



**EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA DA
PODRIDÃO DO COLO E RAÍZES DO
MARACUJAZEIRO, CAUSADA POR *Fusarium
solani* EM ÁREA COM E SEM APLICAÇÃO
DE *Trichoderma longibrachiatum***

RAFAEL SANTOS SOARES

2014

RAFAEL SANTOS SOARES

**EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA DA PODRIDÃO DO COLO E
RAÍZES DO MARACUJAZEIRO, CAUSADA POR *Fusarium solani*
EM ÁREA COM E SEM APLICAÇÃO DE *Trichoderma*
*longibrachiatum***

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:
Prof. D.Sc. Quelmo Silva de Novaes

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
2014

S656e Soares, Rafael Santos.
Epidemiologia comparativa da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, causada por *Fusarium solani* em área com e sem aplicação de *Trichoderma longibrachiatum* / Rafael Santos Soares, 2014.
57f.: il. ; algumas col.
Orientador (a): Quelmo Silva de Novaes.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Vitória da Conquista, 2014.
Referências: f. 51-57.

1. Maracujá – Controle biológico. 2. Passiflora.
I. Novaes, Quelmo Silva de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

CDD: 634.425

Catálogo na fonte: Elinei Carvalho Santana - CRB 5/1026
UESB – Campus Vitória da Conquista-BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

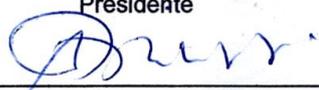
Título: “EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA DA PODRIDÃO DO COLO E RAÍZES DO MARACUJAZEIRO CAUSADA POR *Fusarium solani* em área tratada e não tratada com *Trichoderma longibrachiatum*”

Autor: Rafael Santos Soares

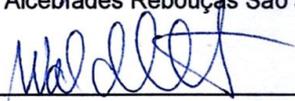
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:



Prof. Quelmo Silva de Novaes, D.Sc., UESB
Presidente



Prof. Alcebiades Rebouças São José, D.Sc., UESB



Prof. Waldir Cintra de Jesus Junior, D.Sc., UFSCar

Data de realização: 29 de agosto de 2014.

Estrada do Bem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383 – Fax: (77) 3424-1059 – Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900
e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

"Desistir... eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério; é que tem mais chão nos meus olhos do que o cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça".

Cora Coralina

Aos meus pais, pelos princípios herdados, por todo exemplo de vida digna, perseverança e luta, por me ensinar o valor do estudo e por serem tão presentes na minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Obrigado Senhor pela tua divina proteção! Que a tua graça e o teu amor possam estar presentes em todos os momentos da minha vida;

Aos meus pais, Eni e Urbano, que sempre acreditaram em mim, ajudando a superar os momentos mais difíceis com seu amor incondicional;

À minha tia Irai, que não mediu esforços e sempre esteve disponível para me ajudar;

Ao meu irmão Gabriel e aos meus primos: Érica, Amanda, Humberto e Uéslei, pelo carinho e pela cumplicidade de irmãos;

Ao meu orientador D.Sc. Quelmo Novaes, pelo tempo, dedicação, paciência, confiança, orientação e pelos ensinamentos que foram dispensados a mim, durante toda a realização deste trabalho, sendo indispensáveis para a minha formação acadêmica e pessoal. Obrigado pelo incentivo, pois a realização deste trabalho só foi possível graças ao seu apoio e sua amizade;

Ao professor D.Sc. Waldir Cintra de Jesus Júnior, pela valiosa contribuição na análise dos dados;

Ao professor D.Sc. Alcebiades Rebouças São José, pela amizade e incentivo durante toda a minha trajetória na UESB;

Aos meus companheiros do Laboratório de Fitopatologia: Erlani, Gisele e Geraldo, pela disponibilidade e atenção, pelos conhecimentos compartilhados e pela amizade;

À professora D.Sc. Aldenise Alves Moreira, pela amizade, confiança e pelos ensinamentos, pois foi através dela que despertou em mim o interesse pela pesquisa;

À minha namorada Aline Silva, por estar ao meu lado incentivando e compartilhando os momentos mais difíceis com amor e compreensão;

À Thaís de Souza Nogueira Teixeira, pelos valiosos conselhos, que foram fundamentais para continuar firme na trajetória, motivando-me com suas palavras sábias;

Aos meus amigos que sempre estiveram por perto, dando suporte para superar os momentos mais difíceis;

À UESB e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por contribuírem para a realização deste trabalho;

Ao Sr. Renato Tavares Guimarães, que gentilmente cedeu sua propriedade para a realização da pesquisa;

À CAPES, pelo apoio financeiro na concessão da bolsa de estudo;

Enfim, a todos aqueles que ajudaram, de forma direta ou indireta, na realização deste trabalho.

RESUMO

SOARES, R. S. **Epidemiologia comparativa da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, causada por *Fusarium solani* em área com e sem aplicação de *Trichoderma longibrachiatum***. Vitória da Conquista – BA: UESB, 2014. 57p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia) *.

A podridão do colo e raízes, causada pelo fungo *Fusarium solani* Mart. Sacc., é considerada uma das principais doenças responsáveis pelo decréscimo da produtividade na cultura do maracujazeiro. É responsável também pelas constantes migrações da cultura para regiões livres do patógeno, uma vez que não existem métodos curativos eficientes. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho compreender a epidemiologia no tempo e no espaço da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, em área com e sem aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. O experimento foi conduzido no município de Anagé - BA, onde foram avaliadas, semanalmente, duas áreas de um pomar comercial de maracujá, sendo uma com e a outra sem aplicação de *T. longibrachiatum*. As avaliações consistiram na marcação de plantas sintomáticas em mapas. Por meio de análise Bayesiana, os modelos Logístico, Gompertz e Monomolecular foram ajustados aos dados semanais de incidência de plantas mortas. Análises espaciais foram realizadas tomando por base os mapas das plantas doentes, a cada avaliação, utilizando-se *quadrats* 4X4 de plantas, para o cálculo dos parâmetros de agregação e probabilidade da distribuição beta-binomial, bem como do índice de dispersão e correlação intra-agrupamento. Foi observada, ainda, a distribuição binomial pela relação entre os logaritmos das variâncias observada e teórica. Ao final das avaliações, as áreas com e sem aplicação de *T. longibrachiatum* apresentaram uma incidência de plantas mortas de 27,4 e 83,7%, respectivamente. O modelo logístico ajustou-se melhor às curvas de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em ambas as áreas e os maiores valores foram observados em todos os parâmetros (incidência máxima, incidência mínima e taxa de progresso) na distribuição marginal a *posteriori* deste modelo, na área onde não foi realizada a aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Todos os parâmetros testados apontaram uma forte agregação da doença, desde o início da epidemia, em ambas as áreas.

Palavras chaves: *Passiflora*, controle biológico, modelos epidemiológicos, fungos.

*Orientador: Quelmo Silva de Novaes, D.Sc., UESB

ABSTRACT

SOARES, R. S. **Comparative epidemiology of the collar rot and root of passion fruit caused by *Fusarium solani* in area with and without application of *Trichoderma longibrachiatum*.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2014. 57p. (Dissertation – Master in Agronomy, Concentration Area: Crop Science) *.

The collar rot and root caused by *Fusarium solani* Mart. Sacc. is considered one of the main diseases responsible for decreased productivity in the cultivation of passion fruit. This disease also responsible for the constant migrations of culture for pathogen-free regions, since there are no effective curative methods. The objective of this research was to understand the epidemiology of the collar rot and root of passion fruit in time and space, in area with and without application of *Trichoderma longibrachiatum*. The experiment was conducted in Anagé - BA. Two areas of a commercial orchard passion fruit, one with and the other without application of *T. longibrachiatum*, were evaluated weekly. Evaluations consisted in marking symptomatic plants on maps. Through Bayesian analysis, Logistic, Gompertz and Monomolecular models were fitted to weekly data on the incidence of dead plants. Spatial analyzes were based on maps of diseased plants, with each assessment, using *quadrats* of 4x4 plants to calculate the parameters of aggregation and probability of beta-binomial distribution, and the dispersion index and intra-cluster correlation. Was also observed by the binomial distribution relationship between the logarithms of the observed and theoretical variances. The areas with and without application of *T. longibrachiatum* showed an incidence of dead plants of 27.4 and 83.7 %, respectively. The logistic model adjusted better to the progress curves of the collar rot and roots of passion fruit in both areas and the highest values were observed in all parameters (maximal and minimum incidence rate of progress) at the marginal posterior distribution of the model, in the area where treatment was not done with *Trichoderma longibrachiatum*. All the parameters tested showed a strong aggregation of the disease since the beginning of the epidemic in both areas.

Palavras chaves: *Passiflora*, biologic control, epidemiological models, fungi.

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Parâmetro de agregação ($\hat{\theta}$) e probabilidade (\hat{p}) da distribuição beta-binomial, índice de dispersão (D) e correlação intra-agrupamento ($\hat{\rho}$) da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em áreas sem e com aplicação de <i>Trichoderma longibrachiatum</i> , obtidos em diferentes dias após a primeira avaliação (DAP).....	47
--	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01.** Área experimental do pomar de maracujá amarelo. Área sem *Trichoderma longibrachiatum* (A), área com *Trichoderma longibrachiatum* (B).....26
- Figura 2.** Estruturas fúngicas. Macro e micro conídios (A), Conidióforos e fiálides (B), típicas de *Fusarium solani*.....35
- Figura 3.** Incidência (%) da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, causada pelo *Fusarium solani*, em área sem (A) e com (B) aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*.....37
- Figura 4.** Critério de Informação da Deviance (DIC) dos modelos logístico, Gompertz e monomolecular, ajustados aos dados de incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em áreas sem e com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Menores valores indicam melhor ajuste do modelo aos dados.....38
- Figura 5.** Modelo logístico ajustado às curvas de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, em áreas sem (A) e com (B) aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*, através de análise bayesiana.....39
- Figura 6.** Distribuições marginais *a posteriori* dos parâmetros a (incidência máxima) (A), b (constante de integração, relacionada com incidência inicial) (B), e r (taxa de progresso) (C) do modelo logístico ajustado às curvas de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em áreas sem e com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*.....42

Figura 7. Diferença entre as distribuições marginais a *posteriori* dos parâmetros a (incidência máxima) (A), b (constante de integração, relacionada com incidência inicial) (B), e r (taxa de progresso) (C) do modelo logístico ajustado às curvas de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em áreas sem e com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Quando o intervalo HPD a 95% conter zero, os parâmetros não serão diferentes.....43

Figura 8. Mapa da distribuição espacial de plantas de maracujazeiros mortas pelo *Fusarium solani*, aos 148 dias após o plantio, em área sem aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Os retângulos cheios representam as plantas mortas e os vazios, as plantas vivas.....45

Figura 9. Mapa da distribuição espacial de plantas de maracujazeiros mortas pelo *Fusarium solani*, aos 179 dias após o plantio, em área com *Trichoderma longibrachiatum*. Os retângulos cheios representam as plantas mortas e os vazios, as plantas vivas.....46

Figura 10. Relação entre o logaritmo da variância observada e logaritmo da variância teórica para uma distribuição binomial, da incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em áreas sem (A) e com (B) aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Linha sólida representa a reta da regressão linear ajustada aos dados; a tracejada é a linha para uma distribuição binomial. * intercepto $\neq 0$ e/ou coeficiente angular $\neq 1$48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Aspectos gerais do maracujazeiro	16
2.2 Doenças do maracujazeiro	18
2.3 Podridão do colo e raízes do maracujazeiro.....	20
2.4 Controle da podridão do colo e raízes do maracujazeiro.....	21
2.5 <i>Trichoderma</i> no controle de fitopatógenos	22
2.6 Importância da epidemiologia	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Localização do experimento e descrição das áreas experimentais	26
3.2 Aplicação de <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	27
3.3 Avaliação e detecção da podridão do colo e raízes no maracujazeiro.....	27
3.4 Análise epidemiológica da podridão do colo e raízes do maracujazeiro.....	28
3.4.1 Análise temporal	28
3.4.1.1 Ajuste de modelos de crescimento ao progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro.....	29

3.4.1.2	Análise Bayesiana dos modelos de crescimento	29
3.4.1.3	Comparação dos modelos.....	31
3.4.1.4	Epidemiologia comparativa da podridão do colo e raízes do maracujazeiro.....	32
3.4.2	Análise Espacial	33
3.4.2.1	Distribuições discretas	33
3.4.2.2	Lei da potência binária.....	34
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1	Identificação do patógeno	35
4.2	Incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro	36
4.3	Análise temporal	38
4.4	Análise Espacial	44
5.	CONCLUSÕES.....	50
6.	REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

O maracujá apresenta uma ampla distribuição geográfica, sendo uma das principais fruteiras cultivadas em todo território brasileiro, exercendo forte influência no cenário da fruticultura nacional, que vem tendo a área cultivada expandida de forma crescente, nas últimas décadas (MELETTI, 2011).

