

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA
AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**FATORES BIÓTICOS DE RISCO À INCIDÊNCIA DA FUSARIOSE DO
MARACUJAZEIRO E À SOBREVIVÊNCIA DO AGENTE CAUSAL**

LUDMILLA FERREIRA CAJUHI ARAÚJO

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
NOVEMBRO – 2015**

FATORES BIÓTICOS DE RISCO À INCIDÊNCIA DA FUSARIOSE DO MARACUJAZEIRO E À SOBREVIVÊNCIA DO AGENTE CAUSAL

LUDMILLA FERREIRA CAJUHI ARAÚJO

Bióloga, Universidade de Pernambuco, 2013

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Microbiologia Agrícola.

Orientador: Francisco Ferraz Laranjeira

Co-Orientador: Harllen Sandro Alves Silva

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

NOVEMBRO – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

A663f

Araújo, Ludmilla Ferreira Cajuhi.
Fatores bióticos de risco à incidência da fusariose do maracujazeiro e à sobrevivência do agente causal / Ludmilla Ferreira Cajuhi Araújo._ Cruz das Almas, BA, 2016.
79f.; il.

Orientador: Francisco Ferraz Laranjeira.
Coorientador: Harllen Sandro Alves Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Maracujá – Cultivo. 2.Maracujá – Doenças e pragas – Controle. 3.Murcha-de-fusário – Análise.
I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.
II.Título.

CDD: 634.425943

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
LUDMILLA FERREIRA CAJUHI ARAÚJO**

Dr. Francisco Ferraz Laranjeira
Embrapa Mandioca e Fruticultura - CNPMF
(Orientador)

Prof. Dr. Ana Cristina Fermino Soares
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

Dr. Onildo Nunes de Jesus
Embrapa Mandioca e Fruticultura - CNPMF

“Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola em _____ conferindo o grau de Mestre em Microbiologia Agrícola em _____.”

Dedico

Ao meu esposo, Gerson, razão deste desafio.

AGRADECIMENTOS

À UFRB e ao Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola.

À EMBRAPA, pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

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

Aos funcionários da ADAB, Daiane e Zé, por toda ajuda e contribuição para realização deste trabalho.

À Deus, pela vida.

Ao meu esposo, Gerson, por todo incentivo, ajudando a superar os momentos mais difíceis e nunca me deixar desistir.

À minha amiga, Giselle, pela amizade, companheirismo, ajuda no desenvolvimento da pesquisa e pelos valiosos conselhos, que foram fundamentais para continuar firme na trajetória.

Aos meus pais, Sônia e Washington, pela educação, dedicação e todo amor e carinho, dados diariamente.

À minha irmã, Ane, por todo amor que sempre me deu.

Ao meu orientador, Francisco Laranjeira, pelo tempo, paciência, confiança, orientação e pelos ensinamentos que foram dispensados a mim, durante toda a realização deste trabalho, indispensáveis para a minha formação acadêmica.

Ao meu co-orientador, Harllen Silva.

Aos meus companheiros do Laboratório de Fitopatologia e microbiologia do solo: Bizunga, Leandro, Dr. Hermes, Luciano, Roque e Grazielle pela disponibilidade e atenção, pelos conhecimentos compartilhados e pela amizade.

*"Escrevo sem pensar,
tudo que meu inconsciente grita.
Penso depois: não só para corrigir,
mas para justificar o que escrevi."*

Mário de Andrade

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	01
CAPÍTULO 1	
FATORES BIÓTICOS DE RISCO À INCIDÊNCIA DA FUSARIOSE DO MARACUJAZEIRO.....	32
CAPÍTULO 2	
EFEITO DE DIFERENTES MATÉRIAS VEGETAIS NA FASE DE SOBREVIVÊNCIA DO <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>passiflorae</i>	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	77

RESUMO

ARAÚJO, L.F.C. **Fatores Bióticos de Risco à Incidência da Fusariose do Maracujazeiro e à Sobrevivência do Agente Causal.** Cruz das Almas, 2015. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

A murcha-de-fusário, causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *passiflorae* (FOP), é uma das principais doenças do maracujazeiro na região Nordeste do Brasil. A Bahia é o maior produtor do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.). No entanto, a produção vem sendo baixa devido aos problemas fitossanitários. O patógeno pode sobreviver por longos períodos no solo, com estruturas de resistência (clamidósporos) e atividade saprofítica. Diante disso, a compreensão de fatores bióticos do solo que influenciam a sobrevivência do *F. oxysporum* torna-se indispensável para a adoção de medidas preventivas de controle desse patógeno. Em vista a inexistência de estudos nesta natureza, objetivou-se neste trabalho: (i) avaliar a relação de riscos entre os fatores bióticos e a incidência de fusariose do maracujá amarelo em plantios no estado da Bahia; (ii) avaliar o potencial de diferentes materiais vegetais na inibição da atividade saprofítica e na produção de clamidósporos. Para isso, 50 áreas com a ocorrência da doença foram amostradas, utilizando-se dois tipos de amostragem para as coletas, 21 amostras de solo não pareadas e 29 pareadas (coletada de plantas assintomáticas e coletada de plantas sintomáticas) na profundidade de 0-20 cm, provenientes das regiões Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio, Rio de Contas e Brumado (Itaquaraí), no Estado da Bahia. Foram realizadas análise do carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal do solo (C-CO₂), matéria orgânica (MO) e o coeficiente metabólico (qCO₂). Para avaliar a supressividade, foram incorporadas 15g de folhas frescas dos dez diferentes materiais vegetais (MV) em bacias plásticas, contendo 250g de areia estéril, 0,52 mL de suspensão do patógeno e 70 discos do meio ágar-água, servindo como iscas para avaliar a atividade saprofítica do fungo. Por fim, as bacias foram revestidas com plástico filme e colocadas em BOD à temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 h. Após cinco e dez dias, retirou-se dez discos de cada tratamento e transferiu-se para placa de Petri contendo meio Komada, para avaliar o crescimento saprofítico do fungo. Após vinte dias avaliou-se o número de clamidósporos, macro e microconídios. Para avaliar o efeito dos cinco melhores extratos de folhas frescas no crescimento micelial (CM), adicionaram-se 100 µL sobre o meio BDA ajustando-se as concentrações finas para 2, 4, 6, e 8 g ml⁻¹. No tratamento testemunha, continha água destilada estéril (ADE) sobre o meio. As placas foram incubadas a 25°C em fotoperíodo de 12 h, avaliando-se diariamente até que um dos tratamentos alcançassem a borda da placa. Para avaliar a produção de esporos, utilizou-se a mesma metodologia do CM, porém as placas foram avaliadas após vinte cinco dias a 25°C em escuro contínuo. As médias das 21 amostras não pareadas foram correlacionadas com a incidência da doença em plantas. Nenhuma correlação foi significativa (p>0,15). A análise de componentes principais mostrou que as variáveis mais associadas à variância dos dados foram C-BMS, qCO₂ e C-CO₂. Por meio da

análise de correlação canônica, observou-se que a correlação entre os dois grupos de variáveis (incidência em plantas com C-BMS, C-CO₂ e qCO₂) explicariam apenas ~19% da variação dos dados. A análise discriminante com aquelas variáveis não foi capaz de discriminar áreas com maior e menor incidência da fusariose. Para as amostras pareadas (cpa e cps), nenhuma das variáveis (C-BMS, C-CO₂, qCO₂ e MO), apresentou diferenças significativas entre os grupos pelo teste de Mann-Whitney a $p=0,05$. Em relação a incorporação dos MV, após quatro dias de incubação, 100% das iscas foram colonizadas. Houve diferença significativa para produção de esporos, pelo teste de Tukey ($p<0,01$), para todos os materiais vegetais incorporados no solo. A incorporação das espécies B, C, D e I inibiu a produção de clamidósporos do patógeno. Na presença dos diferentes extratos foliares, ajustaram-se os modelos matemáticos para CM e produção de esporos (PE). O extrato B na maior concentração testada, retardou o crescimento micelial, levando mais dias que a testemunha para alcançar 50% do crescimento. Para atingir 5% e 95% da área total, os extratos B e C proporcionaram taxa de crescimento mais lento em relação a testemunha. Em relação ao parâmetro b, o extrato C na concentração máxima apresentou transição mais lenta. Em relação a produção de esporos, constatou-se apenas produção de microconídios para todos os tratamentos, no entanto os tratamentos não apresentaram diferenças significativas em função dos extratos e das concentrações empregadas.

Palavras-chave: bioindicadores da qualidade dos solos; *Fusarium oxysporum* f.sp. *passiflorae*; atividade saprofítica; materiais vegetais.

