolos de amostragem de uma doença, é essencial conhecer o padrão de distribuição espacial da doença (Jeger 1990). De tal modo, Madden et al. (2007) descrevem três classificações para o padrão espacial de plantas doentes: o aleatório, o agregado e o regular. De acordo com esses autores, há relação entre o padrão espacial aleatório e as oportunidades de infecção, e isso ocorre quando, em condições naturais, o patógeno é disperso a curtas distâncias na interação planta a planta, como as bacterioses em viveiro de mudas (Romeiro 2005), devido ao adensamento de plantas. Assim, a probabilidade de uma planta localizada mais próxima à fonte de inóculo ser infectada é maior em relação às mais distantes (Bergamin Filho et al. 2002; Gottwald et al. 1989; Gottwald 2010), ou seja, pode haver dependência espacial entre

os indivíduos doentes, variável de acordo com as características do hospedeiro (suscetibilidade), do patógeno e do ambiente.

Gottwald et al. (1989), Gottwald et al. (1989), Gottwald et al. (1990) e Carmo et al. (1996) estudaram a distribuição espacial de bactérias em viveiros. Gottwald et al. (1989), ao analisarem a distribuição espacial da mancha bacteriana em citros (*Citrus Bacterial Spot* - CBS) (*Xanthomonas campestris*) em viveiros de citros na Flórida, observaram padrão espacial não agregado ou ao acaso, porém foi identificado um epicentro potencial da epidemia por mapeamento de contorno isopático identificando a direção leste como predominante no progresso da doença. Além disso, antes do surto da doença ocorreram chuvas com vento. Segundo os autores, a disseminação do CBS está diretamente associada com essas chuvas. Entretanto, o mesmo autor, analisando quatro viveiros na Flórida, detectou padrão espacial agregado na dispersão do *Citrus Bacterial Spot* (CBS) causado por *Xanthomonas campestris* pv. *citrumelo* (Gottwald et al., 1990). Esses autores também constataram várias formas de introdução do patógeno, pois foram detectados dois focos distintos da doença. Em viveiros de Laranja doce (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), Toranja Duncan (*C. paradisi* Macfad.), e Citrumelo Swingle (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. X *C. paradisi*) na Argentina, Gottwald et al. (1989) analisaram o progresso do Cancro Cítrico (CBC) causado por *Xanthomonas campestris* pv. *citri*. Nos três viveiros as proporções de plantas doentes mantiveram-se baixas e regulares por um longo tempo (média de 350 dias), porém, após ocorrerem tempestades com ventos fortes, a taxa de progresso da doença aumentou. Também ocorreu distribuição espacial agregada e focos secundários foram observados em datas posteriores de avaliação da doença nos viveiros. Entretanto, em todos esses artigos, embora os autores tenham avaliado o progresso da doença, não foi avaliado quantitativamente o efeito das covariáveis ambientais e seu efeito no progresso espaço-temporal da doença.

Em outro estudo, porém inoculando a bactéria 15 dias após a emergência das plantas de pimentão e posteriormente introduzindo essas plantas com inóculo nos canteiros do viveiro, Carmo et al. (1996) também constataram o aumento da incidência e da severidade da pústula bacteriana do pimentão (*Capsicum annuum* L.), causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, variando em cada ensaio de acordo com as variáveis climáticas. O intervalo de 19°C a 35°C, umidade relativa de 70,7 a 84,1% e elevada precipitação (195,6 mm), em geral acompanhada por ventos fortes no terceiro ensaio, foram as condições mais favoráveis para o desenvolvimento da doença. Nesse estudo os autores afirmaram a importância da chuva como um fator determinante no progresso da epidemia.

No estudo de Carmo et al. (2001) foi constatada a resposta rápida das bactérias em relação às variações climáticas, principalmente a umidade, e também foi verificado o aumento linear da intensidade da mancha bacteriana do pimentão (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) com o incremento da quantidade de inóculo inicial. Em patossistemas de etiologia fúngica também foi reportada a relação entre a epidemia de doenças e a aleatoriedade do foco inicial. Scott et al. (2014) verificaram a associação da presença e quantidade de inóculo inicial do patógeno *Sclerotinia sclerotiorum* e *S. Minor* na cultura de piretro (*Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch. Bip.) favorecendo a epidemia. Freitas et al. (2016) constataram correlação negativa significativa entre a ocorrência da doença Sigatoka Amarela em bananeiras e a precipitação durante as avaliações. A alta taxa de produção foliar foi influenciada por essa elevada precipitação, compensando as perdas causadas pela doença não ocorrida nos meses de menor precipitações. Ou seja, as características do ambiente têm relação com a dependência espacial.

Sendo assim, há a necessidade de ferramentas capazes de medir a influência de covariáveis como as variáveis climáticas no progresso espaço-temporal da doença, devido à natureza incerta, ambígua, não-linear em muitos dos sistemas agrícolas (Pozza et al. 2012). Segundo Alves et al. (2006), utilizando a ferramenta geoestatística há a possibilidade de identificar a magnitude e o grau de dependência espacial, mapear a variabilidade espacial das epidemias, além de observar o progresso ao longo do tempo ou sua distribuição temporal. A geoestatística permite modelar o progresso espacial e assim possibilita estudar hipóteses sobre aspectos epidemiológicos de doenças de plantas (Alves et al. 2009; Alves e Pozza 2010; Alves et al. 2006; Jaime-Garcia et al. 2001; Leal et al. 2010; Mouen Bedimo et al. 2007; Nelson et al. 1999; Ortiz et al. 2010; Roham et al. 2014; Wallace and Hawkins 1994; Zucoloto et al. 2009).

Assim, Mouen Bedimo et al. (2007) utilizaram semivariogramas e mapas de dispersão obtidos por krigagem para avaliar focos de infecção primária de *Coffee berry disease* (*Colletotrichum kahawae* Waller & Bridge) em Camarões. Os autores analisaram a distribuição espacial ao longo do tempo e verificaram plantas contaminadas por etapas a partir do primeiro cafeeiro infectado. Também para a cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), Alves et al. (2009) verificaram padrão agregado para a distribuição da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) e da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke), ou seja, na forma de focos ao longo da lavoura. Dessa forma, a atual estratégia de controle da doença aplicada em área total pode ser substituída por aplicação de fungicidas específicos em locais

de ocorrência com maior intensidade da doença. Para outras espécies de hospedeiros, Blank et al. (2016), utilizando a geoestatística, verificaram que a severidade do cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*) em tomate (*S. lycopersicum*) tem autocorrelação espacial de padrão agrupado. Além disso, a análise geoestatística também foi eficiente no trabalho de Roumagnac et al. (2004), no qual o modelo exponencial esférico melhor descreveu os semivariogramas da distribuição espaço-temporal da doença *Bacterial blight of onion* (BBO) em cebola (*Allium spp.*), cujo agente etiológico é *Xanthomonas axonopodis pv. allii*. Ainda nesse mesmo trabalho, a origem do inóculo inicial e, conseqüentemente, os estágios iniciais da epidemia foram associados às sementes possivelmente infectadas com a doença, e também houve focos secundários após chuvas acompanhadas de ventos fortes. Alves e Pozza (2010), por exemplo, verificaram, via análise geoestatística, a formação de gradiente de intensidade da antracnose do feijoeiro-comum (*Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magnus, Briosi & Cavara) em torno da fonte de inóculo primário, com padrão agregado de distribuição e dependência espacial com a fonte de inóculo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área Experimental