O Brasil é um dos mais importantes centros de diversidade do maracujá, sendo a espécie *Passiflora edulis* f. *flavicapa* Deg. (maracujá amarelo) a de maior representatividade para a economia, pois representa quase que a totalidade de todo maracujá cultivado no Brasil (MELETTI; BRUCKNER, 2001).

O Brasil é considerado o maior produtor mundial de maracujá, mesmo sendo uma cultura praticada, em sua grande maioria, por pequenos produtores rurais. Este fato evidencia o forte papel social e econômico que o mesmo desempenha na agricultura familiar e na geração de renda em áreas relativamente pequenas (PIRES, 2011).

A maior produção brasileira de maracujá concentra-se na região nordeste do país, sendo o estado da Bahia o maior produtor nacional. Este estado apresenta altas temperaturas e luminosidade, condições estas indispensáveis para o bom desenvolvimento desta fruteira. Entre os municípios baianos, Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio são referências na produção de maracujá, cuja produção é oriunda de pequenos produtores (IBGE, 2014). Embora o município baiano de Anagé não tenha tanta representatividade em números nos dados gerados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o mesmo foi escolhido para a execução do trabalho, por apresentar condições favoráveis para o cultivo de maracujazeiros, e outrora, o mesmo já foi um grande produtor de maracujá. Por razões de fatores fitossanitários, os produtores deixaram de cultivar esta fruteira neste município.

O agronegócio do maracujá é uma atividade que vem crescendo nas últimas décadas, em decorrência do Brasil apresentar condições favoráveis para o cultivo desta fruteira durante todo o ano, e este potencial pode ser muito mais explorado, de tal modo, a obter o máximo de aproveitamento em termos de produtividade, visto que a produtividade média nacional é considerada baixa, por causa da ocorrência de várias epidemias na cultura (SILVA e outros, 2009).

O mercado interno é detentor de toda a produção brasileira de maracujá, que, em sua grande maioria, destina-se ao consumo da fruta *in natura* e para a indústria de sucos (PIRES, 2011).

Entre os vários fatores responsáveis pelas baixas produtividades brasileiras, estão os relacionados a problemas fitossanitários, principalmente, as doenças causadas por microrganismos, entre eles, os fungos. Estes ocasionam sérios prejuízos econômicos para os produtores, o que vem limitando o cultivo em regiões antes consideradas grandes produtoras, além de reduzir a vida útil dos pomares de maracujá (FALEIRO e outros, 2005).

A podridão do colo e raízes é considerada uma das principais doenças fúngicas do maracujazeiro, causada por *Haematonectria haematococca* Berk e Br., cuja forma anamórfica corresponde à espécie *Fusarium solani* Mart. Sacc (PONTE e outros, 1998). Por se tratar de um patógeno de solo, conseqüentemente, de difícil controle, a podridão do colo e raízes é apontada como a responsável pelo decréscimo da produtividade e constantes migrações da cultura para regiões livres do patógeno (FISCHER e outros, 2005).

O manejo de patógenos de solo, como é o caso da podridão do colo e raízes, sempre representou um grande desafio, por se tratar de patógenos muito agressivos e de difícil manejo, já que os mesmos estão adaptados em um ambiente de extrema complexidade biológica que é o solo (MICHEREFF e outros, 2005). Neste contexto, o controle biológico apresenta-se como a alternativa promissora, uma vez que os fungicidas

químicos têm se mostrado pouco eficientes, e o que tem sido feito é o manejo preventivo, com intuito de reduzir a fonte de inóculo (FISCHER; REZENDE, 2008). Pesquisas estão sendo desenvolvidas na área do melhoramento genético, na tentativa de obterem cultivares resistentes. Porém, até o momento, os trabalhos não apresentaram resultados satisfatórios do ponto de vista prático e econômico, impossibilitando a adoção de tal prática e apontando a necessidade de maiores avanços nos experimentos (OLIVEIRA e RUGGIERO, 1998). Fica evidente a necessidade de novas medidas que visem reduzir, de forma significativa, os danos provocados pela podridão do colo e raízes do maracujazeiro.

Dos fungos com potencial de antagonismo, o gênero *Trichoderma* é o mais estudado e utilizado no controle biológico de doenças de plantas. O sucesso no manejo se deve ao fato deste fungo possuir um arsenal enzimático capaz de interromper o desenvolvimento do ciclo dos fitopatógenos (BETTIOL, 2008).

Diversos são os trabalhos desenvolvidos com o *Trichoderma*, na tentativa de controlar doenças em plantas, e os resultados têm se mostrado promissores, tanto no manejo de patógenos foliares, quanto de patógenos radiculares (SANOGO e outros, 2002; CORABI-ADELL, 2004).

A fim de contornar os prejuízos enfrentados pelos produtores de maracujá, decorrentes dos significativos decréscimos na produtividade, oriundos das perdas causadas pela podridão do colo e raízes; objetivou-se, com este trabalho, comparar a epidemiologia no espaço e no tempo da podridão do colo e raízes, causada por *Fusarium solani* em plantas de maracujazeiro, em área com e sem aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais do maracujazeiro

O maracujá pertence à família Passifloraceae, que está subdividido em aproximadamente 18 gêneros e 630 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, com maior diversidade nas Américas (OCAMPO e outros, 2007). O gênero *Passiflora* é considerado o mais importante economicamente, por apresentar grande diversidade, com cerca de 530 espécies (FEUILLET e MACDOUGAL, 2007). Das 131 espécies do gênero *Passiflora*, encontradas no Brasil, 88 são endêmicas (CERVI e outros, 2010).

De toda a produção mundial de maracujá, 93% estão concentradas na América do Sul (Brasil, Equador, Colômbia e Peru) e em números menos expressivos para alguns países africanos, sendo o Brasil o maior produtor mundial de maracujá (EMBRAPA, 2014).

O maior centro de diversidade genética do maracujazeiro está localizado no Brasil. Apesar dessa grande diversidade existente na família Passifloraceae, o maracujá amarelo ou azedo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg) é o mais cultivado e o de maior importância econômica, representando 95% de toda a área plantada no Brasil (MELETTI; BRUCKNER, 2001).

O maracujá amarelo é uma espécie encontrada praticamente em todo o território nacional, pois adapta-se bem em ambientes com grande incidência solar, alta luminosidade, solos úmidos e bem drenados; florescendo e frutificando praticamente o ano todo (CERVI, 1997).

O maracujá vem expandindo sua área cultivada a mais de três décadas, ocupando espaço de destaque no segmento frutícola e atraindo mais produtores interessados no cultivo desta fruteira, pois representa uma boa opção entre as frutas por oferecer um rápido retorno econômico, bem como a

oportunidade de gerar renda, distribuída ao longo da maior parte do ano (MELETTI, 2011).

Além do fator econômico exercido pela cadeia produtiva do maracujá na agricultura familiar, a qual tem sido responsável pela expansão dos pomares comerciais, o cultivo do mesmo confere forte caráter social, uma vez que o nível de empregabilidade gerado pela cadeia produtiva do maracujá é elevado. Estima-se que, para cada hectare de maracujá, 3 a 4 empregos são gerados diretamente e ocupa 7 a 8 pessoas, nos diversos elos da cadeia produtiva (MELETTI, 2011).

A cultura do maracujá é uma atividade bem aceita pelos pequenos produtores rurais, pois gera renda em áreas relativamente pequenas, oferecendo um rápido retorno dos investimentos (LIMA, 2001). Segundo Meletti (2011), a maioria dos pomares de maracujá vem sendo cultivado em pequenas propriedades, de 3 a 5 hectares. Ainda que seja uma cultura de alto risco, por utilizar insumos de alto valor aquisitivo, e grande suscetibilidade a doenças, tem sido uma atividade atrativa, devido ao alto valor agregado da produção.

O maracujazeiro vem sendo cultivado em larga escala no país, fato este que eleva o Brasil à condição de maior produtor mundial, com uma área estimada de 57.848 ha no ano de 2012. Os principais estados produtores desta fruteira estão localizados na região nordeste do país, sendo a Bahia e o Ceará os maiores produtores de maracujá, com 29.938 e 8.132 ha, respectivamente, que juntos correspondem mais de 65% da produção brasileira, que, no ano de 2012, foi de 776.097 toneladas (IBGE, 2014).

Nos últimos anos, os dois maiores municípios baianos produtores de maracujá, Dom Basílio e Livramento de Nossa Senhora, tiveram suas produções reduzidas em virtude da forte estiagem na região, além dos problemas fitossanitários enfrentados. Este fato vem desestimulando muitos produtores (IBGE, 2014).

Com a expansão da área cultivada de maracujá no país, nos últimos anos, aumentaram-se também os problemas fitossanitários, os quais vêm reduzindo drasticamente a vida útil da lavoura e provocando um incremento substancial no custo da produção, por exigir maior número de pulverizações com agrotóxicos (SÃO JOSÉ e PIRES, 2011).

2.2 Doenças do maracujazeiro

O agronegócio do maracujá é uma atividade crescente, entretanto, a produtividade média nacional é considerada baixa, 12 a 15 t ha⁻¹, havendo potencial para produção de 30 a 35 t ha⁻¹ (SILVA e outros, 2009). Dentre os fatores que contribuem para essa baixa produtividade, estão os relacionados a problemas fitossanitários, principalmente aqueles causados por bactérias, fitoplasmas, nematoides, vírus e fungos. Estes patógenos depreciam o produto comercial, o que tem gerado prejuízos econômicos nas grandes áreas produtoras, conseqüentemente, inviabilizando o cultivo em algumas áreas (FALEIRO e outros, 2005).

A bacteriose, causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *Passiflorae*, é a principal doença bacteriana associada ao maracujazeiro, provocando perdas expressivas durante os períodos mais quentes e úmidos do ano (JUNQUEIRA e JUNQUEIRA, 2007).

Os fitoplasmas são associados com uma doença conhecida como superbrotamento, encontrado somente no Brasil, e que junto com o vírus do endurecimento dos frutos do maracujazeiro (CABMV) tem sido considerado como responsável pelo baixo rendimento da cultura (FISCHER e outros, 2005a). Ribeiro e colaboradores (2008) confirmaram a associação constante entre os sintomas de superbrotamento do maracujá e a presença de fitoplasmas, além de evidenciar a presença frequente dos mesmos, em cultivos nos estados da Bahia, Paraná, Rio de Janeiro, Sergipe e São Paulo.

O maracujazeiro é afetado por diversas viroses, porém, o *Cowpea aphid borne mosaic virus* (CABMV), causador do endurecimento dos frutos do maracujazeiro, é considerado a principal doença de etiologia viral, causando sérios prejuízos à cultura em todo o Brasil (YUKI e outros, 2006).

A antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, tem sido uma das principais doenças em todas as regiões produtoras de maracujá. No período chuvoso, a antracnose causa maiores prejuízos, devido à depreciação do fruto para o mercado de frutas frescas. Esta doença atinge toda a parte aérea da planta e tem sido considerada a doença mais importante em pós-colheita do fruto, reduzindo o período de conservação (SÃO JOSÉ e outros, 2011). Os danos causados pelo *Colletotrichum gloeosporioides* chegam a quase 40% dos frutos armazenados (FISCHER e outros, 2007).

Entre os fungos fitopatogênicos habitantes de solo na cultura do maracujazeiro, o *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*, causador da fusariose, provoca a murcha da parte aérea da planta, ficando a mesma impossibilitada de receber água e nutrientes, tendendo a falência de todos os órgãos, seguida da morte, uma vez que não existe o controle curativo (SÃO JOSÉ e PIRES, 2011). Os sintomas externos provocados por *Phytophthora* sp. apresentam certa semelhança com os da fusariose, requerendo maiores cuidados na diagnose (VIANA e outros, 2003).

Além da fusariose, o *Fusarium solani*, agente etiológico da podridão do colo e raízes, tem sido considerado um dos principais problemas para a cultura do maracujá no Brasil, por ser responsável pelo decréscimo da produtividade e migrações da cultura para áreas livres do patógeno (FISCHER e outros, 2005).

2.3 Podridão do colo e raízes do maracujazeiro

A podridão do colo e raízes é considerada uma das principais doenças do maracujazeiro amarelo na maioria dos estados produtores do Brasil, matando precocemente as plantas, antes de atingirem dois anos de idade (FISCHER e outros, 2005). É causada pelo fungo *Hematonectria haematococca* Berk e Br., cuja forma anamórfica corresponde à espécie *Fusarium solani* Mart. Sacc. (PONTE e outros, 1998). Esta doença causa significativo decréscimo na produtividade e constantes migrações da cultura para regiões livres do patógeno. Sob condições de elevada umidade, peritécios do patógeno de coloração avermelhada formam-se sobre o colo lesionado da planta. A morte da planta está associada ao completo anelamento necrótico do colo da mesma (FISCHER e outros, 2005a).

Os sintomas reflexos das plantas atacadas pelo patógeno podem ser visualizados pela observação das folhas que inicialmente tornam-se murchas, posteriormente amarelas e depois secam e caem com a morte da planta (NOVAES, 2005). A podridão do colo e raízes impede a absorção de água e nutrientes pela planta, conseqüentemente, provocando a morte da mesma.