ABSTRACT

ARAÚJO, L.F.C. **Biotic Factors Risk to Fusarium wilt Incidence of the Passion and the Survival of Causal Agent.** Cruz das Almas, 2015. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

The fusarium wilt, caused by the fungus *Fusarium oxysporum* f.sp. *passiflorae* (FOP), is a major passion fruit diseases in northeastern Brazil. Bahia is the largest producer of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa.*), However, production has been showing decay due to phytosanitary problems. The pathogen can survive for long periods in the soil with resistance structures (chlamydospores) and saprophytic activity. Therefore, the understanding of soil biotic factors that influence the survival of *F. oxysporum* become indispensable practices for preventive measures to control this pathogen. Given the lack of studies in this nature, the aim in this work: (i) assess the risk relationship between the biotic factors and the incidence of *Fusarium* yellow passion fruit plantations in the state of Bahia; (ii) to evaluate the potential of different plant materials in inhibiting saprophytic activity and the production of chlamydospores. For this, 50 areas were sampled with the occurrence of the disease, using two types of sampling for the collections, 21 unpaired samples and 29 paired (collected from asymptomatic plants and collected from symptomatic plants) at a depth of 0-20 cm, Deliverance from the regions of Our Lady, Don Basilio, Rio de Contas and Brumado (Itaquaraí), all in the state of Bahia. Analysis of the microbial biomass were performed carbon (C-BMS), basal soil respiration (C-CO₂), organic matter (MO) and metabolic ratio ($q\text{CO}_2$). To assess the suppressiveness, was incorporated 15 g of fresh leaves of ten different MV in plastic bowls containing 250g of sterile sand, 0.52 mL of the pathogen suspension and 70 disks made of water-agar medium, serving as bait to assess saprophytic activity of the fungus. Finally, the bowls were covered with plastic film and placed in BOD at a temperature of 25 ° C and 12 hour photoperiod. After five and ten days, he pulled up ten disks for each treatment and transferiou to petri dish containing medium Komada, to evaluate the growth of saprophytic fungus. After twenty days evaluated the number of chlamydospores, macro and microconidia. To evaluate the effect of the top five leaves extracts of the mycelial growth fresh (CM) was added 100 μL of the BDA through the fine adjusting concentrations for 2, 4, 6, and 8 g / ml⁻¹. In the control treatment containing only ADE over the middle. The plates were incubated at 25 °C for 12 h photoperiod, evaluating daily until one of the treatments reached the edge of the plate. To assess the production of spores was used the same methodology CM, but the plates were evaluated after twenty-five days at 25 °C in continuous dark. The average of the 21 unpaired samples were correlacionas with the incidence in plants, data expressed as a percentage. No correlation was significant ($p>0,15$). The principal component analysis showed that the variables most associated to the variance of the data were C-BMS, $q\text{CO}_2$ and C-CO₂. Through the canonical correlation analysis showed that the correlation between the two groups of variables (incidence in plants with C-BMS, C-CO₂ and $q\text{CO}_2$) explain only ~ 19% of the data variation. The discriminant analysis with those variables was not able to discriminate areas with higher and lower incidence of fusarium. For paired samples (cpa and cps),

none of the variables (C-BMS, C-CO₂, qCO₂ and MO), showed significant differences between groups using the Mann-Whitney test at p=0,05. Regarding the incorporation of MV, after four days of incubation, 100% of the baits were colonized. There was a significant difference for the production of spores by the Tukey test (p<0,01) for all plant material incorporated into the soil. The incorporation of species B, C, D and I inhibited the production of chlamydospores of the pathogen. In the presence of different plant extracts, set up mathematical models for CM and spore production (PE). The B extract the highest concentration, slowed the mycelial growth, taking more days than the control to achieve 50% growth. To achieve 5% and 95% of the total area, the B and C provided extracts slower growth rate compared to control. Regarding the parameter b, C extract the maximum concentration showed slower transition. Regarding the production of spores, there was only producing microconides for all treatments, however the treatments did not show significant differences in function of the extracts and concentrations employed.

Keywords: bio-indicators of soil quality; *Fusarium oxysporum* f.sp. *passiflorae*; saprophytic activity; plant materials.

INTRODUÇÃO GERAL

O maracujá amarelo é uma cultura de grande importância para a fruticultura nacional. O Brasil tem sido o maior produtor e consumidor mundial da fruta, totalizando em torno de 838.255 toneladas anuais (IBGE, 2013). *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* é a mais cultivada comercialmente na Bahia, e no país, devido a qualidade dos seus frutos, vigor, produtividade e rendimento em suco (MELETTI; BRÜCKNER, 2001).

A Bahia é o maior produtor de maracujá do Nordeste e do Brasil, responsável por 42,4% da produção brasileira (IBGE, 2013). Os principais municípios onde se concentra a produção da cultura são: Dom Basílio, Livramento de Nossa Senhora e Rio Real, que respondem por quase 51% da produção baiana (IBGE, 2013). Contudo, a produtividade média é muito inferior ao potencial de produção da cultura, devido, principalmente, ao ataque de pragas e doenças.

Dentre esses problemas, a fusariose causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* tem provocado grandes prejuízos aos agricultores, sobretudo por ser um fungo oriundo de solo e pela sua ocorrência em muitas regiões produtoras. A doença pode provocar a morte das plantas antes mesmo do início da produção. Além disso, não existem sintomas claros e evidentes que possam identificar as plantas infectadas antes do aparecimento do sintoma típico da doença - a murcha. A importância da fusariose é reforçada pela capacidade do patógeno sobreviver por longos períodos no solo, na forma de clamidósporos (AGRIOS, 2005). Estas estruturas de resistência são difíceis de serem erradicados de áreas infestadas e este fungo é capaz de sobreviver no solo na ausência da planta hospedeira por meio da atividade saprofítica.

Assim, torna-se necessária a adoção de medidas preventivas de controle que viabilizem a capacidade produtiva do maracujazeiro, pois não existe um controle curativo (RONCATTO et al., 2004) e, uma vez doente, não ocorrerá a recuperação da planta.

Diante disso, medidas que visam diminuir a densidade de inóculo inicial devem ser as adotadas pelos produtores de maracujá, pois as formas tradicionais de controle, aplicadas isoladamente, não têm atingido resultados satisfatórios. Por exemplo, o controle químico, além do custo elevado, pode ocasionar danos ao meio ambiente e à saúde humana, e tem comprovada falta de eficiência a patógenos de solo. A utilização de cultivares resistente é o mais desejável e econômico meio de

controle, mas devido às características dos patógenos de solo, existem muitas dificuldades para a sua efetivação.

O aumento da microbiota no solo, por práticas sustentáveis adotadas pelos produtores, pode ser uma opção para reduzir o potencial de inóculo e suas atividades saprofíticas, além de melhorar as características gerais do solo. Essa supressão pode ser atribuída ao aumento da atividade microbiana, competição entre as populações de micro-organismos por carbono e nitrogênio, micoparasitismo, produção de substâncias inibidoras ou enzimas hidrolíticas (CHEN et al., 1988; MANDELBAUM; HADAR, 1990; BECKER; COOK, 1988; ROS et al., 2005).

A compreensão de fatores bióticos do solo que influenciam a sobrevivência do *F. oxysporum* é indispensável para o estabelecimento de medidas preventivas de controle desse patógeno, pois esses fatores podem influenciar, direta e/ou indiretamente, no desenvolvimento da doença.

A utilização de matéria orgânica apresenta, em alguns casos, efeitos supressivos sobre patógenos de solo (HOITINK; FAHY, 1986). Os compostos orgânicos podem atuar diretamente ou indiretamente, favorecendo o aumento da população dos antagonistas (GAMLIEL; STAPLETON, 1993; LAZAROVITZ, 2001)

Tento em vista a ausência de estudos dessa natureza para a fusariose do maracujazeiro, o presente trabalho teve como objetivos: a) identificar os fatores bióticos que estejam correlacionados com incidência da fusariose nas principais regiões produtoras de maracujá da Bahia, por meio das análises dos indicadores biológicos; b) avaliar o potencial de diferentes materiais vegetais na redução do número de clamidósporos e inibição da atividade saprofítica de *Fusarium oxysporum* f.sp. *passiflorae*.

REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do Maracujazeiro

O maracujá, primeira fruta silvestre que os descobridores conheceram nas Américas, tem denominação indígena de origem Tupi e significa "alimento em forma de cuia". Essa planta destaca-se economicamente em seus usos farmacológico, alimentar, ornamental e diversas potencialidades agrônômicas no enriquecimento dos programas de melhoramento (FALEIRO et al, 2006).

No Brasil, a expansão agrícola do cultivo do maracujá foi impulsionada a partir de 1970 e promoveu o aparecimento de campos em diversas regiões do país, particularmente em Minas Gerais (LOPES, 1996). Meados da década de 80, aproximadamente 1986, que essa cultura se tornou economicamente viável após passar por processos de ampliação e profissionalização da atividade (RIZZI et al., 1998). Essa expansão iniciou-se com a espécie *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg, mas outras espécies também cultivadas e propagadas no Brasil e na América Tropical, como *P. alata* Curtis, *P. edulis*, *P. quadrangularis* L., *P. caerulea* L., e *P. laurifolia* L. (LEITÃO FILHO e ARANHA, 1974). O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), maracujá roxo (*Passiflora edulis*) e maracujá-doce (*Passiflora alata*), são as espécies mais cultivadas no mundo (FREIRE FILHO et al., 2010). No Brasil, existem cerca de 131 espécies e 88 são endêmicas (CERVI et al., 2011). Os cultivos comerciais do país baseiam-se na espécie *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, que é a mais cultivada comercialmente (GANGA et al., 2004), devido à qualidade dos seus frutos, vigor, produtividade e rendimento em suco (MELETTI; BRÜCKNER, 2001).