O estudo foi realizado em viveiro de mudas de cafeeiro localizado no Departamento de Fitopatologia da UFLA. Nesse viveiro foi instalada estação meteorológica para monitorar as variáveis meteorológicas temperatura, umidade relativa, molhamento foliar e velocidade e direção do vento, durante a condução do experimento. Foram construídos três seguimentos de canteiro com 1,05 m de largura por 2 m de comprimento, contendo 496 mudas dispostas, perfeitamente, em linhas e colunas.

As mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*) da cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 foram cultivadas em sacolas de polietileno (0,065 m de diâmetro por 0,20 m de altura), preenchidas com substrato composto por terra, esterco bovino e areia (2:1:1). As mudas foram irrigadas por aspersão, duas vezes ao dia, durante 15 minutos. Os demais tratamentos culturais, incluindo manejo fitossanitário e adubações foram realizados conforme as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (Ribeiro et al. 1999).

Quando essas mudas atingiram o estágio de desenvolvimento de primeiro par de folhas definitivo (10/01/16), foram inseridas no centro do canteiro quatro mudas inoculadas com a bactéria *P. syringae* pv. *garcae* com sintomas típicos da doença. Para preparar o inóculo, foi realizado o semeio do isolado padrão de referência “*Collection Française de Bactéries Phytopathogènes - CFPB1634*” de *P. syringae* pv. *garcae* em meio 523 de Kado & Heskett (1970) em placas armazenadas em BOD, com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Após 24 horas, as células bacterianas foram suspensas em solução salina (NaCl a 0,85%) esterilizada e a concentração bacteriana 10^8 UFC/ml⁻¹ determinada em espectrofotômetro a 600 nm (OD600), conforme descrito por Oliveira e Romeiro (1990). A inoculação da suspensão bacteriana foi realizada por multiagulhas no limbo foliar.

3.2 Avaliações da mancha aureolada

Foram realizadas avaliações semanais da incidência da doença nas mudas. Todas as mudas de cafeeiro, de cada canteiro, foram avaliadas quanto à presença de sintomas da

mancha aureolada nas folhas. Foi então calculada a incidência (INC) ou percentual de mudas com sintomas no canteiro.

$$\text{INC (\%)} = \text{NPD/NPP} \times 100$$

Onde:

INC= Incidência

NPD= Número de plantas doentes

NPC= Número de plantas por canteiro

Esses dados semanais da porcentagem da incidência média dos 3 canteiros foram utilizados para plotar a curva de progresso da doença ao longo do tempo.

3.3 Análise temporal do progresso da doença

Foram plotadas curvas de progresso da incidência da mancha aureolada, utilizando-se os valores de incidência (percentual de mudas com sintomas) média entre os três canteiros ao longo do tempo (dias após a primeira avaliação – DAPA) (Campbell and Madden 1990).

3.4 Análise espacial

Para a análise espacial, foram selecionadas avaliações com base na curva de progresso da doença. Foram utilizados dados de avaliações ocorridas logo após a inoculação, no início (25/01) e durante a epidemia (10/02), bem como quando ocorreu a incidência máxima (02/03) e essa se estabilizou (09/03). A partir da análise exploratória dos dados, foi realizada a análise geoestatística para caracterizar a variação espacial da doença.

3.5 Análise Geoestatística

3.5.1 Malha amostral georreferenciada

Foi determinada malha regular em cada canteiro com 496 pontos georreferenciados, distribuídos no espaçamento de 0,065 m x 0,065 m, ocupando toda a área experimental de cada canteiro (2,1 m²). Considerando o diâmetro médio dos sacos de polietileno (0,065 m) utilizados para produção das mudas, foi realizado o georreferenciamento das mudas nos canteiros em sistema de coordenadas (x;y). Para tanto, foi considerado um dos vértices do canteiro como coordenada (0;0), e dessa forma, para a muda localizada na primeira linha e primeira coluna foi dada a coordenada (0,033; 0,033). A localização das plantas sadias e doentes em cada avaliação proporcionou a elaboração de mapas representando o progresso da doença ao longo do tempo.

3.5.2 Ajuste de modelos

Os semivariogramas foram representados por gráficos de semivariância estimada ($\hat{\gamma}(h)$) versus distância (h). Foi ajustado aos dados o modelo teórico de semivariograma esférico (Burrough and McDonnell (1998)). O ajuste do modelo foi obtido com o método dos Quadrados Mínimos Ordinários (Ordinary Least Squares – OLS).

A partir do ajuste do modelo matemático aos valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$, foram estimados os parâmetros do modelo teórico para o semivariograma, denominados efeito pepita (C0), patamar (C0+C) e alcance (a).

O grau de dependência espacial (GDE) do melhor modelo ajustado aos dados, ou proporção em porcentagem do efeito pepita (Co) em relação ao patamar (Co + C), foi calculado utilizando-se a equação:

$$\text{GDE} = (\text{Co} / \text{Co} + \text{C}) * 100$$

De acordo com Cambardella et al. (1994), quando o GDE for inferior a 25%, a dependência espacial é forte. Se o GDE ficar entre 26% a 75%, a dependência espacial é moderada e, se for superior a 75%, a dependência espacial é fraca.

3.5.3 Mapeamento por krigagem

Após o ajuste dos semivariogramas foi realizada a interpolação dos dados por krigagem ordinária de forma a possibilitar a visualização dos padrões de distribuição espacial da doença ao longo do tempo.

Para as análises estatísticas e geoestatísticas e a plotagem dos mapas, foi utilizado o sistema computacional “R” com os pacotes geoR, geoRglm e splancs (Diggle e Ribeiro Junior, 2007).