Devido ao *Fusarium solani*, formar clamidósporos e poder permanecer no solo por longos períodos, torna-o uma excelente fonte de inóculo para novos plantios, pois o fungo, quando encontra condições adequadas, pode penetrar nas raízes com ou sem ferimentos, desencadeando, assim, todo o processo infeccioso (SSEKYEWA e outros, 1999). As chuvas frequentes, aliadas a uma faixa de temperatura entre 20 e 25°C, favorecem grandemente a disseminação e virulência do patógeno na cultura, ocorrendo o inverso em épocas de clima mais ameno (DIAS, 2000).

O patógeno pode ser disseminado de um local infestado para outro por meio de mudas, frutos maduros contaminados ou restos de plantas infectadas, que podem transmitir o patógeno por meio do contato direto com as raízes (DIAS, 2000).

2.4 Controle da podridão do colo e raízes do maracujazeiro

As doenças radiculares são apontadas entre as principais causas de redução na produtividade de culturas de interesse alimentar mundial. O manejo de doenças radiculares é muito difícil, pois os patógenos coevoluíram com as plantas e estão altamente adaptados ao ambiente subterrâneo em associação com o hospedeiro (MICHEREFF e outros, 2005).

As recomendações mais indicadas para o manejo da podridão do colo e raízes do maracujazeiro são as medidas preventivas. Recomenda-se evitar áreas com histórico da doença, evitar o plantio em solos pesados e compactados, utilizar mudas saudáveis, evitar ferimentos no colo e no sistema radicular das plantas e erradicar as plantas doentes, visando reduzir a fonte de inóculo (FISCHER; REZENDE, 2008).

Métodos de melhoramento, baseados em hibridações interespecíficas, têm sido citados como promissores para o manejo da podridão do colo e raízes, embora possam existir alguns problemas nos híbridos F1, relacionados a macho, esterilidade, viabilidade de pólen, falta de adaptação e suscetibilidade às doenças de parte aérea (OLIVEIRA e RUGGIERO, 1998). Fischer (2003) verificou alta variabilidade genética dentro de genótipos de maracujazeiro amarelo, o que pode gerar fontes de resistência para esta doença.

No Brasil, resultados promissores foram obtidos por Cavichioli (2008), no manejo da podridão do colo e raízes, com a utilização de *Passiflora giberti* N. E. Brown e *P. alata* Dryander como porta-enxerto para o maracujá amarelo. No entanto, necessita-se de maiores estudos para a elucidação de possíveis entraves para a adoção da técnica.

Com o avanço da cultura do maracujazeiro, tornou-se necessária a obtenção de cultivares com resistência a doenças, seja na incorporação de genes de resistência das atuais cultivares, seja no desenvolvimento de novas cultivares. Foi neste sentido que a EMBRAPA-Cerrados (Planaltina-DF)

lançou, em 2008, três novos maracujás híbridos, BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado e BRS Ouro Vermelho. Estes híbridos apresentam diversas vantagens, quando comparado às variedades tradicionais, porém, todos se mostraram suscetíveis a doenças causadas por patógenos de solo (MELETTI, 2011).

Bueno e colaboradores (2010) avaliaram o comportamento do maracujazeiro amarelo, variedade AFRUVEC, ante uma população de *Fusarium solani* e verificaram a suscetibilidade da variedade ao patógeno.

Nos últimos anos, é notória a importância que os fungos antagonistas têm recebido dentro do programa de controle biológico no manejo dos fungos fitopatogênicos. Entre os fungos considerados benéficos, destaca-se o gênero *Trichoderma*, sendo este o mais estudado e utilizado no biocontrole de doenças de plantas, no Brasil e em outros países da América Latina (BETTIOL e outros, 2008).

2.5 *Trichoderma* no controle de fitopatógenos

O gênero *Trichoderma*, pertencente à ordem Hypocreales, é um microrganismo cosmopolita, sendo encontrado naturalmente na maioria dos solos, participando da decomposição e mineralização dos resíduos vegetais, contribuindo com a disponibilização de nutrientes para as plantas (BETTIOL, e outros, 2008). O *Trichoderma* apresenta um crescimento rápido, daí a grande vantagem de utilização no controle biológico (MELO, 1996).

O fungo *Trichoderma* é um micoparasita necrotrófico, muito utilizado no controle biológico, por ser um antagonista eficaz no manejo de inúmeros fungos fitopatogênicos. Principalmente aqueles com estruturas de resistência consideradas difíceis de serem atacadas por microrganismos, tais como escleródios, clamidósporos e microescleródios (MELO, 1996).

Os mecanismos de ação no processo de controle biológico do fungo antagonista *Trichoderma* são:

- Antibiose - Produção de diversos metabólitos secundários, voláteis e não voláteis, com amplo espectro de atividade antimicrobiana (PUNJA e UTKHEDE, 2003);
- Competição por nutrientes e espaço físico - capacidade de competir por sítios de infecção e usar nutrientes disponíveis; podendo deslocar o patógeno por impedir a germinação de propágulos ou a sua infecção (PUNJA e UTKHEDE, 2003).
- Micoparasitismo - consiste na utilização do fitopatógeno como alimento por seu antagonista (CHET, 1992);
- Inativação das enzimas do fitopatógeno - o fungo antagonista secreta enzimas sobre a superfície da planta, capazes de inibirem a ação enzimática dos fitopatógenos (ELAD e outros, 1999).

São diversos os trabalhos desenvolvidos com o fungo antagonista *Trichoderma*, visando o manejo de doenças em plantas; tanto no biocontrole de patógenos foliares, como é o caso de *Moniliophthora perniciosa*, agente causal da vassoura-de-bruxa do cacau (SANOGO e outros, 2002); quanto de patógenos radiculares como *Rhizoctonia solani* Kühn, *Sclerotium rolfsii* Sacc (Lib.) de Bary, *Fusarium* spp. e *Pythium* spp. (CORABI-ADELL, 2004).

Os prejuízos causados pelo fungo *Fusarium solani* no maracujazeiro estende-se a todas as regiões produtoras. Na Colômbia, Hinojosa e colaboradores (2011) avaliaram a capacidade biocontroladora de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., associado à murcha do maracujazeiro sob condições de casa de vegetação. Para tanto, os autores aplicaram o *Trichoderma* em dois tempos: no primeiro ensaio, inocularam primeiro o patógeno, e com cinco dias depois, o antagonista (*Trichoderma*); e, no segundo ensaio, inocularam primeiro o antagonista e, com cinco dias depois, o patógeno. Os melhores resultados

foram obtidos quando o antagonista foi aplicado antes do patógeno, permitindo inferir que o uso do *Trichoderma harzianum* como medida preventiva para o manejo da doença é mais eficiente que a curativa.

Fischer e colaboradores (2010) avaliaram o comportamento do maracujazeiro amarelo do tipo pé-franco e enxertado em pomar com histórico de podridão do colo e raízes e observaram que as espécies *Passiflora maliformis*, *P. suberosa* e *P. alata*, empregadas como porta-enxerto, apresentaram maior resistência à doença em relação às plantas não enxertadas. Neste mesmo trabalho, os autores observaram que a aplicação de produtos químicos e de *Trichoderma* spp. não foram eficientes no manejo da doença.

Registros de trabalhos voltados à epidemiologia da podridão do colo e raízes, causada por *Fusarium solani* em maracujazeiro, não foram encontrados na literatura, reforçando a necessidade de desenvolver mais estudos voltados nesta área, para melhor compreensão do progresso da doença em condição natural, a fim de determinar o melhor manejo, de modo a desfavorecer a doença e elaborar estratégias, visando reduzir a fonte de inóculo.

2.6 Importância da epidemiologia

Estudos epidemiológicos são essenciais para o manejo racional e a redução de perdas de doenças causadas por patógenos do sistema radicular. Porém, a quantificação das relações existentes entre patógeno, hospedeiro e ambiente não é tarefa simples, pois as interações entre estes vértices do triângulo de doenças se desenvolvem num sistema de grande complexidade, o solo (MAFFIA e MIZUBUTI, 2005).

A epidemiologia, segundo Kranz (1990), destaca-se como ciência quantitativa, responsável por analisar os efeitos e a importância de variáveis

quantitativas para descrever e entender a dinâmica de epidemias de doenças de plantas em três populações: a do patógeno, a do hospedeiro e a resultante da interação entre essa, ou seja, a de lesões.

A maioria das doenças causadas por patógenos radiculares não é eficientemente controlada por produtos químicos, e quando são, tal estratégia está associada a riscos ecológicos. Logo, a busca por medidas alternativas de manejo é de fundamental importância, uma vez que o uso de variedades resistentes, medidas de controle cultural e de controle biológico, dentre outros, somente será bem sucedido se baseado em estudos epidemiológicos (MAFFIA e MIZUBUTI, 2005). Para Vanderplank (1963), a indústria química e os melhoristas fornecem excelentes armas para manejo das doenças, porém, apenas a epidemiologia determina a melhor estratégia.

Assim, a geração de conhecimentos sobre a epidemiologia de doenças do sistema radicular é fundamental para a exploração racional de agroecossistemas, uma vez que o conhecimento das relações entre os componentes do triângulo e, mais especificamente, como manipulá-las de modo a desfavorecer doenças, é a essência do manejo de patógenos do sistema radicular (MAFFIA e MIZUBUTI, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento e descrição das áreas experimentais

O experimento foi conduzido em um pomar comercial de maracujá, na fazenda Arizona, localizada a 10 Km do município de Anagé – BA, nas coordenadas 14° 34' Latitude Sul e 41° 08' Longitude Oeste.

Para realização do estudo, foram selecionadas duas áreas implantadas com maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.). As áreas foram demarcadas por setores e foram denominadas de área A, sem aplicação de *Trichoderma* e área B, com aplicação de *Trichoderma* (Figura 1). O espaçamento de plantio das plantas de maracujá foi de 3,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, em ambas as áreas. A área A foi composta por 48 linhas e a área B com 50 linhas, com 8.352 e 8.100 plantas, respectivamente, totalizando 16.452 plantas avaliadas. A distância entre as duas áreas foi de 10 m.



Figura 1. Área experimental do pomar de maracujá amarelo. Área sem aplicação de *Trichoderma longibrachiatum* (A), área com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum* (B).

O pomar de maracujazeiro foi implantado no mês de janeiro de 2013 e as avaliações iniciaram-se aos 60 e 80 dias após o plantio das mudas nas áreas A (sem *Trichoderma*) e B (com *Trichoderma*), respectivamente.

As duas áreas foram irrigadas por gotejamento e adubadas conforme as recomendações necessárias para o ciclo do maracujazeiro. Em ambas as áreas, foram realizados todos os tratos culturais pertinentes para o bom desenvolvimento da cultura. As áreas foram delimitadas por cultivos de maracujá e por vegetação nativa.

3.2 Aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*

O *Trichoderma longibrachiatum* foi fornecido pela empresa Biofungi, sediada no município de Itabuna, BA, sendo aplicado via fertirrigação, em uma dosagem de 6 kg de arroz colonizado por hectare. Para a aplicação do fungo, o mesmo foi diluído em água nos tanques reservados à fertirrigação e à suspensão então obtida, aplicada na área B. As aplicações iniciaram-se no dia do plantio das mudas de maracujá e se estenderam até o final das avaliações, com intervalos de 15 dias entre cada uma; totalizando 12 aplicações de *Trichoderma longibrachiatum*.

3.3 Avaliação e detecção da podridão do colo e raízes no maracujazeiro

As avaliações foram realizadas semanalmente, a partir do aparecimento das primeiras plantas sintomáticas, totalizando 15 avaliações em cada área. A cada avaliação, foi contabilizado o número de plantas mortas com base na diagnose sintomatológica visual, observado pela forte murcha nas folhas das plantas. Ao final de cada avaliação, eram coletadas 5 amostras das raízes e do colo das plantas sintomáticas e levadas ao

Laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, onde foram feitas a desinfestação das amostras em solução de hipoclorito a 1%, álcool 70% e água. As amostras permaneceram em cada solução, por um período de um minuto, e depois acondicionadas em placas de Petri e vedadas com filme plástico, a fim de comprovar a etiologia da doença por meio do crescimento do fungo em câmara úmida e identificação do mesmo por meio da visualização das estruturas produzidas, com auxílio do microscópio ótico.

A constatação da presença de *F. solani* foi realizada com base na morfologia dos macroconídios, microconídios, clamidósporos e conidióforos, utilizando a descrição de Leslie e Summerell (2006).

3.4 Análise epidemiológica da podridão do colo e raízes do maracujazeiro

3.4.1 Análise temporal

A análise temporal constou da plotagem cumulativa e não-cumulativa da incidência da podridão do colo e raízes, causada pelo *Fusarium solani* em função do tempo, ou seja, a evolução da doença no campo, para todas as avaliações. Em seguida, os dados foram ajustados ao progresso dos sintomas e diferentes modelos epidemiológicos, e depois testados.