As Passifloraceae estão largamente distribuídas pelos trópicos (OLIVEIRA, 1987), compreendendo 18 gêneros e 630 espécies (VANDERPLANK, 1996). O maracujazeiro pertence ao gênero *Passiflora*, que é considerado o gênero mais importante da família Passifloraceae (BERNACCI et al, 2003; NUNES e QUEIROZ, 2006), com cerca de 530 espécies em todo o mundo (HANSEN et al., 2006). As espécies de *Passiflora* são perenes em sua maioria, existindo espécies anuais em pequeno número, como é o caso de *P. gracilis* Jack (VANDERPLANK, 1996).

A faixa de temperatura ideal para as espécies do maracujá estão entre 21°C e 32°C, revelando-se o ótimo entre 23°C e 25°C, com precipitação pluviométrica anual entre 800 a 1750 mm, umidade relativa baixa, tempo de exposição solar em torno de 11 horas e ventos amenizados (RUGGIERO et al., 1996, MELETTI, 1996).

A planta é do tipo trepadeira, de caule lenhoso na base e herbáceo no ápice (MELETTI, 2000), podendo atingir mais de 10 m de comprimento. A partir do caule surgem as gavinhas, folhas, gemas e brácteas (TEIXEIRA, 1994; SILVA e SÃO JOSÉ, 1994). As folhas são trilobadas, apresentando a margem serrada e um aspecto lustroso na face superior; quando jovens, apresentam-se geralmente, ovadas, sem lobos. No encontro da folha com o caule existe uma gema florífera que origina uma flor e uma vegetativa que formará um ramo, além delas existe uma gavinha (PIZZA, 1991). O sistema radicular apresenta uma raiz central pivotante mais grossa que as demais.

O maracujazeiro é reportado como planta que necessita de grandes quantidades de água para um pleno sucesso na produção de frutos. Um período de seca bastante severa ocasiona dessecação dos tecidos pela transpiração elevada e impede o desenvolvimento das folhas e frutos. A falta de umidade no solo pode não somente interferir na produção daquele ciclo, mas também no desenvolvimento e no florescimento dos ramos do próximo ciclo de produção (MENZEL e SIMPSON, 1994).

A planta do maracujazeiro pode ser cultivada em diversos tipos de solos, desde os arenosos até os muitos argilosos. De maneira geral, recomenda-se que sejam profundos, razoavelmente férteis e bem drenados. Os solos mais adequados são os areno-argilosos.

Maracujá Amarelo

O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) é uma planta trepadeira, semilenhosa, perene, apresentando um caule cilindro ou anguloso em planta jovem, de crescimento e frutificação precoce, com os seus ramos podendo atingir uma distância de 10 a 20 m do tronco (RUGGIERO et al., 1998).

As flores da *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. são axilares e solitárias, hermafroditas, brancas com franja roxa, até 7 cm de diâmetro. Os filamentos da corona, em 4 ou 5 séries, possuem pétalas e sépalas brancas, oblongas; que se abrem a partir do meio dia e fecham-se à noite (RUGGIERO et al., 1998).

O maracujazeiro amarelo é dependente da polinização cruzada realizada por agentes polinizadores para produzir frutos, suas flores devem ser polinizadas por flores de outras plantas. Sendo necessário a utilização da polinização artificial na ausência de insetos polinizadores, cujo benefício à frutificação é inquestionável (SOUSA e MELETTI; 1997, MANICA, 1981).

O fruto é uma baga de forma globosa, carnosa, com casca de cor esverdeada, quando verde, e de coloração amarelo-canário, brilhante, quando maduro (SILVA e SÃO JOSÉ, 1994).

O maracujazeiro amarelo está presente em mais de 95% dos pomares comerciais do Brasil (NEGREIROS et al., 2006). O Brasil tem sido o maior produtor e consumidor mundial de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.), totalizando em torno de 838.255 toneladas anuais (IBGE, 2013).

O cultivo predomina na região Nordeste, com um total de 622.036 toneladas anuais. A Bahia é o maior produtor de maracujá do Nordeste e do Brasil, responsável por 42,4% da produção brasileira (IBGE, 2013). Os principais municípios onde se concentra a produção da cultura são: Dom Basílio, Livramento de Nossa Senhora e Rio Real, que respondem por quase 51% da produção baiana (IBGE, 2013). A produção nacional ainda é considerada baixa e de grande variabilidade, perante a potencialidade da cultura e sua fácil adaptação às condições edafoclimáticas.

A expansão de área plantada com maracujazeiro fez-se acompanhada do surgimento e agravamento de um grande número de doenças, principalmente por aquelas que afetam o sistema radicular. Dentre os problemas fitossanitários, as doenças são as que mais contribuem para baixa produtividade, observada na maioria dos pomares brasileiros, reduzindo o tempo de exploração econômica da cultura e inviabilizando o seu cultivo em determinadas regiões do país. De cultura perene, passou a sofrer renovação constante, em algumas situações, com pomares renovados a cada dois anos ou menos (ALABOUVETTE, 1999).

Diversos patógenos podem causar danos ao sistema radicular do maracujazeiro, dentre os quais destacam-se: *Phytophthora* sp., *Thielaviopsis basicola* (Berk & Br) Ferr., *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Fusarium sambucinum* Fuckel (MASUDA, 1974; NAKAMURA, 1980) e *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Sacc. (DELANOE, 1991). Entre esses patógenos habitantes do solo, pode-se destacar a fusariose ou murcha do maracujá causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP) (MCKNIGHT, 1951), que é considerada uma das principais doenças da cultura. Esse fungo ocorre em várias regiões produtoras do Brasil, afetando a produtividade da cultura (LIBERATO e COSTA, 2001), e reduzindo de forma significativa a vida útil dos pomares.

Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae

O primeiro relato da murcha de *Fusarium* do maracujazeiro aconteceu na Austrália (MCKNIGHT, 1951). Posteriormente foi detectada no Brasil (CARVALHO; CARVALHO, 1968), África do Sul (GRECH; RIJKENBERG, 1991) e Venezuela (BAUTISTA; SALAS, 1995). O fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* é um habitante do solo que pertence ao filo Ascomycota, classe Pezizomycotina, ordem Hypocreales, família Nectriaceae e gênero *Fusarium* (www.mycobank.org). Esse fungo é morfológicamente similar a outros membros da espécie *F. oxysporum*, mas separado por sua especialização fisiológica e patológica ao maracujazeiro. *Fusarium oxysporum* pode ser dividido em diversas *Formae Speciales*, a maioria dos quais parece ter especificação hospedeira, sendo que cerca de 100 *formae specialis* de *F. oxysporum* já foram descritas (LESLIE; SUMMERELL, 2006). Morfológicamente, *F. oxysporum* apresenta micélio delicado, de coloração branca a rosada, esparso a abundante.

Os microconídios são produzidos abundantemente em fiálides simples, apresentando formato oval a elipsóide, ligeiramente curvados e sem septos. Os macroconídios são esparso a abundantes, produzidos em conidióforos ou na superfície de esporodóquios. Apresentam formato fusóide a subulado e pontiagudos nas extremidades, com as paredes finas e três a cinco septos, medindo 23,5-36 µm x 3,5-5,5 µm (média 31,2 x 39 µm). Os clamidósporos, constituídos de uma única célula com um citoplasma condensado, decorrente do acúmulo de reservas de nutrientes, são globosos, apresentam paredes espessas, duplas e rugosas. São abundantes e formados terminal ou intercaladamente no micélio, constituindo as estruturas de resistência (NELSON et al., 1983; ALEXOPOULOS et al., 1996).

De forma geral, *Fusarium oxysporum* sobrevive entre as estações de cultivo, permanecendo por vários anos dormente na forma de clamidósporos em tecidos deteriorados do hospedeiro e no solo (NELSON, 1981). Os clamidósporos germinam sobre as raízes da planta e o tubo germinativo penetra diretamente a superfície vegetal ou ganha o interior da planta por meio de ferimentos. Ocorre a adesão de hifas nas células epidermais e corticais do hospedeiro, e a penetração por hifas estreitas que causam degradação local da parede celular (BECKMAN, 1987). A penetração ocorre mais comumente através das extremidades de raízes, nas quais aberturas naturais na parede celular ou ferimentos provocados pelo atrito das raízes com o solo provêm uma entrada para o tecido vascular em desenvolvimento (NELSON, 1981). O fungo penetra as raízes e as suas hifas invadem os vasos do xilema, impedindo o transporte de água e nutrientes para outros órgãos da planta,

causando murcha generalizada e morte rápida das plantas. Folhas murchas são os primeiros sintomas visíveis e podem ocorrer em qualquer época do ano ou estágio fenológico da planta. Seções longitudinais da madeira mostram traços de uma descoloração ferruginosa (marrom-avermelhada), indicando a presença de células cromáticas que são impermeáveis (SANTOS FILHO, 1998).

Os principais agentes de dispersão da doença são mudas infectadas. No pomar o patógeno é disseminado pela movimentação do solo decorrente dos diversos tratamentos culturais, assim como pelo escoamento da água de irrigação. Pode ocorrer ainda pelo vento, que transporta partículas de solo infestado e conídios produzidos sobre a planta morta. A severidade da murcha de *Fusarium* do maracujazeiro é maior sob condições de temperatura, entre 25 °C e 30 °C, e umidade relativa elevada (FISCHER; REZENDE, 2008).