3.6 Variáveis climáticas e análise de correlação

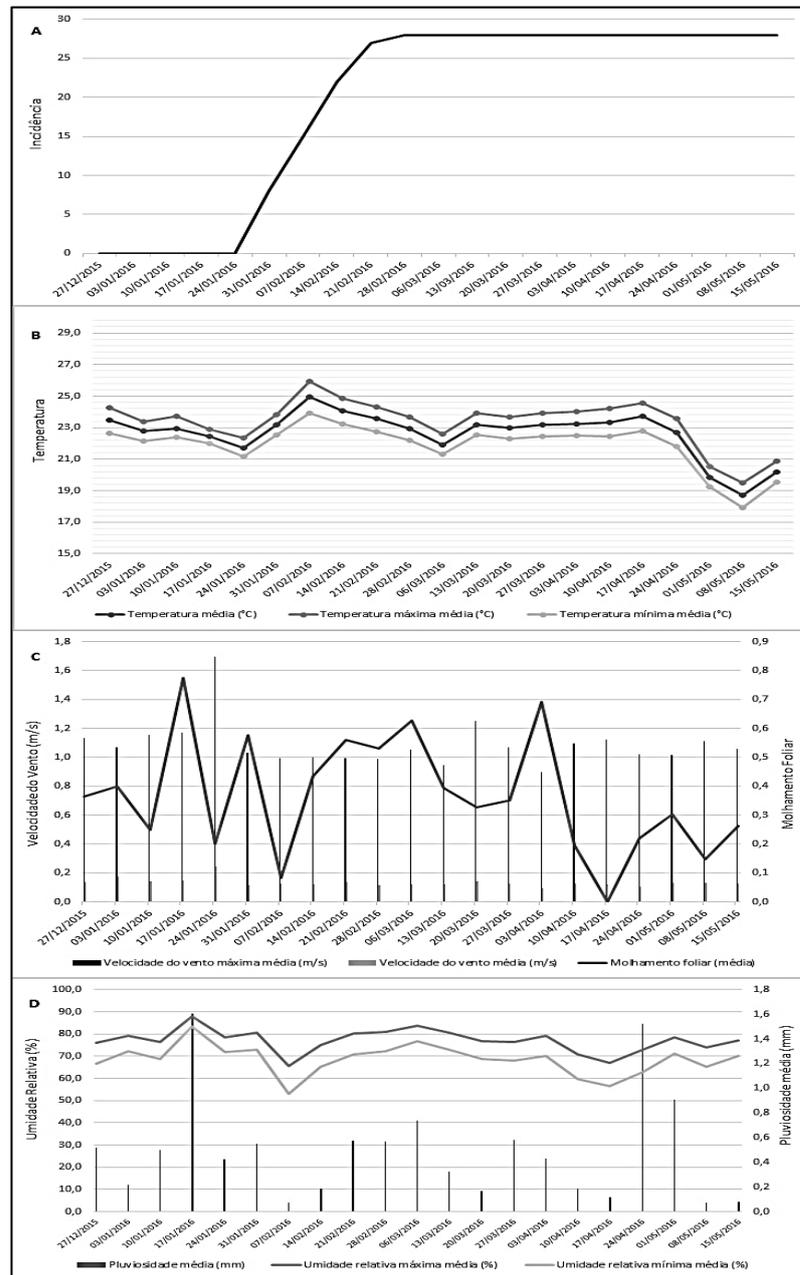
A estação meteorológica utilizada foi da marca Campbell Scientific modelo CR1000. Foi realizada a análise de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas (precipitação, velocidade do vento, temperatura, umidade relativa e horas de molhamento foliar) e incidência de mudas doentes aos 1, 2, 4, 5, 8, 10, 12 e 15 dias antes das avaliações semanais. utilizado o programa STATISTICA 7.

4 RESULTADOS

Análise temporal e relação com variáveis climáticas

Houve epidemia da mancha aureolada em viveiro de mudas de cafeeiro (Figura 1A). A partir do inóculo inicial, correspondente a 0,8% de mudas com sintomas, a epidemia teve início 15 dias (25/01/16) após a introdução do inóculo inicial no viveiro (10/01/16) (Figura 1A). Houve aumento da incidência da doença ao longo do tempo e o valor máximo de 6% ou 28 plantas doentes ocorreu aos 33 dias após início da epidemia (02/03/16). Em seguida, a epidemia da doença estabilizou, ou seja, não houve aumento do número de plantas com sintomas, provavelmente limitada pela ausência de condições de ambiente (clima) favoráveis à ocorrência de novas infecções.

Figura 1 - Curva de progresso da incidência da mancha aureolada do cafeeiro (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) (A), média das temperaturas máximas, médias e mínimas da semana de avaliação (B), velocidade do vento média e máxima e horas com molhamento foliar médio da semana de avaliação (C), Precipitação média e umidade relativa (UR) média máxima e mínima semanal (D) coletadas no viveiro de mudas de café no período entre 27/12/15 e 15/05/16.



Fonte: da autora (2017)

Durante o período da epidemia da doença houve aumento na temperatura (Figura 1B), porém não houve correlação entre as variáveis temperatura média do ar e incidência da mancha aureolada no viveiro de mudas (Tabela 1). Houve correlação significativa entre as

variáveis *velocidade média do vento* (m/s) e *número de horas com molhamento foliar* ($p < 0,05$, Tabela 1).

Tabela 1 - Coeficientes de correlação entre a variável incidência da mancha aureolada do cafeeiro (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) em viveiro de mudas e as variáveis velocidade média do vento e número de horas com molhamento foliar aos 4, 8, 10, 12 e 15 dias anteriores à avaliação da doença, no período entre 27/12/2015 e 15/05/2016. Lavras – MG.

	4 dias	8 dias	10 dias	12 dias	15 dias
Velocidade média do vento (m/s)	ns	-0,66*	-0,66*	-0,72*	-0,86*
Molhamento Foliar	0,60*	ns	ns	ns	ns

*Correlação de Pearson ($P < 0,05$); ns=não significativo

Fonte: da autora (2017)

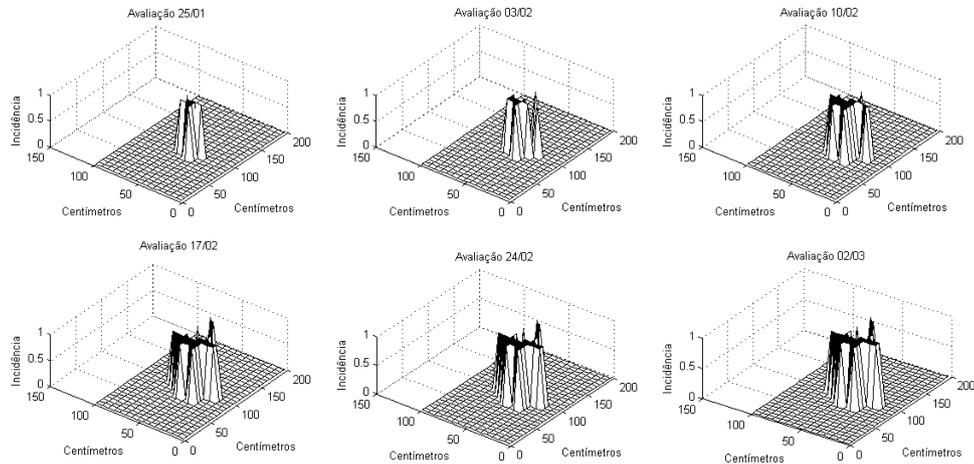
Houve correlação negativa significativa entre as variáveis incidência média da doença em cada avaliação e a variável velocidade média do vento (m/s) ocorrida aos 8, 10, 12 e 15 dias anteriores a cada avaliação (Tabela 1). O maior valor de coeficiente de correlação foi -0,86 para valores médios da variável meteorológica durante 15 dias que antecedem as avaliações. Assim, quanto maior a velocidade média do vento durante 15 dias consecutivos, menor foi a incidência de mudas com a doença nos canteiros.