3.4.1.1 Ajuste de modelos de crescimento ao progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro

Os modelos Logístico (1), Gompertz (2) e monomolecular (3) (CAMPBELL; MADDEN, 1990) foram utilizados para descrever o progresso da incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro através das seguintes equações:

$$y_i = a / [1 + b \exp(-rx_i)] \quad (1)$$

$$y_i = a \exp[-b \exp(-rx_i)] \quad (2)$$

$$y_i = a [1 - b \exp(-rx_i)] \quad (3)$$

em que y_i é a incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro no tempo x_i ; a é a incidência máxima da podridão do colo e raízes do maracujazeiro; b é a constante de integração, que está relacionada com a incidência inicial da doença; e r é a taxa de progresso.

3.4.1.2 Análise Bayesiana dos modelos de crescimento

Os parâmetros dos modelos foram estimados empregando-se Análise Bayesiana (BOX; TIAO, 1974):

$$p(\theta|y) \propto L(y|\theta)p(\theta) \quad (4)$$

em que $p(\theta|y)$ é a distribuição *posteriori* conjunta para os parâmetros (θ); $L(y|\theta)$ é a função de verossimilhança dos dados da amostra; e $p(\theta)$ é a distribuição a priori de θ .

A distribuição binomial foi usada para descrever os dados da amostra pelos modelos 1, 2 e 3, respectivamente, da seguinte forma:

$$y_i | p, \theta, n \sim \text{Binomial}(p = [a / (1 + b \exp(-rx_i))], n), \quad \theta = [a, b, r] \quad (5)$$

$$y_i | p, \theta, n \sim \text{Binomial}(p = [a \exp(-b \exp(-rx_i))], n), \quad \theta = [a, b, r] \quad (6)$$

$$y_i | p, \theta, n \sim \text{Binomial}(p = [a(1 - b \exp(-rx_i))], n), \quad \theta = [a, b, r] \quad (7)$$

em que y_i é o número de plantas sintomáticas, p é a probabilidade de plantas sintomáticas, e n é o número total de plantas em cada parcela.

Assim, a função de verossimilhança assumida pela distribuição binomial dos dados para os modelos 1, 2 e 3, respectivamente, foi determinado da seguinte forma:

$$L(y | \theta, n) \propto \prod_{i=1}^N [y_0 + (a - y_0) / (1 + \exp(-r(x_i - \delta)))]^{y_i} \{1 - [y_0 + (a - y_0) / (1 + \exp(-r(x_i - \delta)))]\}^{n - y_i} \quad (8)$$

$$L(y | \theta, n) \propto \prod_{i=1}^N [y_0 + (a - y_0) \exp(-\exp(r(\delta - x_i)))]^{y_i} \{1 - [y_0 + (a - y_0) \exp(-\exp(r(\delta - x_i)))]\}^{n - y_i} \quad (9)$$

$$L(y | \theta, n) \propto \prod_{i=1}^N [a(1 - y_0 \exp(-rx_i))]^{y_i} \{1 - [a(1 - y_0 \exp(-rx_i))]\}^{n - y_i} \quad (10)$$

Em vista da falta de informações para aplicação de modelos para o progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, a distribuição uniforme foi utilizada como uma prévia não informativa para os parâmetros do modelo. Assim, as distribuições *a priori* para cada modelo foram dadas como se segue:

$$\theta \sim \text{Uniform}(L_{low}, L_{upper}) \quad (11)$$

em que $Llow$ e $Lupper$ são os limites inferior e superior, respectivamente, da distribuição uniforme (hiperparâmetros).

As distribuições marginais *a posteriori* dos parâmetros dos modelos foram estimadas pelo *Markov Chain Monte Carlo (MCMC) integration methods*, implementada no software OpenBUGS (v. 1.4.3, Biostatistics Unit, Cambridge, UK). Uma cadeia com 25.000 iterações foi simulada, em que a primeira metade foi eliminada durante o período de *burn-in*, para evitar a influência dos valores iniciais. As amostras foram coletadas a cada 10 observações (finas) em 5.000 iterações restantes, para garantir que as correlações seriais fossem nulas ou muito pequenas. Assim, as inferências das distribuições marginais *a posteriori* dos parâmetros foram baseadas em 2.000 amostras finais. Os critérios de Geweke (1992) e de Raftery e Lewis (1992) foram utilizados para o diagnóstico de convergência das cadeias por meio do pacote *Bayesian Output Analysis (BOA)* do software R (v. 2.15.2, R Development Core Team, Vienna, AT).

3.4.1.3 Comparação dos modelos

O Critério de Informação da Deviance (Deviance Information Criterion-DIC) foi usado para selecionar o melhor modelo. As amostras da distribuição *a posteriori* dos parâmetros dos modelos, obtidos pela simulação MCMC, foram usadas para calcular o DIC (SPIEGELHALTER e outros, 2002.) da seguinte forma:

$$DIC = 2\bar{D} - D(\bar{\theta}_M) = \bar{D} + pD \quad (12)$$

dado que

$$\bar{D} = -2 \int [\log p(y|\theta_M)] p(\theta_M|y, M) d\theta_M = E_{\theta_M|y} [D(\theta_M)] \quad (13)$$

$$D(\bar{\theta}_M) = -2 \log P(y | \bar{\theta}_M, M) \quad (14)$$

em que $\bar{\theta}_M$ é o vetor médio de todos os parâmetros do modelo no final do processo de amostragem MCMC; θ_M são os valores das amostras de todos os parâmetros do modelo em uma determinada iteração de MCMC; e $p_D = \bar{D} - D(\bar{\theta}_M)$ é o número efetivo de parâmetros.

Assim, o DIC combina as medições de ajuste (\bar{D}) e complexidade (p_D) dos modelos. Um modelo com o menor valor de DIC é considerado o mais plausível (SPIEGELHALTER e outros, 2002). Além disso, para selecionar o melhor modelo, também foi considerada a plotagem dos resíduos padrões e dos valores previstos em função dos valores observados.

3.4.1.4 Epidemiologia comparativa da podridão do colo e raízes do maracujazeiro

As curvas de progresso das duas epidemias também foram comparadas usando as diferenças das amostras nas distribuições marginais dos parâmetros. A hipótese de igualdade de parâmetro foi testada usando o intervalo de alta densidade de probabilidade (HPD), a 5% da amostra das distribuições marginais, a *posteriori* das diferenças.

3.4.2 Análise Espacial

3.4.2.1 Distribuições discretas

Dividiu-se cada talhão em parcelas de 16 plantas, das quais se definiu o número de plantas doentes. Ajustaram-se as distribuições binomial e beta-binomial aos dados obtidos em parcelas do mesmo tamanho, e se estimaram os parâmetros com o método da máxima verossimilhança, com algoritmo de otimização dual quase-Newton, por meio do PROC NLMIXED do software SAS (v 9.1; SAS Institute Inc., Cary, NC). O parâmetro θ da distribuição beta-binomial representa o grau de heterogeneidade entre as parcelas. Quando houve bom ajuste à distribuição binomial, assumiu-se que a doença distribuía-se espacialmente de forma aleatória; com bom ajuste à distribuição beta-binomial, assumiu-se o padrão espacial agregado (HUGHES; MADDEN, 1993). Usou-se o teste estatístico da razão do log-verossimilhança (LRS) para determinar o melhor ajuste entre as distribuições (WILLIAMS, 1975; PAUL e outros, 1989). O LRS segue uma distribuição χ^2 com 1 grau de liberdade sob a hipótese de nulidade de não haver diferenças entre os log-verossimilhanças das duas distribuições, o que indica que a distribuição beta-binomial não caracteriza a frequência de planta doente melhor do que a distribuição binomial.

Para avaliar a heterogeneidade da incidência da doença entre parcelas, calculou-se o índice de dispersão (D), dividindo-se a variância observada da doença entre parcelas de mesmo tamanho pela variância esperada para uma distribuição binomial ($n\hat{p}(1-\hat{p})$). Valores de $D=1$ indicam aleatoriedade e de $D>1$, agregação espacial. Para verificar a existência de agregação, comparou-se $D*(N-1)$ com $N-1$ graus de liberdade à distribuição χ^2 , assumindo-se, como hipótese de nulidade, que a incidência segue uma distribuição aleatória (MADDEN; HUGHES, 1995; 1999). Adicionalmente,

avaliou-se a similaridade do status da doença (planta doente ou sadia) entre indivíduos da mesma parcela por meio do coeficiente de correlação entre agrupamentos ($\hat{\rho} = \theta/(1 + \theta)$).

3.4.2.2 Lei da potência binária

Usou-se a lei da potência binária para caracterizar o grau de heterogeneidade espacial da ocorrência de plantas doentes, durante todo o período de avaliação, que expressa a relação entre a variância observada e a binomial log-transformada por meio de regressão linear (HUGHES; MADDEN, 1992; GENT e outros, 2008):

$$\ln(v_{obs}) = \ln(A_x) + b \ln(v_{bin}) \quad (15)$$

em que: v_{obs} é a variância observada; v_{bin} é a variância esperada para uma distribuição binomial ($n\hat{p}(1 - \hat{p})$); $\ln(A_x)$ é o intercepto; e b a inclinação da reta.

Assumiu-se que, quando $\ln(A_x) = 0$ e $b = 1$, a incidência da doença tem padrão aleatório, que pode ser representada pela distribuição binomial; quando $\ln(A_x) > 0$ e $b = 1$, ocorre agregação, que é independente da incidência média; e quando $b > 1$, há agregação, que é sistematicamente relacionada à incidência média (HUGHES; MADDEN, 1992, HUGHES; MADDEN, 1992; GENT e outros, 2008). Estimaram-se os parâmetros do modelo linearizado por meio do método dos quadrados mínimos ordinários, e usou-se o teste t para determinar se $\ln(A_x)$ e b não são diferentes de 0 e 1, respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificação do patógeno

Nas 150 amostras coletadas, aleatoriamente, durante as avaliações, foi constatada a presença de um fungo com crescimento micelial branco, macroconídios e microconídios (Figura 2A), clamidósporos, conidióforos e fiálides (Figura 2B), típicos de *Fusarium solani*.

Os resultados obtidos foram comparados ainda com aqueles descritos por Leslie e Summerell (2006), comprovando, assim, a etiologia da podridão do colo e raízes do maracujazeiro.

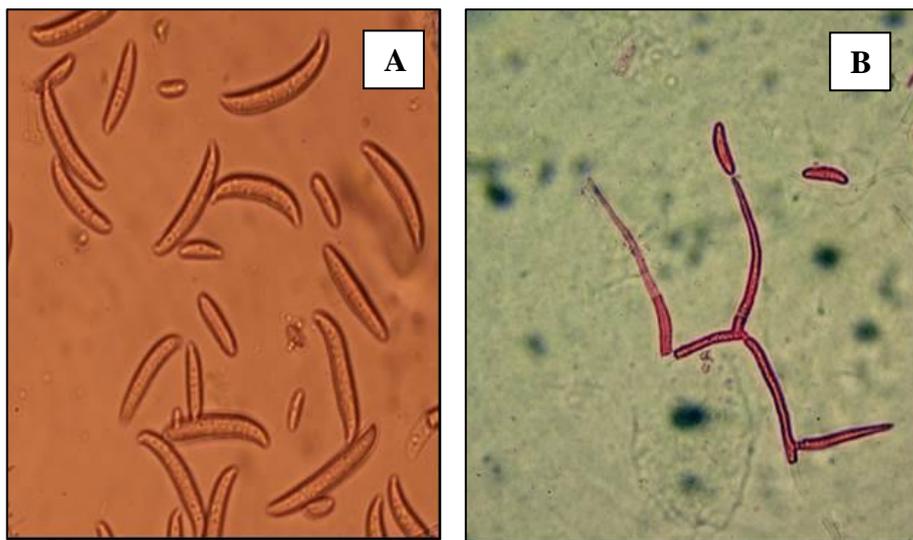


Figura 2. Estruturas fúngicas. Macro e micro conídios (A), Conidióforos e fiálides (B), típicas de *Fusarium solani*.

4.2 Incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro

Na área sem tratamento, as primeiras plantas de maracujá mortas foram observadas aos 51 dias após o plantio (DAP), atingindo 53,4% aos 99 DAP, ou seja, quase 4.500 plantas já haviam morrido. Ao final das avaliações, aos 148 DAP, foi observada uma incidência de plantas mortas na ordem de 83,7% (Figura 3A).

Na área em que foi aplicado o *Trichoderma longibrachiatum*, as primeiras plantas mortas só foram observadas aos 81 DAP, em uma incidência muito baixa (0,3%). Aos 102 DAP, a incidência ainda era muito baixa (3,5%). Uma maior incidência de plantas mortas (27,4%) só foi observada ao final das avaliações (179 DAP) (Figura 3B). Mesmo assim, esta incidência pode ser considerada baixa, quando comparada com aquela observada na área sem aplicação de *T. longibrachiatum*.