O crescimento e a sobrevivência de *F. oxysporum* são muito influenciados pelas características físicas, químicas e biológicas do solo. Essas atuam acelerando ou retardando o desenvolvimento da doença, pela alteração da viabilidade do inóculo, embora o patógeno possa sobreviver em condições adversas, incluindo regiões secas e com elevadas temperaturas (NELSON, 1981). Deste modo, a eficiência das práticas de manejo sobre as murchas causadas por *F. oxysporum* pode ser influenciada por muitos fatores, dentre outros, pelo teor de matéria orgânica no solo, bem como pelo tipo e a fertilidade do solo (BURGESS, 1981; ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990). A microbiota presente no solo pode ser modificada significativamente pelo efeito de práticas de manejo associadas à intensificação da agricultura. Nas últimas décadas, vem crescendo a preocupação com a qualidade do solo, na medida em que seu uso e mobilização intensiva podem resultar na diminuição de sua capacidade em manter uma produção biológica sustentável (CARVALHO et al., 2004), pois o crescimento da microflora do solo é limitado quando ocorre intenso cultivo e baixa disponibilidade ou baixa qualidade de fonte energética (SCHULTEN e HEMPFLING, 1992). Sabe-se que a utilização de matéria orgânica incorporada no solo apresenta, em alguns casos, efeitos supressivos sobre patógenos de solo (HOITINK; FAHY, 1986). Os compostos orgânicos podem atuar nos fitopatógenos diretamente ou indiretamente favorecendo o aumento da população dos antagonistas (GAMLIEL; STAPLETON, 1993; LAZAROVITZ, 2001)

Dessa forma, o conhecimento dos componentes microbianos vivos do solo, fatores bióticos, é indispensável para o desenvolvimento de medidas preventivas de controle desse patógeno.

Fatores bióticos

Microbiota do Solo

Os micro-organismos presentes no solo são responsáveis pela ciclagem de nutrientes, decomposição dos compostos orgânicos e pelo fluxo de energia no solo, desempenhando importante papel tanto na transformação da matéria orgânica quanto na estocagem do carbono e nutrientes (JENKINSON e LADD,1981). Também tem grande responsabilidade na execução e controle de funções vitais no solo como: solubilização de nutrientes, como o fósforo, fixação de nitrogênio atmosférico, produção de compostos complexos que causam agregação do solo, decomposição de xenobióticos, e, também, controle biológico de pragas e doenças (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

A característica mais evidente dessa microbiota é a sua ampla diversidade, apresentando maior atividade nas primeiras camadas do solo, nas profundidades entre 1 cm a 30 cm. Normalmente, a microbiota do solo encontra-se em contínua interação entre espécies, ocorrendo competição, antagonismo, mutualismo, parasitismo e saprofitismo. Os componentes microbianos vivos do solo são também denominados de biomassa microbiana, que é representada por grandes grupos de bactérias, actinomicetos, fungos, algas, protozoários e os organismos que compõem a mesofauna (FERNANDES et al., 1996; MOREIRA e MALAVOLTA, 2004). Entre esses grupos, as bactérias e os fungos respondem por cerca de 90% da atividade microbiana do solo. A diversidade e a quantidade dos micro-organismos são bastante elevadas, apesar de constituírem somente 1 a 4 % do carbono total (FERREIRA et al., 2007) e ocuparem menos de 5 % do espaço poroso do solo. Entretanto, como o solo é normalmente um ambiente estressante, limitado por nutrientes, somente 15% a 30% das bactérias e 10% dos fungos encontram-se inativos. Portanto, a manutenção da integridade da capacidade metabólica dos micro-organismos no solo, ao ponto que permita o normal desenvolvimento das atividades do solo, implica a preservação tanto da densidade como da sua diversidade (BROMILOW et al., 1996). As duas, quantidade e diversidade, variam em função de características edáficas, climáticas e de colonização biótica e são, desta forma, específicas para os distintos ambientes naturais.

A atividade antrópica em modificar ambientes naturais, principalmente, em áreas agrícolas, altera em vários aspectos os micro-organismos adaptados aos diferentes solos; esses aspectos entre outros são o tamanho e a composição (PAUL e CLARK, 1996). Solos cobertos pela matéria orgânica se tornam adequados para a manutenção das populações de diferentes micro-organismos que compõem a biota do solo, pois esses conservam a umidade e disponibilizam nutrientes, promovendo uma cadeia de ciclos, interações e processos bioquímicos diversos. Esses processos contribuem para a manutenção da saúde do solo, dificultando o estabelecimento do patógeno e, conseqüentemente, diminuindo as chances da ocorrência de doenças (POSTMA et al., 2008).

Dentre esses fatores, vários influenciam a sobrevivência de espécies de *Fusarium oxysporum* no solo, destacando-se a microbiota antagonista associada à rizosfera (SCHER e BAKER, 1980; HOPKINS et al., 1987; FREITAS e PIZZINATO, 1991; LARKIN et al., 1993; TOYOTA et al., 1994). As características físicas, químicas e biológicas dos solos influenciam direta e indiretamente diversos processos críticos para os micro-organismos fitopatogênicos e seus hospedeiros. A sobrevivência e a dispersão de propágulos, a infecção do hospedeiro e a reprodução dos micro-organismos, bem como o crescimento e a reprodução das plantas, são afetadas por essas características. Essas devem, portanto, ser estudadas para que se conheçam seus efeitos potenciais sobre as doenças radiculares.

Os mecanismos que levam à supressividade do solo podem ser os mais diversificados e incluem fatores abióticos e bióticos, tais como níveis de macro e micronutrientes, relação C/N, textura e tipos de argila, grau de compactação do solo, condutividade elétrica e pH do solo, densidade, biomassa e atividade microbiana do solo (HORNBY, 1983; CHELLEMI; PORTER, 2001; WELLER et al., 2002; STONE; SCHEUERELL; DARBY, 2004; BETTIOL; GHINI, 2005).

A habilidade do patógeno de sobreviver sobre a matéria orgânica em decomposição é denominada atividade saprofítica (AGRIOS, 2005). Essa capacidade não depende apenas da taxa de crescimento, mas também da produção de toxinas ou enzimas, antibióticos e outros microdeterminantes do ecossistema do solo. Isso também inclui o número e variedade de antagonistas explorando um substrato (GARRET, 1970), sendo um somatório de características fisiológicas que contribuem para o sucesso da colonização na matéria orgânica. Segundo GARRET (1970), existem três possíveis modos de sobrevivência dos patógenos no solo:

- i. colonização saprofítica em tecidos vegetais mortos de outros hospedeiros;

ii. colonização saprofítica em uma planta hospedeira proveniente da ação do patógeno em sua fase parasitária;

iii. sobrevivência por meio de estruturas de resistência produzidas durante a colonização saprofítica ou ação patogênica do patógeno.

A murcha causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* é uma doença de difícil controle devido à elevada agressividade do patógeno, transmissibilidade por mudas e alta capacidade de sobrevivência no solo. A incorporação de materiais vegetais no solo, pelos agricultores, pode exercer influência sobre as populações dos patógenos e/ou as atividades patogênicas (STOVER, 1962; PATRICK; TOUSSOUN, 1965; SUMNER; DOUPNIK; BOOSALIS, 1981; BOCKUS; SHROYER, 1998; RODRÍGUEZ-KÁBANA; CALVET, 1994; SCHOENMAKER; GHINI, 2001; DAVET, 2004; SHARMA, 2006). A adição de resíduos pode intensificar a atividade microbiana do solo e a competição entre os micro-organismos, promovendo a lise de estruturas dos patógenos e favorecendo o desenvolvimento das plantas (COOK; BAKER, 1983; HUANG; KUHLMAN, 1991). Por outro lado, alguns resíduos promovem o aumento da incidência de doenças, por prover uma base alimentar, aumentando a sobrevivência do patógeno (GRÜNWARD; HU; VAN BRUGGEN, 2000). Exige-se assim, um conhecimento prévio dos resíduos orgânicos a serem incorporados ao solo.

Como os micro-organismos constituem a parte viva e mais ativa da matéria orgânica, existem indicações de que atributos microbiológicos podem indicar alterações provocadas por diferentes tipos de manejos do solo em um estágio anterior ao das mudanças nos atributos químicos e físicos (BALOTA et al., 1998; HUNGRIA et al., 2009). Sabendo-se que os micro-organismos são parte integrante da qualidade do solo, é necessário um melhor entendimento da dinâmica e estrutura das comunidades microbianas. Essa ação sobre o solo resulta da somatória da atividade das células individuais, que pode ser estimada através de medições do metabolismo global do solo ou da quantificação de certos processos específicos, como (SIQUEIRA e FRANCO, 1988):

- i. Taxa de respiração, que é medida pela liberação de CO₂ ou consumo de CO₂;
- ii. Produção de ATP, liberação de calor e biossíntese de macromoléculas, como proteínas e ácidos nucleicos;
- iii. Taxa de transformação do N, como amonificação, nitrificação, desnitrificação e fixação biológica de nitrogênio;

- iv. Consumo de substratos e acúmulo de produtos específicos;
- v. Taxa de mineralização do P e outros nutrientes;
- vi. Taxa de decomposição da matéria orgânica, produção e acúmulo de húmus;
- vii. Atividade enzimática;
- viii. Densidade populacional: número de células viáveis, número total de células, biomassa, taxa de crescimento e distribuição, tempo de geração de toda a comunidade ou de organismos específicos do solo.