Por outro lado, a correlação foi positiva (0,6) entre as variáveis incidência da doença e número médio de horas de molhamento foliar durante quatro dias que antecedem a avaliação. Assim, quanto maior o período de molhamento foliar durante quatro dias anteriores à avaliação, maior foi a incidência da doença.

Análise espacial

Durante a epidemia, houve dispersão espacial do inóculo a partir das quatro mudas doentes (inóculo inicial) introduzidas no centro do canteiro, com o consequente aumento do número de mudas com sintomas da doença em torno dessas mudas centrais (Figura 2).

Figura 2 - Gráficos tridimensionais da incidência média dos três canteiros da mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*) em viveiro nos dias 25/01/16; 03/02/16; 10/02/16; 17/02/16; 24/02/16 e 02/03/16.



Fonte: da autora (2017)

Houve dependência espacial da mancha aureolada em viveiro de mudas de cafeeiro (Tabela 2). O modelo isotrópico esférico foi adequado para representar o fenômeno em estudo, e os parâmetros desse modelo foram utilizados para a confecção dos mapas por krigagem (Tabela 2, Figura 3).

Tabela 2 - Parâmetros e coeficientes estimados do semivariograma esférico obtidos pelo método dos Quadrados Mínimos Ordinários (Ordinary Least Squares – OLS) em: 25/01/2016; 10/02/2016; 02/03/2016 e 09/03/2016.

		Modelo	Ao	Co	C+Co	Co/C+Co	GDE
Bloco 1	Inoculadas	Esférico	43,48	0,00	0,01	0,00	Forte
	25/jan	Esférico	43,48	0,01	0,04	0,25	Moderado
	10/fev	Esférico	43,48	0,01	0,06	0,17	Forte
	02/mar	Esférico	43,48	0,01	0,07	0,14	Forte
	09/mar	Esférico	43,48	0,01	0,07	0,14	Forte
Bloco 2	Inoculadas	Esférico	43,48	0,00	0,01	0,00	Forte
	25/jan	Esférico	48,49	0,01	0,02	0,50	Moderado
	10/fev	Esférico	48,49	0,01	0,07	0,14	Forte
	02/mar	Esférico	55,18	0,02	0,09	0,22	Forte
	09/mar	Esférico	55,18	0,02	0,09	0,22	Forte
Bloco 3	Inoculadas	Esférico	43,48	0,00	0,01	0,00	Forte
	25/jan	Esférico	43,48	0,01	0,05	0,20	Forte
	10/fev	Esférico	51,60	0,00	0,10	0,00	Forte
	02/mar	Esférico	54,78	0,00	0,11	0,00	Forte
	09/mar	Esférico	54,78	0,00	0,11	0,00	Forte

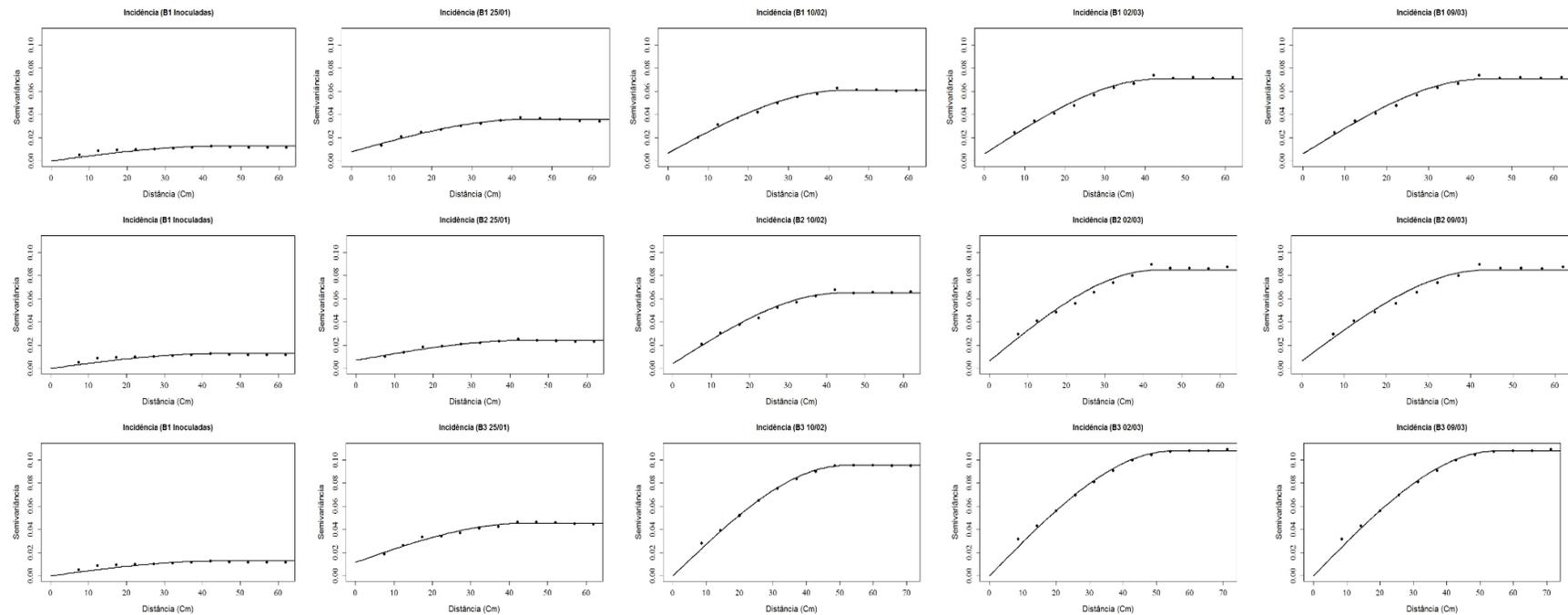
Ao = alcance, Co = efeito pepita, C+Co = patamar, Co/C+Co = razão indicativa do grau de dependência espacial (GDE, onde de 0 a 0,25 = forte, 0,25 a 0,75 = moderado e 0,75 a 1 = fraco) (Cambardella et al., 1994)

Fonte: da autora (2017)

O grau de dependência foi predominantemente forte para todos os blocos (canteiros) e avaliações, com GDE variando de 0,00 a 0,50 (Tabela 2). O menor valor do alcance foi de 43,48 cm aos 15 dias após introdução do inóculo inicial no canteiro (0,8% das mudas do canteiro), aumentando correspondentemente ao número de mudas sintomáticas e/ou surgimento de focos secundários da doença (Tabela 2, Figura 3). Verificou-se também aumento no valor do patamar ao longo do tempo (Tabela 2, Figura 3).