Esta alta incidência de plantas de maracujá mortas pode estar associada ao fato destas áreas terem sido ocupadas com esta cultura no passado, deixando uma alta fonte de inóculo do *Fusarium solani*, principalmente na forma de clamidósporos, que podem sobreviver por muitos anos no solo, sem a presença da cultura. Além disso, recentemente, estas áreas foram cultivadas com uva. Esta cultura hospeda endofiticamente o *Fusarium solani*, sem causar sintomas aparentes de doença (LIMA e outros, 2014). Dessa forma, mesmo sem causar doença na videira, o *F. solani* se multiplica na área, aumentando a fonte de inóculo. Quando implantada uma cultura suscetível na mesma área, como é o caso do maracujazeiro, ocorrerá uma alta incidência da doença em um curto espaço de tempo.

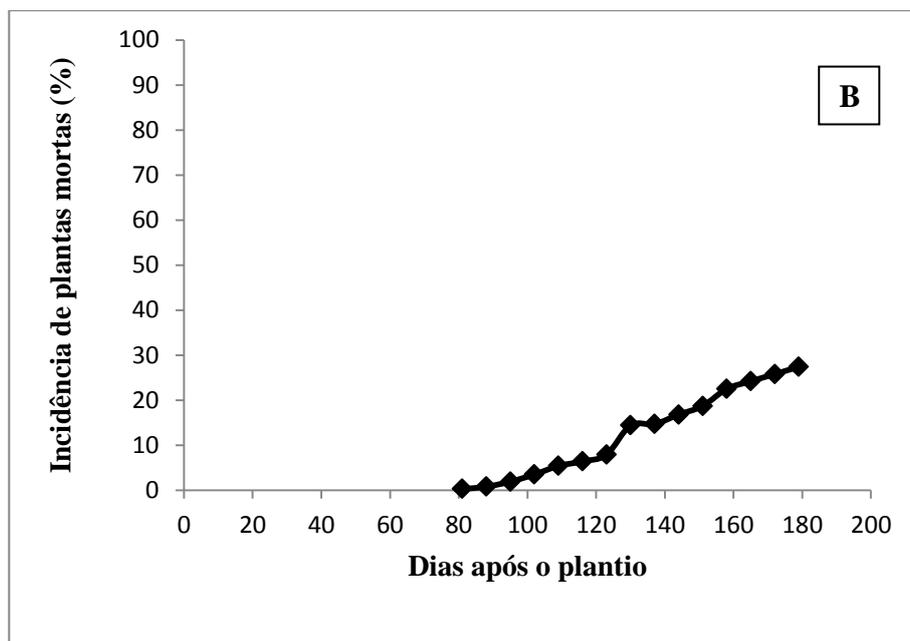
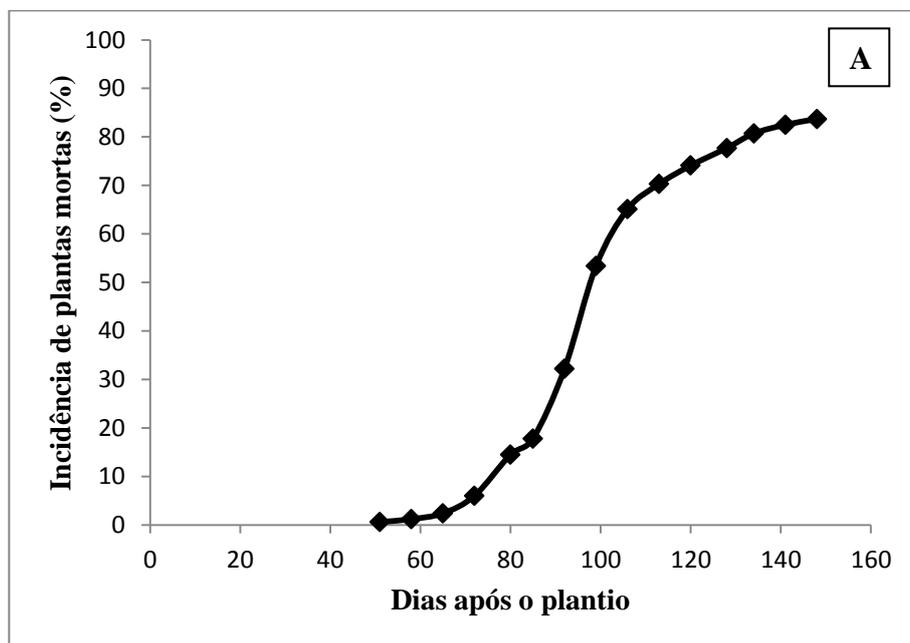


Figura 3. Incidência (%) da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, causada pelo *Fusarium solani*, em área sem (A) e com (B) aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*.

4.3 Análise temporal

Na Figura 4 estão representados os modelos testados (Logístico, Gompertz e Monomolecular), com os respectivos valores de Critério de Informação da Deviance (DIC). Os menores valores de DIC indicam um melhor ajuste do modelo aos dados de incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro. Neste caso, os menores valores observados, tanto para a área sem quanto para a área com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*, foram para o modelo logístico. Dessa forma, este modelo foi selecionado para ser ajustado às curvas de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em ambas as áreas (Figuras 5).

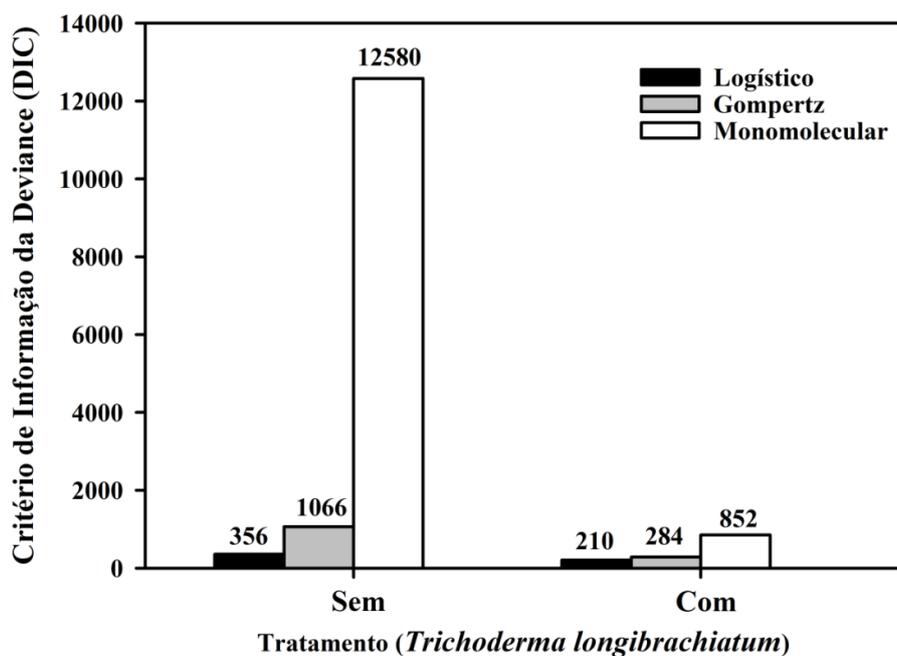


Figura 4. Critério de Informação da Deviance (DIC) dos modelos logístico, Gompertz e monomolecular, ajustados aos dados de incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em áreas sem e com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Menores valores indicam melhor ajuste do modelo aos dados.

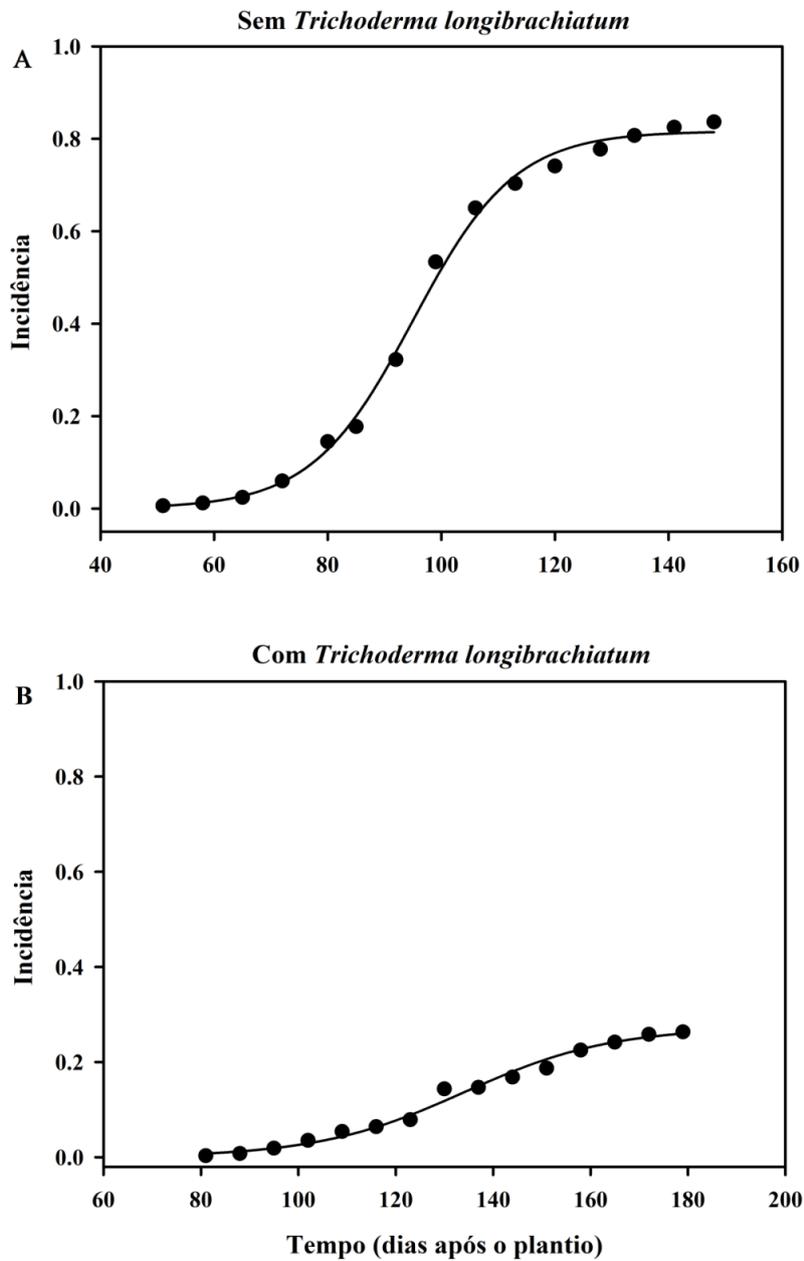


Figura 5. Modelo logístico ajustado às curvas de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, em áreas sem (A) e com (B) aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*, através de análise bayesiana.

De acordo com a interpretação biológica do modelo logístico, a velocidade de aumento da doença é proporcional à própria quantidade de doença e à quantidade de tecido sadio disponível, ou seja, a epidemia apresenta incremento crescente no início e decrescente no final. Isso pode ser observado na Figura 5 para as duas áreas do estudo.

Geralmente, as doenças provocadas por patógenos de solo são monocíclicas e o modelo monomolecular é utilizado para descrever a curva de progresso da doença (REKAH e outros, 1999). No entanto, diversas exceções podem ser observadas na literatura para patógenos como *Phytophthora capsici* (LARKIN e outros, 1995), *Sclerotinia sclerotiorum* (HUANG; HOES, 1980) e *Fusarium oxysporum* (REKAH e outros, 1999).

A podridão do colo e raízes do maracujazeiro, teoricamente, faz parte do grupo denominado por Vanderplank (1963) de doenças de juro simples, nas quais os patógenos reproduzem uma ou poucas vezes durante o ciclo da cultura. Neste caso, o inóculo inicial é de extrema importância no progresso da doença, pois quanto maior o inóculo inicial, maior a possibilidade de haver plantas doentes. Em casos onde temos o ambiente favorável, o hospedeiro suscetível e uma densidade de inóculo alta, algumas doenças de juro simples ou de patógeno monocíclico podem desenvolver-se tão rapidamente quanto algumas doenças de juro compostos (JESUS JUNIOR e outros, 2004), como observado no presente trabalho.

Por outro lado, baixa densidade de inóculo também pode resultar em alta incidência de plantas doentes, como pode ser visto no trabalho realizado por Hall (1996) com *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*.

De qualquer forma, no presente trabalho, o *Trichoderma longibrachiatum* foi capaz de reduzir a quantidade de inóculo, ocasionando uma menor incidência de plantas de maracujazeiros mortas ao final das avaliações (27,4%) (Figura 5B). O mesmo não foi observado para a área sem tratamento, na qual a incidência de plantas mortas chegou a 83,7% ao final das avaliações (Figura 5A).

O modelo logístico foi utilizado ainda para comparar as curvas de progresso da incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, com probabilidade binomial, usando a diferença entre as distribuições marginais a *posteriori*.

Os maiores valores foram observados em todos os parâmetros (incidência máxima, incidência mínima e taxa de progresso) na distribuição marginal a *posteriori* do modelo logístico, ajustado às curvas de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, na área onde não foi realizado o tratamento com *Trichoderma longibrachiatum* (Figura 6).

Nota-se que a incidência máxima na área sem tratamento foi três vezes maior do que a área com tratamento. Outra observação importante é que a taxa de progresso da doença da área sem tratamento, praticamente, dobrou em relação à área tratada com *T. longibrachiatum*.