Nesse contexto, indicadores biológicos têm sido frequentemente usados para avaliar alterações na qualidade do solo pelo uso de diferentes práticas e sistemas de manejo. O uso de insumos como fertilizantes minerais, defensivos e uma intensa atividade de preparo do solo, vem desencadeando uma acentuada degradação do solo nos aspectos químicos, físicos e principalmente biológicos (FANCELLI e FAVARIN, 1989; HENKLAIN et al., 1996). Esses efeitos podem resultar em mudanças qualitativas e quantitativas na densidade total ou específica, levando a comunidade a um novo equilíbrio, que pode favorecer ou afetar negativamente o crescimento das plantas e a produtividade do solo. Diante dessa problemática, nos últimos anos, vários estudos foram desenvolvidos avaliando os indicadores biológicos do solo e os resultados têm mostrado que os métodos de avaliação podem ser divididos em quatro grupos, dependendo da informação assegurada:

- i. população e biomassa microbiana do solo;
- ii. atividade microbiana no solo;
- iii. diversidade e estrutura na comunidade microbiana no solo;
- iv. interações planta-microbiota (BENEDETTI; DILLY, 2006).

Dessa forma, as características microbiológicas podem ser usadas como indicadoras da qualidade do solo (DORAN e ZEISS, 2000). De acordo com CHAER e TÓTOLA (2007), os indicadores microbiológicos podem ser de grande importância na avaliação precoce de eventuais efeitos adversos do manejo sobre a qualidade do solo, o que permitiria a adoção antecipada de medidas corretivas ou de controle. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos.

Indicadores biológicos de qualidade do solo

Os atributos biológicos do solo como: a respiração basal, biomassa microbiana, quociente metabólico e a matéria orgânica total, podem ser usados

como indicativos da qualidade do solo. Avaliações da atividade microbiana são de grande utilidade como indicadores da qualidade biológica do solo, tornando sua análise uma valiosa ferramenta preventiva do efeito das práticas agrícolas sobre os ecossistemas. Dentre os atributos utilizados para caracterizar o componente biológico dos solos, destaca-se a Respiração Basal do Solo (RBS). A RBS representa o total da atividade metabólica do solo, e os processos biológicos responsáveis por esse fenômeno são a respiração microbiana, a respiração das raízes do solo e a respiração da fauna do solo (LUNDEGARTH, 1927). Da universalidade de carbono fixado pelas plantas, a emissão de CO₂ do solo é o principal fluxo de carbono de volta para a atmosfera, por isso as alterações na grandeza desse fluxo, provocadas pelo uso da terra, podem ocasionar grandes mudanças nas concentrações de CO₂ atmosférico (SCHLESINGER e ANDREWS, 2000). O gás carbônico que evolui do solo possui duas origens distintas: a respiração de fotossintatos pelas raízes e pelos micro-organismos da rizosfera, e a respiração associada à decomposição da matéria orgânica do solo, formado por micro-organismos decompositores e pela fauna edáfica (HORWATH et al., 1994). A respiração microbiana é um indicador sensível da decomposição de resíduos, da mineralização do carbono orgânico do solo e de distúrbios no ecossistema e pode mostrar amplas variações em decorrência da umidade, temperatura e disponibilidade de substratos (ANDERSON; DOMSCH, 1985; SPARLING, 1997). Portanto, a interpretação dos dados de respiração deve ser analisada com cautela, uma vez que o acréscimo na atividade respiratória pode ser desencadeado tanto pela alta produtividade de um determinado ecossistema quanto pelo estresse advindo de distúrbios ambientais (SILVA et al., 2007).

Os micro-organismos do solo são os principais componentes do sistema de decomposição de matéria orgânica, sendo os principais contribuintes para a respiração basal do solo, atuando como reguladores do ciclo de nutrientes, e conseqüentemente, da produção primária e do fluxo de energia. Dessa forma, o conhecimento prévio da qualidade em que o solo se encontra pode contribuir para entender as relações que levam a supressões de doenças vinculadas a patógenos de solo. Tal qualidade é definida como a capacidade em funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter o equilíbrio ambiental e promover a saúde das plantas e animais (DORAN e PARKIN, 1994). Diante disso, alguns autores verificaram que alta atividade, biomassa microbiana e diversidade -

em solos naturais ou agrícolas - têm sido associadas com a supressão de doenças de plantas com origem no solo (NITTA, 1991; WORKNEH e VAN BRUGGEN, 1994; MADER et al, 2002). Esse tipo de supressão pode ser devido à competição ou antagonismo geral, que podem ser não-específicas e ativas contra uma vasta gama de agentes patogênicos naturais do solo (GERLAGH, 1968; WHIPPS, 1997).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é uma aproximação dos componentes vivos da matéria orgânica do solo, formada por todos os micro-organismos menores que $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^3$, como as bactérias, actinomicetos, fungos, algas e microfauna (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). Ela está de forma direta envolvida na decomposição da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia no solo (JENKINSON e LADD, 1981). O cálculo aproximado da BMS foi sugerido como um parâmetro sensível às mudanças que estão começando no processo de transformação de matéria orgânica do solo, sendo um indicador eficaz para avaliar alterações no ambiente com interferência do homem (JENKINSON e RAINER, 1977; POWLSON et al., 1987). A fonte potencial de N, P, S e outros nutrientes para as plantas, e os fluxos, compreende da BMS; através do reservatório microbiano, que são de particular importância para o equilíbrio do solo (DE-POLLI e GUERRA, 1999; KOUNO et al., 2002). Além disso pode ser inserida como o compartimento central do ciclo do carbono, sendo mais sensível que o resultado quantitativo do C orgânico e do N total para aferir alterações na matéria orgânica do solo (GAMA-RODRIGUES, 1999).

Determinar a quantidade da BMS pode ser utilizada como um indicador biológico da qualidade do solo (GAMA - RODRIGUES, 1999), porém não deve ser averiguada isoladamente, pois não oferece uma estimativa correta da atividade das comunidades de micro-organismos já que muitos se encontram na forma inativa. Ela deve ser analisada juntamente com a respiração basal do solo, nitrogênio total, atividade enzimática, entre outras atividades, em face da extrema heterogeneidade do ambiente, da microbiota e de sua biodiversidade (GRISI, 1995). O curto período de tempo da ciclagem da BMS e a agilidade de sua resposta as alterações de manejo (BONDE, 1991; POWLSON et al., 1987) a torna um bom indicador para a avaliação dos distúrbios causados aos ecossistemas naturais quando é instalada uma cultura ou pastagem.

Se fazem necessárias informações sobre a atividade microbiana do solo para a compreensão da participação dos micro-organismos do solo na mineralização da matéria orgânica. O coeficiente metabólico microbiano (qCO_2), que é a razão entre a respiração basal do solo, obtida a partir da incubação do solo em laboratório, e o C-BMS, como um indicador das mudanças da atividade microbiana após alterações ambientais (ANDERSON e DOMSCH et al., 1985). Trabalhos mostram que aplicação de agrotóxicos, inundações, acidificação e adição de substrato elevam o qCO_2 , podendo ser ótimo indicador de distúrbios. Por outro lado, a redução do índice foi demonstrada em sucessões primárias de mais de 1000 anos, durante regeneração de florestas após um distúrbio e durante a adaptação de um solo ao cultivo (WARDLE e GHANI, 1995).

Até o momento, inexistem estudos sobre a influência dos fatores bióticos na sobrevivência de FOP em campo ou em laboratório. Embora as alterações nos atributos biológicos sejam relevantes na avaliação da qualidade do solo, a maioria dos estudos tem sido sobre o efeito de sistemas de manejo em áreas agrícolas ou áreas biodegradadas, porém, são poucos os trabalhos relacionados aos fatores bióticos com a presença de patógenos de solo em áreas agrícolas.

Apesar das evidências de que os fatores bióticos do solo exercem importantes papéis na sobrevivência dos fungos habitantes do solo, existem poucos trabalhos relacionados a esse tema, principalmente com *F. oxysporum* em geral. No Brasil, foram encontrados apenas dois trabalhos que correlacionaram a severidade da fusariose com fatores bióticos do solo. Machado et al. (2003), trabalhando com a murcha-do-fusário do tomateiro, causada por *Fusarium oxysporum* Schlecht f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hansen, em solos do Agreste de Pernambuco, constataram falta de correlação entre a incidência da doença e a biomassa microbiana nos solos dessa região. Andrión (2009) em trabalho realizado com supressividade do feijão caupí a *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, constatou correlação positiva entre os níveis de CO_2 evoluído e severidade da doença. O autor relaciona a correlação positiva entre severidade e a murcha do caupí a fatores que não foram detectados pelas análises realizadas. Alguns autores associam solos que apresentaram altos índices de respiração basal ao decréscimo da incidência e severidade de doenças radiculares (JANVIER et al., 2007).