Após confirmada a dependência espacial, foram plotados mapas de krigagem do progresso da doença ao longo do tempo (Figura 4). No início da epidemia, somente as mudas introduzidas no canteiro apresentaram sintomas da doença (Figura 4). Porém, a partir da avaliação realizada no dia 25/01/16 foram identificados focos secundários da doença ao redor do inóculo/foco inicial. Ao longo do tempo, houve aumento de tamanho desses focos, expansão lateral, bem como coalescência desses (Figura 4). Com base nos mapas de distribuição da doença (Figura 4), verificou-se padrão agregado de distribuição espacial das mudas sintomáticas, e esse padrão se manteve ao longo do tempo.

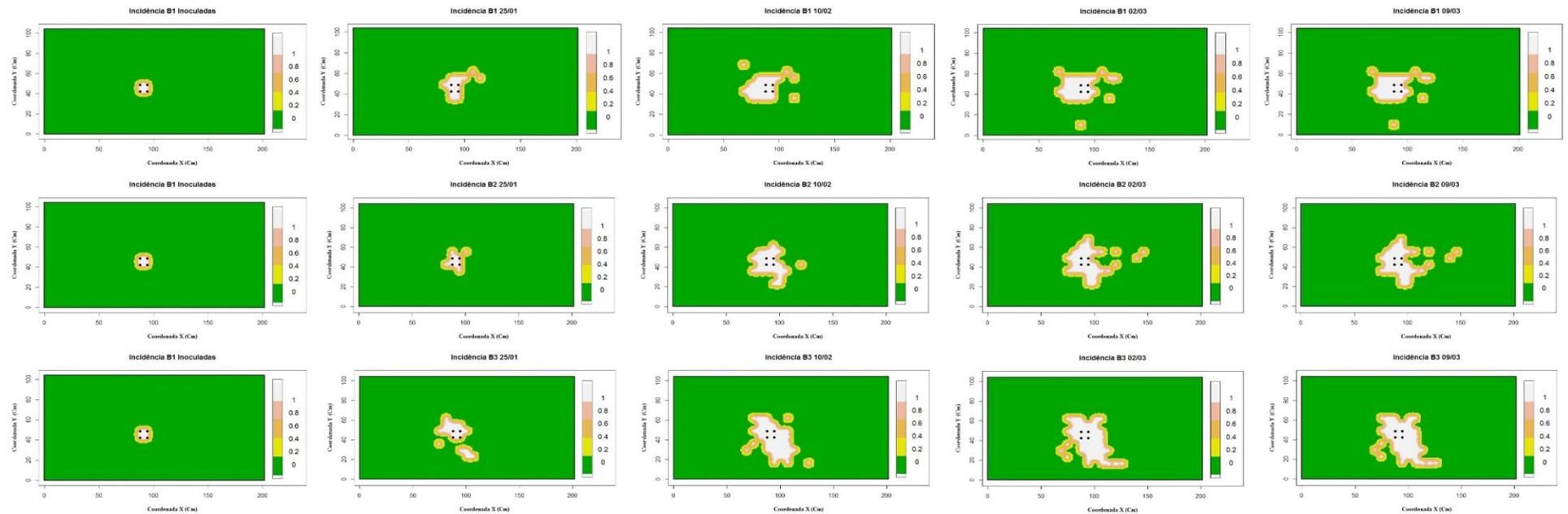
Figura 3 Gráficos dos semivariogramas ajustados ao modelo esférico, obtidos pelo método dos Quadrados Mínimos Ordinários (Ordinary Least Squares – OLS) da incidência de mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*) em viveiro em 25/01/2016; 10/02/2016; 02/03/2016 e 09/03/2016.



Legenda: B1: Bloco 1; B2: Bloco 2; B3: Bloco 3.

Fonte: da autora (2017)

Figura 4 - Mapas de krigagem da incidência de mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*) em viveiro em 25/01/2016; 10/02/2016; 02/03/2016 e 09/03/2016.



Legenda: B1: Bloco 1; B2: Bloco 2; B3: Bloco 3

Fonte: da autora (2017)

5 DISCUSSÃO

A partir do inóculo inicial de 0,8%, o valor da incidência da doença nos canteiros de mudas de cafeeiro no viveiro aumentou ao longo do tempo, atingindo uma média máxima de 28 plantas doentes, ou seja, 6% das mudas do canteiro foram infectadas. Após seis semanas do início da epidemia a incidência estabilizou. De forma semelhante, Belan et al. (2015) também relataram epidemia dessa doença em viveiro de mudas de cafeeiro, e 56% de incidência de mudas com mancha aureolada aos 61 dias após a primeira avaliação. Em viveiros de mudas de cafeeiro, tanto o adensamento das plantas como a irrigação por aspersão proporcionam condições e ambiente favoráveis para a ocorrência e o progresso da mancha aureolada. Nesses casos o progresso da doença pode ser rápido se o hospedeiro for suscetível à infecção e o ambiente favorável ao patógeno (Carmo et al. 1996; Carmo et al. 2001; Romeiro 2005; Marcuzzo et al. 2008; Rodrigues et al. 2013). O contato direto das folhas entre as mudas, junto com o excesso de umidade, beneficia a dispersão do patógeno e, conseqüentemente, as epidemias de doenças bacterianas (Romeiro 2005; Rodrigues et al. 2013). Porém, Belan et al. (2015) não introduziram os focos iniciais da doença no canteiro de mudas, ocorrendo variabilidade na distribuição das mudas doentes no viveiro. Sendo assim, a distribuição das mudas infectadas foi na forma de vários focos iniciais aleatórios e houve maior porcentagem de plantas doentes, ao contrário desse estudo, no qual o foco foi introduzir no canteiro quatro mudas doentes na forma de foco único inicial da doença.