Na Figura 7 estão apresentadas as diferenças entre as distribuições marginais a *posteriori* dos parâmetros incidência máxima, constante de integração relacionada com incidência inicial e a taxa de progresso do modelo logístico, ajustado às curvas de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, em áreas sem e com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Em ambos os tratamentos, pôde-se observar que os parâmetros diferiram significativamente entre si.

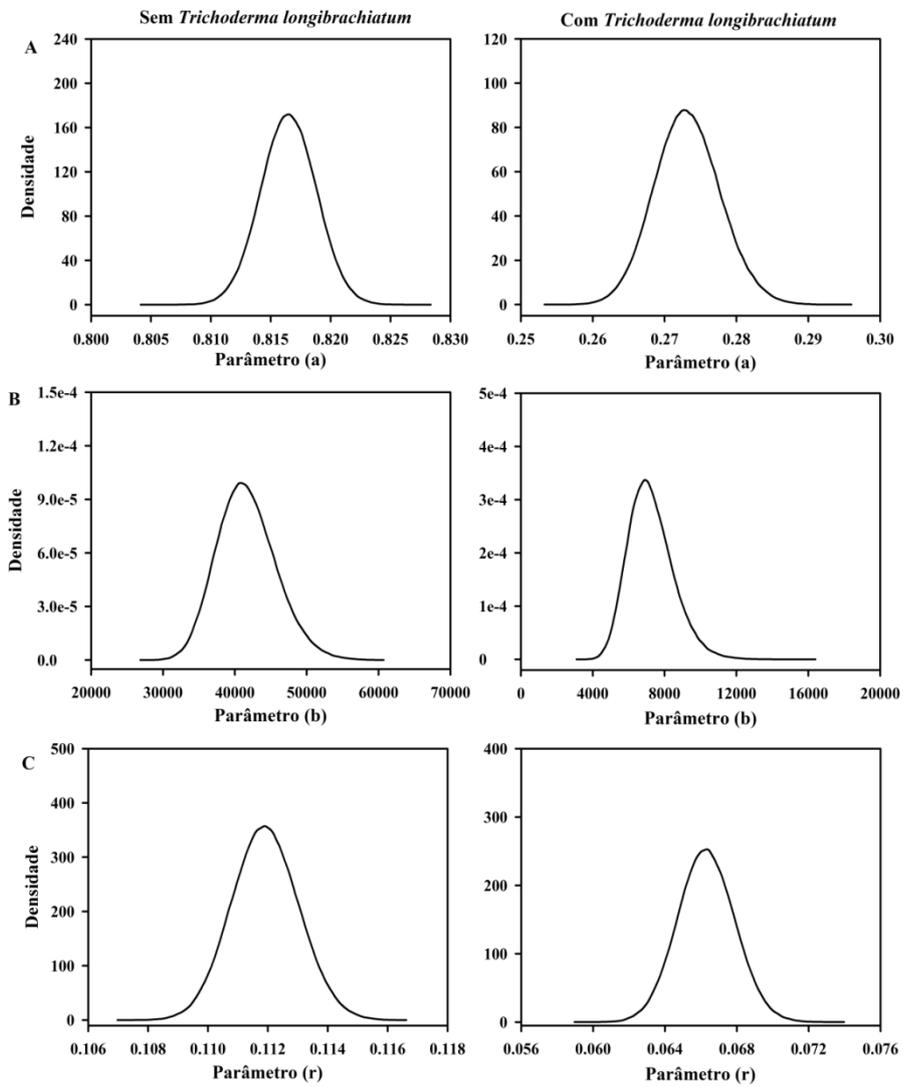


Figura 6. Distribuições marginais *a posteriori* dos parâmetros a (incidência máxima) (A), b (constante de integração, relacionada com incidência inicial) (B), e r (taxa de progresso) (C) do modelo logístico ajustado às curvas de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em áreas sem e com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*.

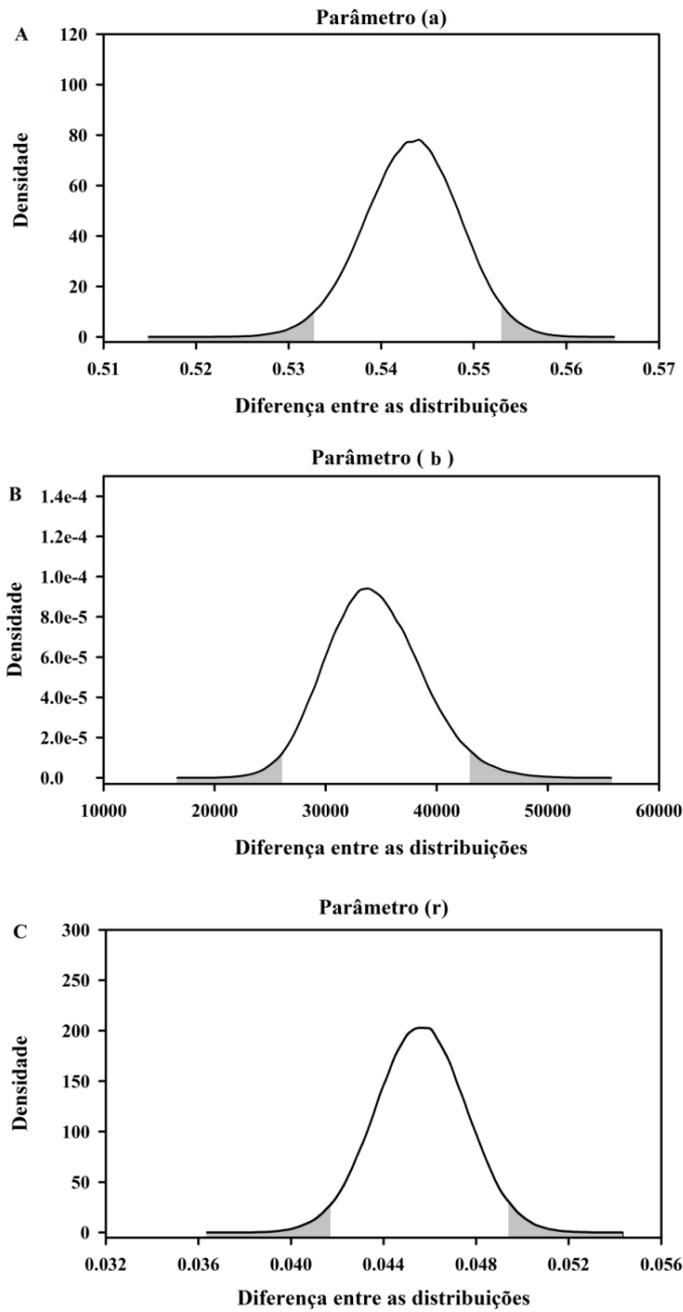


Figura 7. Diferença entre as distribuições marginais a *posteriori* dos parâmetros a (incidência máxima) (A), b (constante de integração, relacionada com incidência inicial) (B), e r (taxa de progresso) (C) do

modelo logístico ajustado às curvas de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em áreas sem e com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Quando o intervalo HPD a 95% conter zero, os parâmetros não serão diferentes.

4.4 Análise Espacial

Mapas de distribuição das plantas de maracujazeiros com sintomas da podridão do colo e raízes foram elaborados para uma melhor visualização da distribuição da doença ao longo das avaliações nas áreas experimentais.

Nas Figuras 8 e 9 estão representados os mapas da distribuição espacial de plantas de maracujazeiros mortas pelo *Fusarium solani*, aos 51, 80, 113 e 148 dias após o plantio, em área sem aplicação; e aos 81, 109, 144 e 179 dias após o plantio, em área com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*, respectivamente. Na primeira, pode-se observar a alta incidência da doença, atingindo quase que a totalidade das plantas, em uma distribuição fortemente agregada. Na segunda, houve uma menor incidência ao final do experimento, apresentando também uma forte agregação, sendo o foco ampliado, principalmente, nas linhas.

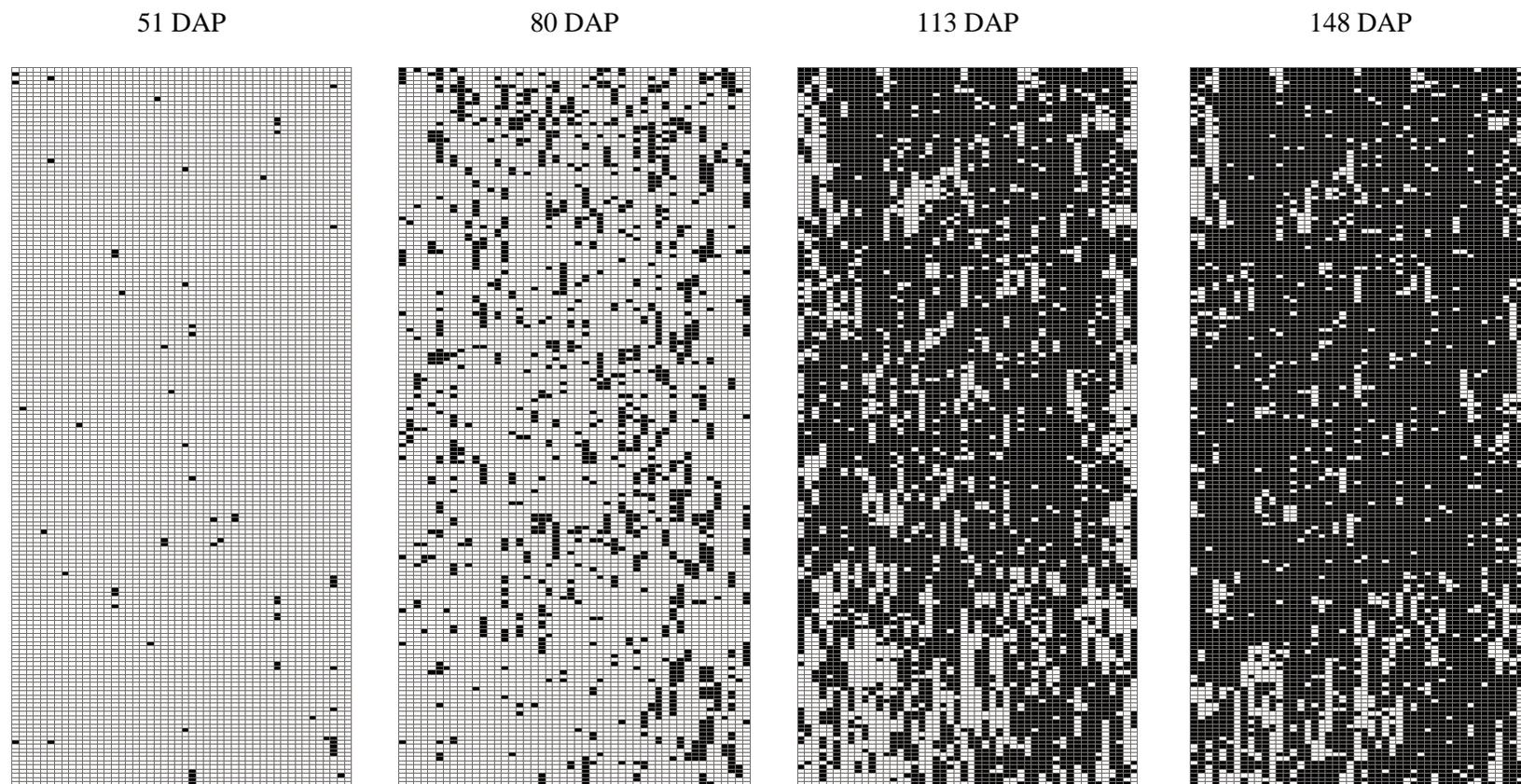


Figura 8. Mapa da distribuição espacial de plantas de maracujazeiros mortas pelo *Fusarium solani*, aos 51, 80, 113 e 148 dias após o plantio (DAP), em área sem aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Os retângulos cheios representam as plantas mortas e os vazios, as plantas vivas, totalizando 8.358 plantas na área.