Materiais vegetais na supressividade de patógenos habitantes do solo

As doenças de plantas causadas por patógenos habitantes de solo constituem um dos principais problemas para maioria das culturas. Conseqüentemente, há uma queda na quantidade e na qualidade da produção, acarretando sérias perdas ao agricultor (BERGAMIN FILHO e KIMATI, 1995). A incorporação de matéria orgânica no solo pode ajudar a equilibrar a sua microfauna aumentando seu potencial de controle de doença, por consequência, desenvolvendo uma planta sadia e resistente (ZAMBERLAN e FRONCHETI, 2002).

A adição de materiais vegetais ao solo altera vários fatores, tais como estrutura física, teores de nitrogênio, celulose e lignina, sólidos solúveis totais, pH e deposição de toxinas. Esses, por sua vez, alteram o perfil da microbiota do solo, tornando o ambiente impróprio à sobrevivência de patógenos. Paralelamente a esse processo, favorecem o aumento das populações de micro-organismos benéficos (CAFÉ FILHO e LOBO JÚNIOR, 2000).

A supressividade do solo pode ser induzida de várias maneiras, dentre as quais, pela adubação verde (BAKER; COOK, 1974; PALTÍ, 1981; ABAWI; THURSTON, 1994; DAVET, 2004; STONE; SCHEUERELL; DARBY, 2004; BETTIOL; GHINI, 2005; REIS; CASA; HOFFMANN, 2005). A adubação verde consiste no plantio de uma espécie vegetal que, após atingir seu pleno desenvolvimento vegetativo, será cortada ou acamada. Em seguida, a sua massa verde produzida é deixada sobre a superfície ou incorporada ao solo, com a finalidade de manter ou aumentar o conteúdo de matéria orgânica. Isso propicia melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, favorecendo o crescimento e rendimento das culturas econômicas em sucessão (ABAWI; WIDMER, 2000; SOUZA; PIRES, 2002). Três princípios podem ser analisados no controle de patógenos via adubação verde: escassez de alimento para o patógeno; liberação de substâncias orgânicas tóxicas que inibem o crescimento ou matam o patógeno, o que ocorre durante a decomposição da massa verde; e, ainda, aumento de populações antagonistas que encontram no material decomposto um ambiente propício ao seu crescimento e reprodução (ROSSI, 2001). A adubação verde é uma prática antiga, sendo encontrados diversos exemplos do alcance de solos supressivos às doenças de plantas pela incorporação desses materiais vegetais no

solo. Zambolim et al. (1996), constataram que a adição de matéria orgânica ao solo (tanto como adubo verde quanto como composto orgânico) causou a redução nas populações de nematóides e, conseqüentemente, no prejuízo associado. Além das modificações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, ocorre uma redução nos fatores ligados ao estresse, o que proporciona maior resistência da planta ao parasitismo (ROSSI, 2002).

Diante das dificuldades no controle dos fitopatógenos habitantes do solo, uma alternativa que vem se destacando é o uso de resíduos vegetais incorporados ao solo, contribuindo para o aumento da comunidade microbiana complexa, auxiliando na atividade antagônica ao micro-organismo patogênico, promovendo a supressividade do solo, melhorando sua fertilidade e resistência das plantas as doenças (CAFÉ FILHO e LOBO JÚNIOR, 2000; CRUZ et al., 2013). Pesquisas mostram que a adição de resíduos ao solo pode desencadear o processo de supressividade a doenças (TERMORSHUIZEN et al., 2006; BONANOMI et al., 2007).

A utilização de matérias vegetais incorporados ao solo para o controle da fusariose do maracujá é uma prática pouco desenvolvida, mas com perspectivas de avanços. Alguns trabalhos já têm sido desenvolvidos utilizando resíduos orgânicos para controlar a doença. FERREIRA et al. (2009), avaliou resíduos orgânicos de nim e citronela no controle da fusariose do maracujá amarelo (*F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*), observaram que os resíduos de nim demonstraram eficiência no controle da fusariose na concentração de 20 g Kg⁻¹. Sendo que, neste trabalho observa-se que o possível efeito não está relacionado com a sobrevivência do fungo, mas sim com a fase de colonização, em razão da metodologia utilizada. No entanto, trabalhos nesse âmbito, são em número pequeno quando comparados aos que envolvem utilização da matéria vegetal para controle de outros patógenos veiculados pelo solo.

O uso de matérias vegetais poderá se constituir em uma medida prática e segura para o controle da murcha causado por FOP. Isso porque sua simples incorporação ao solo poderá inibir a sobrevivência do patógeno. Medidas que visam diminuir a densidade de inóculo inicial pode ser adotada pelos produtores de maracujá, pois as formas tradicionais de controle, aplicadas isoladamente, não têm

atingido resultados satisfatórios. Entretanto, cada fonte de matéria orgânica tem características particulares que podem, ou não, tornar o substrato supressivo a determinado patógeno (TERMORSHUIZEN et al., 2006).

Diante das dificuldades de controle neste patossistema, estudos com medidas preventivas que possam reduzir o inóculo no campo e tempo de contato de *F. oxysporum* f.sp. *passiflorae* com o maracujá são relevantes. O efeito fungitóxico de plantas tem sido investigado em diversos patossistemas. A incorporação de matérias vegetais que possam contribuir para supressão desse patossistema constitui-se numa alternativa para aumentar a produtividade da passicultura em todo o país.

Tento em vista a inexistência de estudos dessa natureza o presente estudo teve como objetivos: a) identificar os fatores bióticos que possam estar correlacionados com a incidência da fusariose nas principais regiões produtoras de maracujá da Bahia, por meio das análises dos indicadores biológicos; b) avaliar o potencial de diferentes matérias vegetais na redução do número de clamidósporos e inibição da atividade saprofítica de *Fusarium oxysporum* f.sp. *passiflorae*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAWI, G. S., e H. D. THURSTON. 1994. Effects of organic mulches, soil amendments, and cover crops on soilborne plant pathogens and their root diseases: a review. In: THURSTON, H. D. et al. (Eds.). **Tapado** - Slash/mulch: how farmers use it and what researchers know about it. Ithaca: CIFAD, 1994. p. 89-99.

ABAWI, G. S.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Root rots of beans in Latin American and Africa**: research methodologies and management strategies. Cali: CIAT, 1990. 114 p.

ABAWI, G. S.; WIDMER, T. L. Impact of soil health management practices on soil-borne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 37-47, 2000.

AGRIBUS. Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2010, 549 p.

AGRIOS, G.N. 2005. **Plant Pathology**. Flórida, Elsevier Press. 5ª ed. p. 948.

ALABOUVETTE, C. Fusarium wilt suppressive soils: an example of disease suppressive soils. Australasian **Journal of Plant Pathology** 28:57-64. 1999.

ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. Introductory mycology. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 1996. 868p.

ANDERSON, T.-H. & DOMSCH, K.H. Determination of eco-physiological maintenance requirements of soil microorganisms in a dormant stage. **Biology and Fertility of Soils**, v. 11, p. 81-89, 1985.

ANDRIÓN, E. E. B. **Supressividade Natural de Solos do Nordeste Brasileiro à Murcha-de-Fusário e Rizoctoniose do Caupi.2009**, 88 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE, 2009.

BAKER, K F.; COOK, R. J. **Biological Control of Plant Pathogens**. San Francisco: W. H. Freeman, 1974. 433 p.

BALOTA, E.L., et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998.

BARTLETT, R.J. & ROSS, S.D. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 52:1191-1192, 1988.

BAUTISTA, D. S. Crescimento vegetativo, reprodutivo y rendimentos de la parchita conducida em emparrado. **Agronomia Tropical**, v. 45, p. 331-345, 1995.

BECKER, J.O.; COOK, R.J. Role of siderophores in suppression of *Pythium* species and production of increased growth response of wheat by fluorescent pseudomonads. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 78, p. 778-782, 1988.

BECKMAN, C.H. The nature of wilt diseases of plants. St. Paul: APS Press, 1987. 175 p.

BENEDETTI, A.; DILLY, O. Introduction. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W.; BENEDETTI, A. (Eds.). **Microbiological methods for assessing soil quality**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. p. 3-14.

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H. História da Fitopatologia. In BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (eds.) **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 3. ed., v.1, cap.1, p. 2-12, 1995.

BERNACCI, L. C. 2003. Passifloraceae. In: Wanderley, M. G. L.; Shepherd G. J.; Giulietti, A. M. & Melhem, T. S. (coords.). Flora Fanerogâmica do estado de São Paulo. Vol.3. FAPESP/RIMA, São Paulo. Pp: 247-274.

BETTIOL, W.; GHINI, R. Solos supressivos. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE - Imprensa Universitária, 2005. p. 125-153.

BOCKUS, W. W.; SHROYER, J. P. The impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 36, p. 485–500, 1998.

BONANOMI G, ANTIGNANI V, PANE C, Scala F. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. **J Plant Pathol**. 2007;89(3):311-334.

BONDE, D. A.; Rosswaal, T.; Victoria, R. L. The dynamics of soil organic matter and soil microbial biomass following clearfelling and cropping of a tropical rain forest soil in the Central Amazon. In: BONDE, T. A. Size and dynamics of actives organic matter fractions as influenced by soil management. Linkoping, Linkoping University, 1991. Cap.7, p.1 - 19.

BROMILOW, R.H.; EVANS, A.A.; NICHOLLS, P.H.; TODD, A.D. & BRIGGS, G.G. The effects on soil fertility of repeated applications of pesticides over 20 years. **Pestic. Sci.**, 48:63-72, 1996.