Segundo Romeiro (1976), as condições ambientais e microclimáticas são um dos principais fatores para condicionar o fracasso ou o sucesso da infecção bacteriana. Durante o período experimental, foram monitorados e registrados dados meteorológicos, como a umidade relativa do ar, precipitação, molhamento foliar, temperatura do ar, velocidade e direção do vento. Houve variação ao longo do tempo para todas essas variáveis, porém somente as variáveis número de horas com molhamento foliar e velocidade do vento apresentaram correlação significativa com a incidência da doença. Nesse caso, houve correlação positiva entre as variáveis incidência da doença e número médio de horas com molhamento foliar durante os quatro dias que antecederam as avaliações, ou seja, quanto maior o período com água em estado líquido sobre as folhas das mudas durante os quatro dias que antecederam as avaliações, maior foi a incidência da doença. Tal fato pode ser justificado porque as células bacterianas penetram na planta por aberturas naturais e/ou por ferimentos e necessitam de água livre na superfície da planta para se multiplicar e locomover até o sítio de

penetração (Costa et al. 1957; Kimura et al. 1973; Kimati et al. 2005; Souza et al. 2016; Romeiro 2005). Assim, o molhamento foliar é essencial para a infecção bacteriana. Marcuzzo e Denardim (2008) propuseram um modelo para representar o processo infeccioso de fitobactérias em plantas. Nesse modelo, após as bactérias conseguirem alcançar a superfície foliar, são necessárias condições ambientais favoráveis (temperatura, umidade relativa e molhamento foliar) para sua reprodução e infecção. Esse fato justifica a correlação com o molhamento foliar, pois quanto maior o número de horas com molhamento foliar, maior a possibilidade de predominarem as condições microclimáticas favoráveis para multiplicação (Romeiro, 2005) e formar agregados para a infecção (Souza et al. 2016). Além disso, o molhamento foliar também favorece a abertura de estômatos (Romeiro 2005).

Por outro lado, houve correlação negativa entre as variáveis incidência da mancha aureolada e velocidade média do vento (m/s) durante 8, 10, 12 e 15 dias antes das avaliações, ou seja, quanto maior a velocidade do vento menor o progresso da epidemia da doença. Segundo Hamilton (1989), ventos podem provocar danos físicos e fisiológicos nas videiras, sendo reduzida a transpiração por fechamento dos estômatos. No viveiro de mudas de cafeeiro, a velocidade do vento pode ter provocado o fechamento dos estômatos e reduzido o número de horas com molhamento foliar. Por outro lado, a ação do vento é um dos principais fatores na disseminação do inóculo da bactéria de planta para planta principalmente quando ocorre simultaneamente a uma chuva, irrigação ou mesmo durante maiores períodos de molhamento foliar, condição ideal para movimentação da célula bacteriana (Belan et al. 2014). As células bacterianas podem penetrar na planta por aberturas naturais e/ou por ferimentos causados por ocasião dos tratamentos culturais, pela fricção entre folhas, pela abrasão de grãos de areia levados pelo vento ou ainda pela própria ação do vento, provocando microfissuras (Costa et al. 1957; Kimura et al. 1973; Kimati et al. 2005). Porém, nesse estudo a variável velocidade do vento (m/s) apresentou correlação negativa. Nesse caso, as proteções laterais que impedem o acesso de animais para dentro do viveiro de mudas de cafeeiro proporcionaram ventos de baixa velocidade (<1,7 m/s), bem como evitaram a incidência direta do vento sobre as mudas. Provavelmente nessas condições, o vento não foi suficiente para provocar injúrias nas folhas e favorecer a penetração do patógeno, porém o aumento da velocidade do vento por um período maior que oito dias pode ter sido suficiente para reduzir o molhamento foliar e conseqüentemente as condições microclimáticas favoráveis à doença.

Houve dependência espacial da mancha aureolada em viveiro de mudas de cafeeiro. O modelo esférico foi ajustado aos dados e usado para plotar os mapas de krigagem. Para o

modelo ajustado, o valor máximo do alcance foi 55,18 cm, caracterizando a distância sob influência do inóculo inicial. Belan et al. (2015) também relataram dependência espacial da mancha aureolada (*P. syringae* pv. *garcae*) em mudas de cafeeiro em viveiro e o modelo esférico também foi ajustado aos dados. Esses autores relataram valores de alcance máximo igual a 45,64 cm em 36 dias após a primeira avaliação, valor inferior comparado a esse estudo. O modelo esférico também já foi ajustado para doenças com padrão de distribuição agregado (Alves et al., 2011; Mouen Bedimo et al., 2007; Alves et al., 2006; Moraes, 2014). O efeito pepita foi baixo ($< 0,02$) e, de acordo com McBratney e Webster (1986), esse parâmetro é importante para o semivariograma pois indica a variabilidade amostral não explicada considerando a distância de amostragem utilizada, ressaltando a qualidade do ajuste do modelo.

Analisando os mapas de krigagem, verificou-se aumento, ao longo do tempo, do número de mudas sintomáticas ao redor das mudas doentes inicialmente introduzidas no viveiro, caracterizando a dispersão e distribuição espacial da doença de forma agregada. A doença teve início a partir das mudas inoculadas e, por dispersão do inóculo, houve aumento de tamanho do foco inicial introduzido, bem como foram formados focos secundários. Gottwald et al. (1989) e Alves et al. (2006) também constataram formação de focos secundários para o patossistema *Xanthomonas campestris* pv. *citri* em mudas de viveiros de citros e *C. Lindemuthianum* na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no campo. Nesses casos, o progresso da doença pode ser rápido se as variáveis climáticas forem favoráveis à epidemia e o hospedeiro suscetível à infecção (Carmo et al., 1996; Carmo et al., 2001; Gottwald et al., 1989; Gottwald, 2010; Rodrigues et al., 2013; Romeiro, 2005), principalmente em patossistemas bacterianos.

6 CONCLUSÕES

- No viveiro de mudas de cafeeiro, houve epidemia da mancha aureolada. 15 dias após a introdução no viveiro do inóculo inicial, correspondendo a 0,8% das mudas de um canteiro, teve início a epidemia, com duração de seis semanas e valor máximo de 6% de incidência. O progresso da epidemia foi limitado possivelmente por fatores climáticos desfavoráveis à ela.
- Houve dependência espacial das mudas doentes em relação ao inóculo inicial. O foco inicial da doença influenciou a ocorrência da doença em mudas distantes 55,18 cm. Essa distância aumentou à medida que aumentou o número de plantas doentes no foco principal e/ou focos secundários.
- Maior incidência da mancha aureolada em mudas de cafeeiro no viveiro foi observada em condições climáticas com maior número de horas com molhamento foliar (quatro dias consecutivos) e com menor velocidade do vento (acima de oito dias consecutivos).

REFERÊNCIAS

ALVES MC, POZZA EA, MACHADO JC, ARAÚJO DV, TALAMINI V, OLIVEIRA MS (2006) Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum spp.* transmitidos por sementes. **Fitopatologia Brasileira** 31:557-563.

ALVES MC, DA SILVA FM, POZZA EA, DE OLIVEIRA MS (2009) Modeling spatial variability and pattern of rust and brown eye spot in coffee agroecosystem. **Journal of pest science** 82:137-148.

ALVES MC, POZZA EA (2010) Indicator kriging modeling epidemiology of common bean anthracnose. **Applied Geomatics** 2:65-72.