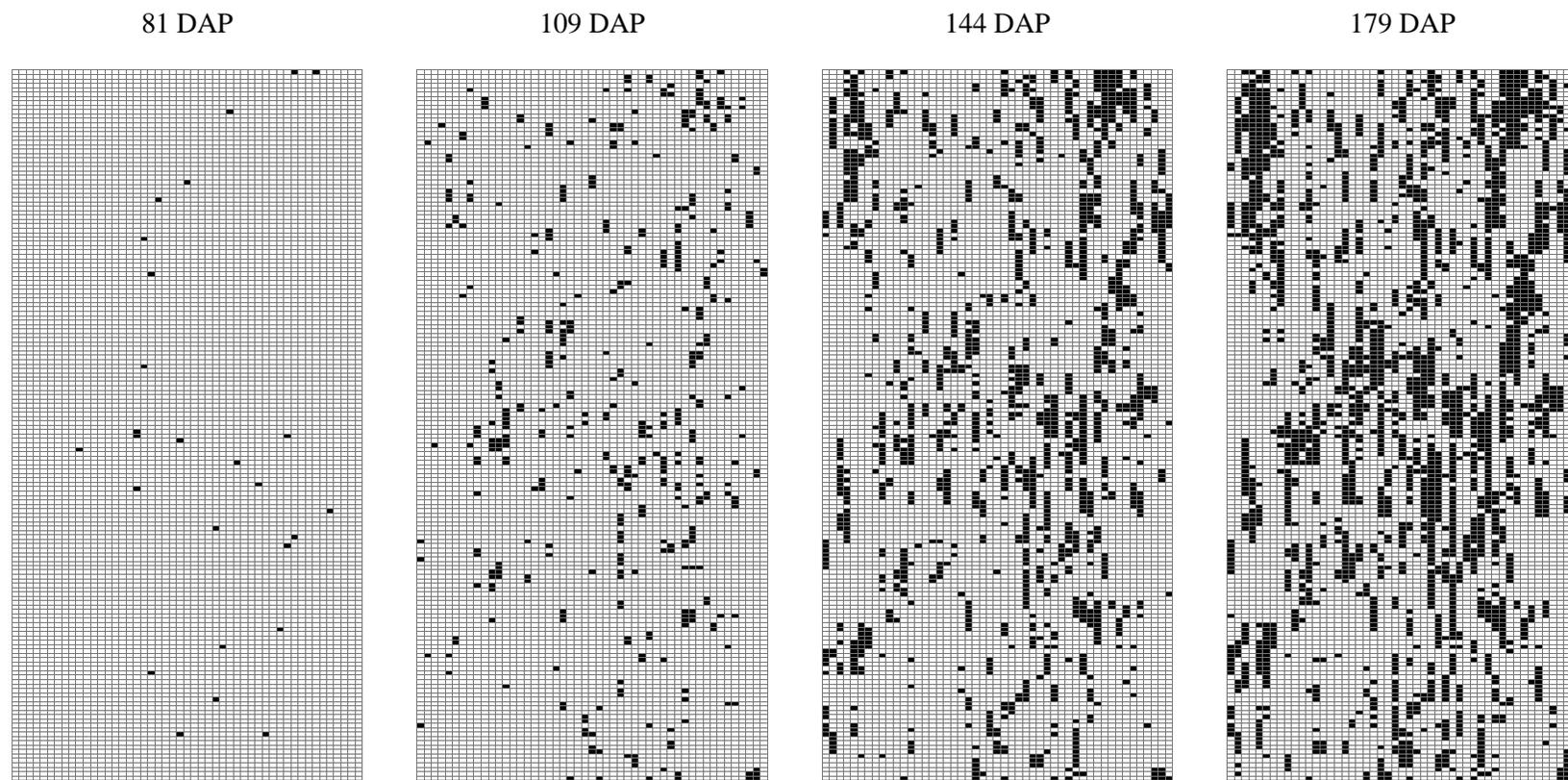


Figura 9. Mapa da distribuição espacial de plantas de maracujazeiros mortas pelo *Fusarium solani*, aos 81, 109, 144 e 179 dias após o plantio (DAP), em área com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Os retângulos cheios representam as plantas mortas e os vazios, as plantas vivas, totalizando 8.100 plantas na área.

Os parâmetros de agregação, tanto na análise da distribuição beta-binomial quanto no índice de dispersão, apresentaram-se agregados desde o início das avaliações, em ambos os tratamentos. Com exceção da primeira avaliação, na área tratada com *T. longibrachiatum*, onde o padrão de dispersão deu-se ao acaso (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetro de agregação ($\hat{\theta}$) e probabilidade (\hat{p}) da distribuição beta-binomial, índice de dispersão (D) e correlação intra-agrupamento ($\hat{\rho}$) da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em áreas sem e com aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*, obtidos em diferentes dias após a primeira avaliação (DAP).

Data	Sem <i>Trichoderma longibrachiatum</i>				Com <i>Trichoderma longibrachiatum</i>			
	$\hat{\theta}$	\hat{p}	D	$\hat{\rho}$	$\hat{\theta}$	\hat{p}	D	$\hat{\rho}$
1ª Aval.	0.042*	0.006	1.502*	0.041	0.000	0.003	0.953	0.000
2ª Aval.	0.041*	0.012	1.569*	0.039	0.014*	0.008	1.228*	0.014
3ª Aval.	0.038*	0.024	1.549*	0.037	0.050*	0.019	1.612*	0.047
4ª Aval.	0.068*	0.060	1.880*	0.064	0.061*	0.035	1.740*	0.057
5ª Aval.	0.128*	0.143	2.519*	0.113	0.094*	0.054	2.168*	0.086
6ª Aval.	0.142*	0.176	2.678*	0.124	0.103*	0.064	2.245*	0.093
7ª Aval.	0.177*	0.320	3.095*	0.150	0.103*	0.078	2.263*	0.093
8ª Aval.	0.214*	0.531	3.610*	0.177	0.184*	0.142	3.124*	0.156
9ª Aval.	0.223*	0.648	3.801*	0.182	0.186*	0.146	3.133*	0.157
10ª Aval.	0.220*	0.701	3.795*	0.180	0.193*	0.167	3.216*	0.162
11ª Aval.	0.212*	0.739	3.742*	0.175	0.194*	0.186	3.272*	0.162
12ª Aval.	0.204*	0.776	3.678*	0.170	0.204*	0.224	3.406*	0.170
13ª Aval.	0.197*	0.806	3.601*	0.165	0.214*	0.241	3.509*	0.176
14ª Aval.	0.200*	0.824	3.643*	0.167	0.224*	0.257	3.607*	0.183
15ª Aval.	0.179*	0.837	3.335*	0.152	0.221*	0.272	3.583*	0.181

^a* indicam que a distribuição beta-binomial apresenta melhor ajuste aos dados ao nível de 5% de probabilidade. Melhor ajuste à distribuição beta-binomial sugere agregação espacial.

^b* indicam índice de dispersão maior que 1 ao nível de 5% de probabilidade. Valores significativos sugere agregação espacial.

Maiores valores de correlação intra-agrupamento foram observados na epidemia, na área sem aplicação de *T. longibrachiatum*, até a 11ª avaliação (Tabela 1), indicando que, inicialmente, a epidemia na área com *T. longibrachiatum* tem menor grau de similaridade do status da doença (planta doente ou sadia), entre indivíduos da mesma parcela, que a epidemia da área sem o antagonista.

A partir dos valores das variâncias observadas e previstas de cada avaliação da doença, nas áreas sem e com aplicação de *T. longibrachiatum*, realizou-se a regressão linear para obtenção dos valores dos parâmetros \log (A) e b para o *quadrat* 4x4 plantas. As retas de ajuste dos dados de cada área estão apresentadas na Figura 10, além das equações e coeficientes de determinação (R^2).

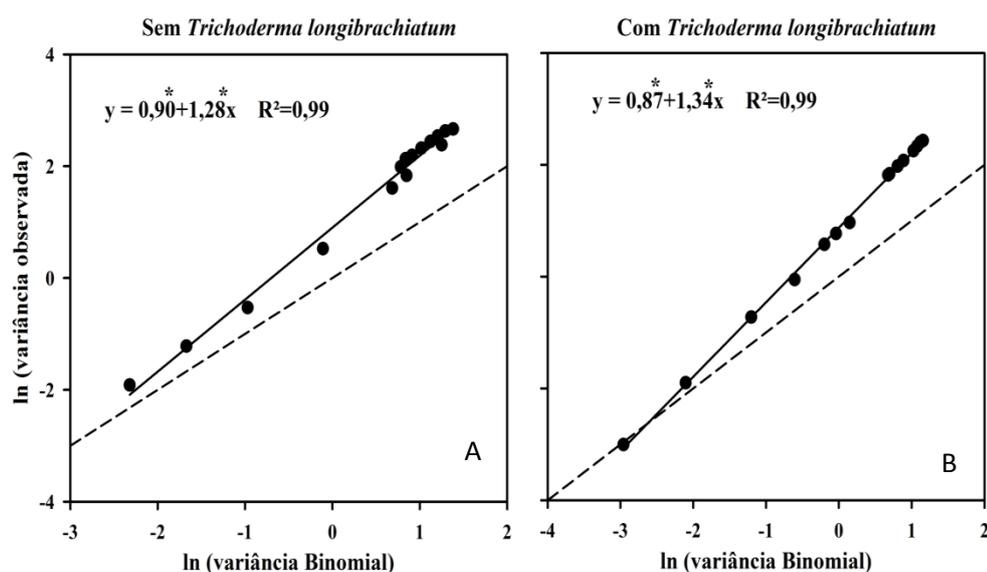


Figura 10. Relação entre o logaritmo da variância observada e logaritmo da variância teórica para uma distribuição binomial, da incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em áreas sem (A) e com (B) aplicação de *Trichoderma longibrachiatum*. Linha sólida representa a reta da regressão linear ajustada aos dados; a tracejada é a linha para uma distribuição binomial. * intercepto $\neq 0$ e/ou coeficiente angular $\neq 1$.

A análise da distribuição espacial da doença apresentou comportamento similar para as duas áreas experimentais, sendo que os parâmetros $\log(A)$ e b diferiram significativamente de 0 e 1, respectivamente, pelo teste t a 5% de probabilidade, indicando padrão agregado de distribuição da doença. Além disso, foram observados altos coeficiente de determinação ($R^2 = 0,99$ para ambas as áreas).

Assim como os parâmetros de agregação e índice de dispersão, na Figura 10, onde foi plotada a relação entre o logaritmo das variâncias observadas e previstas das duas áreas experimentais, está representada com mais clareza a agregação da doença em ambas as áreas, pois quanto mais distante da reta da casualidade, maior o indicativo de agregação, com exceção da primeira avaliação, na área tratada com *T. longibrachiatum*, onde o padrão de dispersão deu-se ao acaso.

Este padrão espacial é típico de epidemias provocadas por patógenos de solo, para os quais o progresso da doença depende da fonte inicial de inóculo e cuja dispersão ocorre para os locais próximos aos focos primários (KOCKS e outros, 1999; REKAH e outros, 1999; LUO e outros, 2001; ROUMAGNAC e outros, 2004; WILLOCQUET e outros, 2007; JONES e outros, 2011; FERREIRA e outros, 2013). O aumento da dependência espacial da doença, ao longo do tempo, também é similar aos resultados observados em outros patossistemas, que incluem *Fusarium solani* (REKAH e outros, 1999; LUO e outros, 2001).

5. CONCLUSÕES

O *Trichoderma longibrachiatum* reduziu significativamente a incidência da podridão do colo e raízes do maracujazeiro em área tratada com o mesmo;

O modelo que melhor se ajustou à curva de progresso da podridão do colo e raízes do maracujazeiro, em área tratada e não tratada com *T. longibrachiatum*, foi o Logístico;

Foi observada uma forte agregação da doença, desde o início da epidemia, em ambas as áreas.

6. REFERÊNCIAS

- BETTIOL, W.; GHINI, R.; MORANDI, M. A. B.; STADNIK, M. J.; KRAUS, U.; STEFANOVA, M.; PRADO, A. M. C. Controle biológico de doenças de plantas na América Latina. In: ALVES, S. B.; LOPES, R. B. (Eds) **Controle Microbiano de Pragas na América Latina – Avanços e desafios**. Piracicaba: FEALQ, 2008, p. 303-331.
- BOX, G.E.P.; TIAO, G.C. **Bayesian inference in statistical analysis**. New York: Wiley, 1974. 360 p.
- BUENO, C. J.; FISCHER, H. I.; PARASI, M. C. M.; FURTADO, E. L. Comportamento do maracujazeiro amarelo, variedade AFRUVEC, ante uma população de *Fusarium solani*, agente causal da podridão do colo. **Arquivo Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n 3, p. 533-537, 2010.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 532 p.
- CAVICHIOLO, J.C. **Enxertia hipocotiledonar e convencional de maracujazeiro-amarelo sobre três porta-enxertos**. 2008. 91 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.
- CERVI, A.C. **Passifloraceae do Brasil**. Estudo do gênero *Passiflora* L., subgênero *Passiflora*. Madrid: Frontqueria XLV, p. 92, 1997.
- CERVI, A.C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A.; BERNACCI, L.C. Passifloraceae. In: **LISTA de espécies da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2010. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB000182>> Acesso em: 10 jan. 2013.
- CHET, I. **Microbial control of plant diseases**. In: Environmental Microbiology. New York: Wiley, -Liss, p.335-354, 1992.
- CORABI-ADELL, C. **Biodiversidade do gênero *Trichoderma* (HYPOCREALES-FUNGI) mediante técnicas moleculares e análise ecofisiográfica**. 2004. 220 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- DIAS, M.S.C. **Principais doenças fúngicas e bacterianas do maracujazeiro**. Informe Agropecuário. v.21, n.206, p.34-38, 2000.