BURGESS, L. W. General ecology of the Fusaria. In: NELSON, P.E.; TOUSSOUN, T. A.; COOK, R. J. (Eds.). **Fusarium: disease, biology and taxonomy**. University Park: The Pennsylvania State University Press, 1981. p. 225-235

CAFÉ FILHO AC, LOBO JÚNIOR M. Manejo de fatores físicos e culturais para o controle de patógenos de solo. **Rev An Patol Plantas**. 2000;8:267-301.

CARVALHO, A. M.; CARVALHO, A. M. B. Nota preliminar sobre a ocorrência de *Fusarium* sp. em plantas de maracujá, no Estado de São Paulo. **Ciência e Cultura**, v.20, p.265-266, 1968.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1153-1155, 2004.

CHAER, G.M.; TÓTOLA, M.R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma plantios eucalipto sobre indicadores qualidade solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1381-1396, 2007.

CHELLEMI, D. O.; PORTER, I. J. The role of plant pathology in understanding soil Collingwood, v. 30, n. 1, p. 103-109, 2001.

CHEN, W.; HOITINK, H. A. J.; MADDEN, L. V. Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, v. 78, p. 1447-1450, 1988.

COOK, R. J.; BAKER, K. F. The nature and practice of biological control of plant pathogens. St. Paul: **The American Phytopathological Society**, 1983. 539 p.

CRUZ SMC, RODRIGUES, AAC, SILVA EKC, OLIVIEIRA, LJMG. Supressividade por incorporação de resíduo de leguminosas no controle da fusariose do tomateiro. **Summa Phytopathol.** 2013;39(3):180-185.

DAVET, P. **Microbial ecology of the soil and plant growth**. Enfield: **Science Publishers**, 2004. 392p.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.de A.; CAMARGO, F.A.de O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.389-412.

DELANOË, O. Etude de la résistance de passiflores de Guyane française vis-à-vis de *Fusarium* pathogenes de la culture des fruits de la Passion (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Fruits**, Montpellier, v.46, p.593-600, 1991.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Ed.). Defining soil quality for sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America**, 1994. p. 3-21. (SSSA. Special publication, 35).

DORAN, J.W., ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v.15, 3-11, 2000.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. Importância e avanços do pré-melhoramento de Passiflora. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. F.; FALEIRO, F. G. (Ed.). Curso Internacional de pré-melhoramento de plantas. Brasília, DF: Embrapa, 2006b. p. 138-142.

FANCELLI, A.L.; FAVARIN, J.L. Desempenho da cultura do milho em plantio direto e convencional. In: FANCELLI, A.L. (Coord.) **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1989. p.174-175.

FERNANDES, W.D., BRUNO, E.C.G, MARQUES, O.A., SALDIVAR, L.M., ZENI, K., SANTOS, H.R. Índices de diversidade da mesofauna edáfica em três ambientes na região de Dourados, MS. Congresso Brasileiro de Plantio Direto para uma

Agricultura Sustentável, 1996, Ponta Grossa. **Resumos expandidos**. Ponta Grossa/Ponta Grossa/IAPAR, 1996. 158 p.

FERREIRA, E.A.B., RESCK, D.V.S., GOMES, A.C., RAMOS, M.L.G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31: 1625-1635, 2007.

FERREIRA, R; RODRIGUES, A.; CATARINO, A; MORAES, F. Utilização dos resíduos orgânicos de nim e citronela no controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* em maracujazeiro amarelo. **Resvista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 893-896, 2009.

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

FRAIFE FILHO, G. A.; LEITE, J. B. V.; RAMOS, J. V. **Maracujá**. Publicado no site da Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira/CEPLAC. Disponível:< <http://www.ceplac.gov.br/radar/maracuja.htm>>. Acessado: Jan/2012.

FRAIFE FILHO, G. A.; LEITE, J. B. V.; RAMOS, J. V. **Maracujá**. Publicado no site da Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira/CEPLAC, 2010. Disponível:< <http://www.ceplac.gov.br/radar/maracuja.htm>>. Acessado: Jan/2012.

FREITAS, S.S.; PIZZINATTO, M.A. Interações de *Pseudomonas* e *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* na rizosfera de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.17, n.2, p.105-112, 1991.

GAMA-RODRIGUES, E.F. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Eds.). **Fundamentos da Matéria Orgânica**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.228- 243.

GAMLIEL A; STAPLETON J. J. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 83, p. 899-905, 1993.

GANGA, R. M. D.; RUGGIERO, C. R.; LEMOS, E. G. M.; GRILI, G. V. G.; GONÇALVES, M. M.; CHADAS, E. A.; WICKERT, E. Diversidade genética em maracujazeiro-amarelo utilizando marcadores moleculares FAFLP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 494-498, 2004.

GARRET, S.D.1970. *Pathogenic root-infecting fungi*.. London, Cambridge at the University Press. 294 p.

GERLAGH, M. (1968) Introduction of *Ophiobolus graminis* into new polders and its decline. Netherland Journal of **Plant Pathology** 74(Suppl. 2):1-97.

GRECH, N. M.; RIJKENBERG, F. H. J. Laboratory and field evaluation of the performance of *Passiflora caerulea* as a rootstock tolerant to certain fungal pathogens. **Journal of Horticultural Science**, v. 66, p. 725-729, 1991.

GRISI, B.M. Biomassa e a atividade de microrganismos do solo: Revisão metodológica. *R. Nordestina Biol.*, 10:1-22, 1995.

GRÜNWARD, N. J.; HU, S.; VAN BRUGGEN, A. H. C. Short-term cover crop decomposition in organic and conventional soils: characterization of soil C, N, microbial and plant pathogen dynamics. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 106, n. 1, p. 37-50, 2000.

HANSEN A.K.; GILBERT, L.E.; SIMPSON, B.B.; DOWNIE, S.R.; CERVI, A.C. & JANSEN, R.K. 2006. Phylogenetic relationships and chromosome number evolution in *Passiflora*. **Systematic Botany**, 31: 138-150.

HENKLAIN, J.C.; VIEIRA, M.J.; OLIVEIRA, E.L. Resistência do solo pelo efeito dos métodos de preparo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Solo - Suelo**. Piracicaba: ESALQ, 1996.

HOITINK, H. A. J.; FAHY, P. C. Basis for the control of soilborne plant pathogens with compost. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 24, p. 93-114, 1986.

HOPKINS, D.L.; LARKIN, R.P.; ELMSTROM, G.W. Cultivar-specific induction of soil suppressiveness to Fusarium-wilt of watermelon. **Phytopathology**, St. Paul, v.77, n.4, p.607-611, 1987.

HORNBY, D. Supressive soils. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 21, p. 65-85, 1983.

HORWARTH, W.R.; PREGITZER, K.S. & PAUL, E.A. C14 allocation in tree-soil systems. **Tree Physiology**, v. 14, p. 1163-1176, 1994.

HUANG, J. W.; KUHLMAN, E. G. Mechanisms inhibiting damping-off pathogens of slash pine seedlings with a formulation soil amendment. **Phytopathology**, St. Paul, v. 81, n. 3, p. 171-177, 1991.

HUNGRIA, M., et al. Soil microbial activity and crop sustainability in a longterm experimete with three soil-tillage and two croprotation systems. **Applied Soil Ecology**, v.42, p.288-296, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Culturas temporárias e permanentes. Produção Agrícola Municipal, 2013.

JANVIER, C., VILLENEUVE, F., ALABOUVETTE, C., EDEL-HERMANN, V., MATEILLE, T., STEINBERG, C., Soil health through soil disease suppression: which strategy from descriptors to indicators? **Soil Biology and Biochemistry**, Australia, v. 39, p. 1-23. 2007.

JENKINSON, D. S. & RAYNER, J. H. The turnover of organic matter in some of the Rothamsted Classical Experiments. **Soil Science**, v. 123, p. 298-305, 1977.

JENKINSON, D.S. & LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A. & LADD, J. N. (Eds.) **Soil Biochemistry**, v. 5, p. 415-471, 1981.

KIRKEGAARD, J.A., GARDNER, P.A., ANGUS, J.F., and KOETZ, E. Effect of *Brassica* Break Crops on the Growth and Yield of Wheat.. **Aust. J. Agric. Res.**,45: 529-545, 1994.

KOUNO, K.; WU, J.; BROOKS, P.C. Turnover of biomass C and P in soil following incorporation of glucose or ryegrass. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, n.5, p.617-622, 2002.

LARKIN, R.P.; HOPKINS, D.L.; MARTIN, F.N. Ecology of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* in soils suppressive and conducive to fusarium-wilt of watermelon. **Phytopathology**, St. Paul, v.83, n.10, p.1105-1116, 1993.

LAZAROVITZ, G. Management of soil-borne plant pathogens with organic soil amendments: a disease control strategy salvaged from the past. **Canadian Journal of Plant Pathology**. v, 13, n. 3, p. 238-243, 2002.

LEITÃO FILHO, H. F.; ARANHA, C. Botânica do maracujazeiro. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DO MARACUJÁ, 1, 1971, Campinas. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1974. p. 13.

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

LIBERATO, J. R.; COSTA, H. Doenças fúngicas, bacterianas e fitonematóides. In: BRUCKNER, C.H.; PICANÇO, M. (Ed.). **Maracujá**. Tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p.243-276.