ALVES MC, DA SILVA FM, MORAES JC, POZZA EA, DE OLIVEIRA MS, SOUZA JC, ALVES LS (2011) Geostatistical analysis of the spatial variation of the berry borer and leaf miner in a coffee agroecosystem. **Precision agriculture** 12:18-31.

AMARAL, J.F.; TEIXEIRA, C.; PINHEIRO, E.D. A bacterium causing halo blight of coffee. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.23, p.151-155, 1956.

BELAN L. L. ; POZZA, E. A. ; FREITAS, MARCELO LORAN DE OLIVEIRA ; RAIMUNDI, M. K. ; SOUZA, R. M. ; MACHADO, J. C. Occurrence of *Pseudomonas syringae pv. garcae* in coffee seeds. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, p. 1015-1021, 2016

BELAN, L.L.; POZZA, E.A.; FREITAS, M.L.O.; SOUZA, R.M.; JESUS JUNIOR, W.C.; OLIVEIRA, J.M. Diagrammatic Scale for Assessment of Bacterial Blight in Coffee Leaves. **Journal of Phytopathology**, v.162, p.801-810, 2014.

BELAN, L.L.; SOUZA, R.M. A Mancha Aureolada do Cafeeiro. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.22, p.227-256, 2014.

BELAN, LEÔNIDAS LEONI; POZZA, EDSON AMPÉLIO ; FREITAS, MARCELO LORAN DE OLIVEIRA ; POZZA, ADÉLIA AZIZ ALEXANDRE ; DE ABREU, MÁRIO SOBRAL ; ALVES, EDUARDO . Nutrients distribution in diseased coffee leaf tissue. **Australasian Plant Pathology**, v. 44, p. 105-111, 2015.

BELAN, LEÔNIDAS LEONI; POZZA, EDSON AMPÉLIO ; FREITAS, MARCELO LORAN DE OLIVEIRA ; ALVES, M. C. Distribuição espacial da mancha aureolada em mudas de cafeeiro no viveiro. In: 48º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2015, São Pedro SP. Anais 48º Congresso Brasileiro de Fitopatologia - 2015. v. 1. p. 1.

BERGAMIN FILHO A, HAU B, AMORIM L, LARANJEIRA FF (2002) **Análise espacial de epidemias**. Rev A Pat Plantas 10:155-218

BLANK, L., COHEN, Y., BORENSTEIN, M., SHULHANI, R., LOFTHOUSE, M., SOFER, M., AND SHTIENBERG, D. 2016. **Variables associated with severity of bacterial canker and wilt caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomato greenhouses.** *Phytopathology* 106:254-261.

BURROUGH PA, MCDONNELL RA (ed) 377 (1998) **Principles of geographical information systems.** Oxford university press Oxford, London

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science of America Journal**, Madison, v. 58, n. 4, p. 1501-1511, Nov. 1994.

CAMPBELL CL, MADDEN LV (1990) Introduction to plant disease epidemiology.

CARDOSO, R.L; MOHAN, S.K. Ocorrência e intensidade do cretamento bacteriano causado por *Pseudomonas garcae* em relação a alguns fatores climáticos, no Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS 7, 1979, Araxá, MG. **Resumos.** Rio de Janeiro: IBC/GERCA. p. 65-66, 1980.

CARMO MGF, KIMURA O, MAFFIA LA, CARVALHO AOC (1996) **Progresso da pústula bacteriana do pimentão, causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* em condições de viveiro.** *Fitopat Bras* 20:66-70

CARMO MGF, MACAGNAN D, CARVALHO AO (2001) Progresso da mancha-bacteriana do pimentão a partir de diferentes níveis iniciais de inóculo e do emprego ou não do controle com oxiclureto de cobre. *Hortic Bras* 19:210-215

CARVALHO, V.L.; CHALFOUN, S.M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v.19, p.27-35, 1998.

CHEN, Z. Morphocultural and pathogenic comparisons between *Colletotrichum kahawae* and *C. gloeosporioides* isolated from coffee berries. **PhD Thesis.** Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2002.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Café Safra 2017.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&> . Acessado em 01/03/17.

COSTA, A.S.; AMARAL, J.F.; VIEGAS, A.P.; SILVA, D.M.; TEIXEIRA, C.G.; PINHEIRO, E.D. Bacterial halo blight of coffee in Brazil. **Phytopathologische Zeitschrift**, v.28, p.427-444, 1957.

COSTA, A.S.; SILVA, D.M.A Mancha aureolada do cafeeiro. **Bragantia**, v.19, p.LXII-LXVIII, 1960.

DIGGLE PJ, RIBEIRO JUNIOR PJ (ed) (2007) Model-based geostatistics. Springer, New York fitting them to sampling estimates. **Journal Soil Science**, 37(4), 617–639.

FREITAS, A. S.; POZZA, E. A. ; ALVES, M. C. ; COELHO, G. ; ROCHA, H. S. ; POZZA, A. A. A. . Spatial distribution of Yellow Sigatoka Leaf Spot correlated with soil fertility and plant nutrition. **PRECISION AGRICULTURE JCR**, p. 93-107, rint. 2016

GODOY, C.V.; BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO C.L. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: Kimati H, Amorim L, Bergamin-Filho, A, Camargo LEA and Rezende JAM (eds) **Manual de Fitopatologia**. 3rd edition, 2nd volume. Agronômica Ceres, São Paulo, Brazil, p.184-200, 1997.

GOTTWALD T. R., MILLER C., BRLANSKY R. H., GABRIEL D. W., and CIVEROLO E. L. 1989. Analysis of spatial distribution of citrus bacterial spot in a Florida citrus nursery. *Plant Disease* 73:207-303.

GOTTWALD T, TIMMER L, MCGUIRE R (1989) Analysis of disease progress of Citrus canker in nurseries in Argentina. **Phytopathology** 79:1276-1283.

GOTTWALD T. R. and GRAHAM J. H. 1990. Spatial pattern analysis of epidemics of citrus bacterial spot in Florida citrus nurseries. *Phytopathology* 80:181-190.

GOTTWALD TR (2010) Current Epidemiological Understanding of Citrus Huanglongbing*. **Annual review of phytopathology** 48:119-139.

HAMILTON, R.P. Wind and its effects on viticulture. *Australian Grape Grower & Winemaker*, Sidney, v. 303, p. 16-17, 1989.

JAIME-GARCIA R, ORUM T, FELIX-GASTELUM R, TRINIDAD-CORREA R, VANETTEN H, NELSON M (2001) 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** 91:1156-1165.

JEGER M (1990) Mathematical analysis and modeling of spatial aspects of plant disease epidemics. **Epidemics of Plant Diseases**. Springer, pp 53-95.