ELAD, Y.; DAVID, D.R.; LEVI, T.; KAPAT, A.; KIRSHNER, B. ***Trichoderma harzium* T-39-mechanisms of biocontrol of foliar pathogens**. In: Modern fungicides and antifungal compounds II (Eds. LYR, H.; RUSSEL, P. E.; DEHNE, H. W.; SISLER, H. D.). Andoverm Hants, UK: Intercept, pp.459-67, 1999.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Embrapa mandiocultura e fruticultura. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostas-maracuja.php. Acessado em 10 de janeiro de 2014.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, v.1, 677 p, 2005.

FERREIRA, M.A.; HARRINGTON, T.C.; GONGORA-CANUL, C.C.; MAFIA, R.G.; ZAUZA, E.A.V.; ALFENAS, A.C. Spatial-temporal patterns of *Ceratocystis* wilt in *Eucalyptus* plantations in Brazil. **Forest Pathology**, v.43, n.2, p.153-164, 2013.

FEUILLET, C.; MACDOUGAL, J.M. Passifloraceae. K. Kubitzki (Ed.) In: **The families and genera of vascular plants**. v.9, p. 270-281, 2007.

FISCHER, I. H. ; RESENDE, J. A. M. Diseases of Passion Flower (*Passiflora* spp.). **Pest Technology**, Kagawa, v.2, n.1, p.1-19, 2008.

FISCHER, I. H. **Seleção de plantas resistentes e de fungicidas para o controle da morte prematura do maracujazeiro, causada por *Nectria haematococca* e *Phytophthora* parasítica**. 2003. 48f. Dissertação (mestrado) ESALQ/USP. Piracicaba, 2003.

FISCHER, I. H.; ARRUDA, M.C. de; ALMEIDA, A.M. de; GARCIA, M.J. de M.; JERONIMO, E.M.; PINNOTTI, R.N.; BERTANI, R.M.de A. Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em maracujá amarelo de cultivo convencional e orgânico no centro oeste paulista. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.2, p. 254-259, 2007.

FISCHER, I. H.; LOURENÇO, S.A.; MARTINS, M.C.; KIMATI, H.; AMORIM, L. Seleção de plantas resistentes e de fungicidas para o controle da podridão do colo do maracujazeiro causada por *Nectria haematococca*. Piracicaba, SP. 2010. **Fitopatologia brasileira**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p.250-258, 2005.

FISCHER, I.H.; ALMEIDA, A. M. de; FILETI, M. de S.; BERTANI, R. M. de A.; ARRUDA, M. C. de; BUENO, C. J. Avaliação de Passifloraceas,

fungicidas e *Trichoderma* para o manejo da podridão do colo do maracujazeiro, causada por *Nectria haematococca*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 32, n. 3, p. 709-717, 2010.

FISCHER, I.H.; KIMATI, H.; REZENDE, J.A.M. Doenças do Maracujazeiro. 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: Agronômica Ceres, 2005a. cap.53, p. 468-474.

GENT, D.H.; TURECHEK, W.W.; MAHAFFEE, W.F. Spatial and temporal stability of the estimated parameters of the binary power law. **Phytopathology**, v.98, n.10, p.1107-1117, 2008.

GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. In: BERNARDO, J.M.; BERGER, J.O.; DAWID, A.P.; SMITH, A.F.M. (Eds.). **Bayesian statistics**. New York: Oxford University Press, v.1, 1992. p.625-631.

HALL, R. Inoculum dynamics of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* and management of Fusarium root rot of bean. In: Hall, R. (Ed.) **Principles and Practice of Managing Soilborne Plant Pathogens**. St. Paul. APS Press. 1996. p. 279-310.

HINOJOSA, J. G. C.; REDONDO, A. P.; DORIA, L.M. Evaluación de la capacidad biocontroladora de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. asociado al complejo “secadera” en maracuyá, bajo condiciones de invernadero. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 64, n. 1, p.5821-5830, 2011.

HUANG, H.C.; HOES, J.A. Importance of plant spacing and sclerotial position to development of Sclerotinia wilt in sunflower. **Plant Disease**, v.64, p.81-84, 1980.

HUGHES, G.; MADDEN, L.V. Aggregation and incidence of disease. **Plant pathology**, v.41, n.6, p.657-660, 1992.

HUGHES, G.; MADDEN, L.V. Using the beta-binomial distribution to describe aggregated patterns of disease incidence. **Phytopathology**, v.83, n.7, p.759-763, 1993.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA, 2012. Maracujá: área plantada e quantidade produzida. **Produção Agrícola Municipal**, 2012. Disponível

em:<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=p&o=26&i=P> .Acessado em 10 de janeiro de 2014.

JONES, S.J.; GENT, D.H.; PETHYBRIDGE, S.J.; HAY, F.S. Spatial characteristics of white mould epidemics and the development of sequential sampling plans in Australian bean fields. **Plant pathology**, v.60, n.6, p.1169-1182, 2011.

JESUS JUNIOR, W. C.; POZZA, A. E.; VALE, F. X. R. do.; MORA-AGUIRELA, G. Análise temporal de epidemias. In: VALE, F. X. R. do.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L.(Eds). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil Editora. 2004, cap.4, p. 130-140.

JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNQUEIRA, K. P. Manejo das principais doenças do maracujazeiro. In: SUSSEL, A. A. B.; MEDEIROS, F. H. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; UCHOA, C. N.; AMARAL, D. R.; MEDEIROS, F. C. L.; PEREIRA, R. B.; SANTOS, J.; LIMA, L. M.; ROSWALKA, L. C. **Manejo integrado de doenças de fruteiras**. Lavras: Ufla, 2007. 1 CD-Rom.

KOCKS, C.G.; ZADOKS, J.C.; RUISSSEN, M.A. Spatio-temporal development of black rot (*X. campestris* pv. *campestris*) in cabbage in relation to initial inoculum levels in field plots in The Netherlands. **Plant pathology**, v.48, n.2, p.176-188, 1999.

KRANZ, J. **Epidemics of plant diseases: Mathematical analysis and modeling**. New York: Springer Verlag, v.2, 1990.

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

LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A. **The fusarium laboratory manual**. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, 2006, p.388.

LIMA, M.M. **Competitividade da cadeia produtiva do maracujá na região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno-Ride**. 2001. 182 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

LIMA, T.E.F.; OLIVEIRA, R.J.V.; BEZERRA, J.L.; CAVALCANTI, M.A.Q. Endophytic fungi from leaves and roots of *Vitis labrusca* cv. Isabel in Pernambuco/Brazil. **Sydowia**, v.66, n.1, p.115-128, 2014.

- LUO, Y.; CHONG, S.K.; MYERS, O. Spatio-temporal analysis of soybean root colonization by *Fusarium solani* f. sp. *glycines* in fields. **Plant disease**, v.85, n.3, p.303-310, 2001.
- MADDEN, L.V.; HUGHES, G. Plant disease incidence: distributions, heterogeneity, and temporal analysis. **Annual Review of Phytopathology**, v.33, p. 529-564, 1995.
- MADDEN, L.V.; HUGHES, G. Sampling for plant disease incidence. **Phytopathology**, v.89, n.11, p.1088-1103, 1999.
- MAFFIA, L. A. e MIZUBUTI, E. S. G. **Epidemiologia de doenças radiculares**. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (orgs). Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais – Recife : UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. cap.9 , p. 207 - 236.
- MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, volume especial, E, p. 083-092, 2011.
- MELETTI, L.M.M.; BRÜCKNER, C.H. Melhoramento Genético. In: BRÜCKNER, C.H.; PIKANÇO, M.C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes. p. 345-385, 2001.
- MELO, I. S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.4, p.261-295, 1996.
- MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G.T.; MENEZES, M. (orgs). **Epidemiologia de doenças radiculares**. Recife : UFRPE, Imprensa Universitária, 2005.
- NOVAES, Q. S. **Recomendações técnicas para o cultivo de maracujá amarelo nos municípios de Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio**. SEBRAE, Boletim Técnico, 27 p. 2005.
- OCAMPO, J.P.; COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; RESTREPO, M.; JARVIS, A; SALAZAR, M.; CAETANO, C. Diversity of colombian Passifloraceae: biogeography and an updated list for conservation. **Biota Colombiana**, v.8, p. 45, 2007.
- OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C. Aspectos sobre o melhoramento do maracujazeiro amarelo. In: Simpósio brasileiro sobre a cultura do maracujazeiro, 5., 1998, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal: FUNEP p. 291-310, 1998.

- PAUL, S.R.; LIANG, K.Y.; SELF, S.G. On testing departure from the binomial and multinomial assumptions. **Biometrics**, v.45, n.1, p.231-236, 1989.
- PIRES, M. de M.; SÃO JOSÉ, A. R. Aspectos gerais da cultura do maracujá no Brasil. In: PIRES, M. de M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. (Org). **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ilhéus: Editus, p.13-18, 2011.
- PONTE, J. J. da; FRANCO, A.; AGUIÁR DE HOLANDA, Y.C.; SILVEIRA FILHO, J. Calagem, adubação orgânica e fungicida de solo no controle da podridão-do-pé (*Fusarium solani*) do maracujá-amarelo. **Fitopatología Venezolana**, Maracay, v.12, n.1, p.30-31. 1998.
- PUNJA, Z.K.; UTKHEDE, R.S. Using fungi and yeasts to manage vegetable crop diseases. **Trends in Biotechnology**, v. 21, p. 400-7, 2003.
- RAFTERY, A.E.; LEWIS, S.M. Comment: one long run with diagnostics: implementation strategies for Markov Chain Monte Carlo. **Statistical Science**, v.7, n.4, p.493-497, 1992.
- 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**, v.89, n.9, p.831-839, 1999.
- RIBEIRO, L.F.C.; SILVA, E.G.; BEDENDO, I.P. Evidência molecular da ocorrência de fitoplasma associado ao superbrotamento do maracujazeiro em cinco estados brasileiros. **Tropical Plant Pathology**, v.33, n.4, p.323-325, 2008.
- ROUMAGNAC, P.; PRUVOST, O.; CHIROLEU, F.; HUGHES, G. Spatial and temporal analyses of bacterial blight of onion caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. **Phytopathology**, v.94, n.2, p.138-146, 2004.
- SANOGO, S.; POMELLIA, A.; HEBBAR, P. K.; BAILEY, B.; COSTA, J. C.B.; SAMUELS, G. J.; LUMSDEN, R. D. Production and germination of conidia of *Trichoderma stromaticum*, a mycoparasite of *Crinipelis pernicioso* on Cacao. **Phytopathology**. v. 92, n. 10, p. 1032-1037. St. Paul-MN (USA). 2002.
- SÃO JOSÉ, A.R.; BOMFIM, M.P.; HOJO, R.H.; ANGEL, D.N.; PIRES, M. de M. Doenças do maracujazeiro. In: PIRES, M. de M.; SÃO JOSÉ, A. R.;

CONCEIÇÃO, A. O. (Org). **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ilhéus: Editus, 2011. cap. 2, p. 21-67.

SÃO JOSÉ, A.R.; PIRES, M. de M. Aspectos gerais da cultura do maracujá no Brasil. In: PIRES, M. de M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. (Org). **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ilhéus: Editus, 2011. cap. 1, p. 13-19.

SILVA, C. B. M. C.; SILVA, C. B. M. C.; NONATO, J. V.; CORRÊA, R. X.; OLIVEIRA, A. C. Genetic dissimilarity of “yellow” and “sleep” passion fruit accessions based on the fruits physical-chemical characteristics. **Crop breeding and applied bio-technology**, Viçosa, Minas Gerais, n. 9, v. 3, p. 210-218, 2009.

SPIEGELHALTER, D.J.; BEST, N.G.; CARLIN, B.P.; VAN DER LINDE, A. Bayesian measures of model complexity and fit. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)**, v.64, n.4, p.583-639, 2002.

SSEKYEWA, C.; FINA OPIO, A.; SWINBURNE, T. R. VAN DAMME, P. L. V.; ABUBAKAR, Z. M. Sustainable management of collar rot disease of passion fruits in Uganda. **International Journal of Pest Management**, v. 45, n.3, p. 173-177, 1999.

VANDERPLANK, J.E. *Plant Disease: Epidemics and Control*. New York. **Academic Press**. 1963.

VIANA, F.M.P.; FREIRE, F.das C.O.; CARDOSO, J.E.; VIDAL, J.C. Principais doenças do maracujazeiro na região Nordeste e seu controle. **Comunicado Técnico 86**. Embrapa: Fortaleza-CE, p.1-12, 2003.

WILLIAMS, D.A. The analysis of binary responses from toxicological experiments involving reproduction and teratogenicity. **Biometrics**, v.31, n.4, p.949-952, 1975.

WILLOCQUET, L.; JUMEL, S.; LEMARCHAND, E. Spatio-temporal development of pea root rot disease through secondary infections during a crop cycle. **Journal of Phytopathology**, v.155, n.10, p.623-632, 2007.

YUKI, V.A.; FERNANDES, M.S.; SANNAZZARO, A.M.; CAVICHIOLI, J.C.; REZENDE, J.A.M.; KUNIYUKI, H. Efeito do isolamento da cultura de maracujá na epidemiologia do vírus do endurecimento dos frutos. **Summa Phytopathologica**, v.32, suplemento, p.19, 2006.