KADO, C.I.; HESKETT, M.G. Selective media for isolation of Agrobacterium, Corynebacterium Erwinia, Pseudomonas and Xanthomonas. **Phytopathology**, v.60, p.969-976, 1970.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**; doenças das plantas cultivadas; 4ª ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005, 663p.

- KIMURA, O.; ROBBS, C.F.; FERRARI, J.A.R. Algumas observações relacionadas com as bacterioses do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4, 1976, Caxambu. **Resumos**. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1976, p.104.
- KIMURA, O.; ROBBS, C.F.; RIBEIRO, R.L.D. Estudos sobre o agente da “Mancha Aureolada do cafeeiro” (*Pseudomonas garcae* Amaral et al.) **Arquivos da Universidade Federal Rural**, v.3, n.2, p.15-18, 1973.
- KOROBKO, A. WONDINAGEGNE, E. Bacterial blight of coffee (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) in Ethiopia. In Rudoldh, K.; Burr, T.J.; Mansfield, J.W.; Stead, D.; Vivian, A.; Von Kietzele, J. **Pseudomonas syringae and related pathogens**. Netherlands Springer, 1997. p.538-541.
- LEAL RM, BARBOSA JC, COSTA MG, JUNIOR JB, YAMAMOTO PT, DRAGONE J (2010) Distribuição espacial de huanglongbing (greening) em citros utilizando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal 32:808-818.
- MADDEN LV, HUGHES G, VAN DEN BOSCH F (2007) The study of plant disease epidemics. **American Phytopathological Society** St Paul, MN.
- MARCUZZO, L.L. & DENARDIM, N.D. (2008). Colonização de bactérias causadoras de doenças foliares. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 7(2), 169-176.
- MCBRATNEY, A. B., & WEBSTER, R. (1986). Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Journal Soil Science*, 37(4), 617–639.
- MOHAN, S.K. Investigações sobre *Pseudomonas garcae* Amaral et al. Em cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4, 1976, Caxambu. **Resumos**. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1976, p.56.
- MORAES WB (2014) Dinâmica espaço-temporal da murcha de *Ceratocystis* em *Mangifera indica* e associação da doença a potenciais vetores. Departamento de Fitopatologia. Universidade Federal de Viçosa, p 89
- MOUEN BEDIMO J, BIEYSSE D, CILAS C, NOTTÉGHEM J (2007) Spatio-temporal dynamics of arabica coffee berry disease caused by *Colletotrichum kahawae* on a plot scale. **Plant Disease** 91:1229-1236.
- NELSON MR, ORUM TV, JAIME-GARCIA R, NADEEM A (1999) Applications of geographic information systems and geostatistics in plant disease epidemiology and management. **Plant Disease** 83:308-319.
- OLIVEIRA, J.R.; ROMEIRO, R.S. Reação de folhas novas e velhas de cafeeiro a infecção por *Pseudomonas cichorii* e *P. syringae* pv. *garcae*. **Fitopatologia Brasileira**, v.15, n.4, p.355-356. 1990.

ORTIZ B, PERRY C, GOOVAERTS P, VELLIDIS G, SULLIVAN D (2010) Geostatistical modeling of the spatial variability and risk areas of southern root-knot nematodes in relation to soil properties. **Geoderma** 156:243-252.

POZZA, E. A.; BELAN, LEÔNIDAS LEONI ; SANTOS, L. A. ; ALVES, M. C. .
Geoestatística e sistemas de apoio a decisão aplicados ao manejo de doenças de plantas. Inovação, Difusão e Integração: Bases para a Sustentabilidade da Cafeicultura. 1ed. ALEGRES: CAUFES, 2012, v , p. 155-178.

POZZA, E.A.; CARVALHO, V.L.; CHALFOUN, S.M. Sintomas de injúrias causadas por doenças do cafeeiro. In: Guimarães, R.J.; Mendes, A.N.G.; Baliza, D.P. (Org.). **Semiologia do cafeeiro**. 01 ed. Lavras: Editora UFLA, 2010, p.67-106.

RAIMUNDI, M.K. Caracterização e identificação de isolados bacterianos patogênicos ao cafeeiro. 2014. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Lavras.

RAMOS, A.H.; SHAVDIA, L.D. A dieback of coffee in Kenya. **Plant Disease Reporter**, v.60, n.10, p.831-835, 1976.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RODRIGUES, L.M.R.; ALMEIRA, I.M.G.; PATRÍCIO, F.R.A.; BERIAM, L.O.S.; MACIEL, K.W.; BRAGHINI, M.T.; GUERREIRO FILHO, O. **Mancha aureolada do cafeeiro causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae***. Boletim técnico IAC, Campinas, n. 212, 2013.

ROHAM R, PIRDASHTI H, YAGHUBI M, NEMATZADEH G (2014) Spatial distribution of nutsedge (*Cyperus spp. L.*) seed bank in rice growth cycle using geostatistics. **Crop Protection** 55:133-141.

ROMEIRO, R.S. 1976. Identificação de bactérias fitopatogênicas. Viçosa, Brasil, Imprensa universitária.

ROMEIRO, R.S. **Bactérias Fitopatogênicas**. Editora UFV. 2 ed. atual. e ampl. Viçosa, 417p. 2005.

ROUMAGNAC, P., PRUVOST, O., CHIROLEU, F., AND HUGHES, G. 2004. Spatial and temporal analyses of bacterial blight of onion caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. *Phytopathology* 94:138-146.

SCOTT JB, GENT DH, PETHYBRIDGE SJ, HAY FS (2014) Spatiotemporal characterization of sclerotinia crown rot epidemics in pyrethrum. *Plant Dis* 98:267-274

SERA, G.H.; SERA, T.; ALTÉIA, M.Z.; ANDROCIOLI FILHO, A.; AZEVEDO, J.A.; PETEK, M.R.; ITO, D.S. Associação de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* com algumas características agronômicas em cafeeiros F2 segregantes para o gene *erecta*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.5, p.974- 977, 2004.

SOUZA, J., POZZA, E., BELAN, L. & FREITAS, M. (2016). Processo Infecioso de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* em folhas de cafeeiro.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, Supply and Distribution Online**. Disponível em:<<http://www.fas.usda.gov/psdonline/>>. Acesso em: 01 mar. 2017.

VALE, F.X.R. ; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. 1.ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 1997. v.2, 1132p.

WALLACE M, HAWKINS D (1994) Applications of geostatistics in plant nematology. **Journal of nematology** 26:626.

ZOCCOLI, D.M.; TAKATSU, A.; UESUGI, C.H. Ocorrência de mancha aureolada em cafeeiros na Região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Bragantia**, Campinas, 2011. v. 70, n. 4, p.843-

ZUCOLOTO M, LIMA JSS, COELHO RI (2009) Uso da 467 geoestatística na probabilidade de ocorrência do Mal-do-Panamá em bananeira prata anã. *Rev Fac Nal Agr Medellín* 62:4793-4796