LIDDELL, C. M. Abiotic factors and soilborne diseases. In: HILLOCKS, R. J.; WALLER, J. M. (Eds.). **Soilborne diseases of tropical crops**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 365-376.

LOPES, P.S.N. **Propagação sexuada do maracujazeiro azedo em tubetes: efeito da adubação nitrogenada e substratos**. 1996. 52f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

LUNDEGARDH, A. Carbon dioxide production from soil and crop growth. **Soil Science** v. 23, p. 417-453, 1927.

MACDONALD, J. D. The soil environment. In: CAMPBELL, C. L.; BENSON, D. M. (Eds.). **Epidemiology and management of root diseases**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1994. p. 82-115.

MACHADO, A. M.; MICHEREFF, S. J.; LARANJEIRA, D.; DUDA, G. P., NASCIMENTO, C. W. A., NASCIMENTO, R. S. M. P.; RODRIGUES, J. J. V. Caracterização de solos do Agreste de Pernambuco quanto a supressividade à murcha-de-fusário do tomateiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 2, p. 271, 2004.

MADER, P. et. al. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**, 296 (5573): 1694-1697, 2002.

MANDELBAUM, R., HADAR, Y. Effects of available carbon source on microbial activity and suppression of *Pythium aphanidermatum* in compost and peat container media. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 80, p. 794-804. 1990.

MANICA, I. **Fruticultura Tropical 1: Maracujá**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1981. 151p.

MASUDA, Y. Doenças do maracujazeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ, 3., Campinas, 1974. **Anais**. Campinas: CATI, 1974. p. 1-10.

McKNIGHT, T. A wilt disease of the passion vine (*Passiflora edulis*) caused by a species of *Fusarium*. Queensland **Journal of Agricultural Society**, v. 8, p. 1-4, 1951.

MELETTI, L.M. **Propagação de frutíferas tropicais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 239p.

MELETTI, L.M.M. **Maracujá: Produção e comercialização em São Paulo**. Boletim Técnico. Instituto Agronômico de Campinas, n.158, 1996, 26p.

MELETTI, L.M.M.; BRÜCKNER, C.H. Melhoramento Genético. In: BRÜCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 345-385.

MENZEL, C.M., SIMPSON, D.R. Passion-fruit. In: Schaffer, B; Andersen, P. (Ed) Handbook of environmental physiology of fruit crops. Boca Raton: CRC Press, v.2: Sub-tropical Crops, 1994. p.225-241.

MOREIRA, A., MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, 1103-1110, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Ecologia do Solo. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. (Ed.). Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA, 2002. p. 81 - 152.

NAKAMURA, K. Murcha e morte do maracujazeiro. In: RUGGIERO. C. (Ed.). **Cultura do maracujazeiro**. Jaboticabal: FCAV, 1980. p. 103-104.

NEGREIROS, J.R. da S. **Seleção combinada, massal e entre e dentro, análise de trilha e repetibilidade em progênies de meios-irmãos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *fl avicarpa*)**. 2006. 128p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NELSON, P. E. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: MACE, M. BELL, A. A.; BECKMAN, C. H. (Eds.). **Fungal wilt diseases of plants**. New York: Academic Press, 1981. p. 51-80.

NELSON, P.E.; TOUSSOUN, T.A.; MARASAS, W.F.O. *Fusarium* species: An illustrated manual for identification. New York: **The Pennsylvania State University Press**, 1983. 193p.

NITTA, T. (1991). Diversity of root fungal floras: its implications for soil-borne diseases and crop growth. **Japan Agricultural Research Quarterly**. Retrieved from <http://web02.affrc.go.jp/english/publication/jarq/25-1/25-1-006-011.pdf>

NUNES, T.S. & QUEIROZ, L.P. de 2006. Flora da Bahia: Passifloraceae. **Sitientibus** 6(3): 194-226.

OLIVEIRA, J.C. Melhoramento genético do maracujazeiro. In: RUGGIERO, C (ED). **A cultura do maracujá**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 1987. Cap.23, p.218-246.

PALTI J., 1981. Cultural Practices and Infections Crop Diseases. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

PATRICK, Z. A.; TOUSSON, T. A. Plant residues and organic amendments in relation to biological control. In: BAKER, K.; SNYDER, W. C. (Eds.). **Ecology of soil-borne plant pathogens**. Berkeley: University of California, 1965. p. 440-452.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. (Eds.) **Soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1996. 340 p.

PONCIANO, N.J.; SOUZA, P.M.; GOLYNSKI, A. Avaliação econômica da produção de maracujá (*Passiflora edulis Sims* f.) na região Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Economia e Desenvolvimento**, v.18, n.1, p.16- 32, 2006.

POSTMA. J. et al. Soil suppressiveness and functional diversity of the soil microflora in organic farming systems. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 40, n. 2, p. 2394–2406, 2008.

POWLSON, D. S.; BROOKE, P. C.; CHRISTENSEN, B. T., 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biol. Biochem.** 19, 159–164.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v.19, n.2, p.159-164, 1987.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; HOFFMANN, L. L. Controle cultural de doenças radiculares. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE – Imprensa Universitária, 2005. p. 279-301..

RIZZI, L.C.; RABELLO, L. A.; MOROZINI FILHO, W.,; SAVASAKI, E. T.; KAVATI, R. Cultura do maracujá azedo. Campinas: **Coordenadoria de Assistência Técnica Integral**, SAA, 1998. 23p. (Boletim Técnico, 235).

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; CALVET, C. Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origem edáfico. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.129-138, 1994.

RONCATTO, G.; OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C.; FILHO, G. C. N.; CENTURION, M. A. P. C.; FERREIRA, F. R. Comportamento de maracujazeiros (*Passiflora* spp.) quanto à morte prematura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 552-554. Jaboticabal – SP. Dezembro, 2004.

ROS, M.; HERNANDEZ, M. T.; GARCIA, C.; BERNAL, A.; PASCUAL, J. A. Biopesticide effect of green compost against fusarium wilt on melon plants. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 98, n. 4, p. 845-854, 2005.

ROSSI CE. 2002. Adubação verde no controle de nematóides. **Agroecologia Hoje** 2: 26-27

ROSSI, C.E. Métodos de controle de nematoides compatíveis com a agricultura orgânica. **Agroecologia**, n.7, p. 20-21, 2001.

RUGGIERO, C.; DURII, J. F.; GOES, A. de; et al. In: RUGGIERO, C. (Ed). Maracujá – do plantio a colheita. Jaboticabal: FCAV: SBF. 1998. 388 p.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A.R.; VOLPE, C.A.; OLIVEIRA, J.C.; DURIGAN, J.F.; BAUMGARTNER, J.G.; SILVA, J.R.; NAKARUMA, K.; FERREIRA, M.E., KAVATI, R., PEREIRA, A.V.A.P. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção Brasília: Embrapa-SPI, 1996. p.84-90. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 19).

SANTOS FILHO, H.P.; CHIACCHIO, F.P.B. Leprose dos Citros. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1998. 2P. (EMBRAPA-CNPMPF.Citros em Foco, 9) com um fungicida sistêmico do grupo dos triazois, repetindo três vezes a cada 20 dias.

SCHER, F.M.; BAKER, R. Mechanism of biological control in a fusarium- suppressive soil. **Phytopathology**, St. Paul, v.70, n.4, p.412-417, 1980.

SCHLESINGER, W.H. & ANDREWS, J.A. 2000 Soil respiration and the carbon cycle. **Biogeochemistry**, v. 48, p. 7-20, 2000.

SCHOENMAKER, I. A. S.; GHINI, R. Biofumigação do solo para o controle de *Pythium* spp. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 308-309, 2001.

SCHULTEN, H.; HEMPFLING, R. Influence of agricultural soil mariagement on humus coniposition and dynamies: classical and modern analytical techniques. **Plant and Soil**, v.142, p.259-271, 1992.

SILVA, A. C. da; SÃO JOSÉ, A.R. Classificação botânica do maracujazeiro. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.). **Maracujá, produção e mercado**, Vitória da Conquista - BA: UESB,1994. p.178-183.255p.

SILVA, EDMILSON EVANGELISTA et al. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2). Seropédica-RJ: **Comunicado Técnico Embrapa**, 2007.

SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. *Biotecnologia do solo – Fundamentos e Perspectivas*. Brasília. Ministério da Educação – ABEAS, ESAL/FAEPE. 1988.

SOUSA, J. S. I.; MELETTI, L. M. M. **Maracujá**: espécies, variedades, cultivo. Piracicaba: FEALQ, 1997. 179p.

SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa: UFV, 2002. 72 p. (UFV. Cadernos Didáticos, 96).

SPARLING, G. P. **Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health**. In: PANKHURST, C; Doube, B. M; Gupta, V. V. S. R. Ed(s). *Biological indicators of soil health*. Cambridge: CAB International, 1997. p. 97-120.

STONE, A. G.; SCHEUERELL, S. J.; DARBY, H. M. Suppression of soilborne diseases in field agricultural systems: organic matter management, cover cropping, and other cultural practices. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (Eds.). **Soil organic matter in sustainable agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 132-164.

STOVER, R. H. The use of organic amendments and green manures in the control of soil-borne plant pathogens. **Recent Progress in Microbiology**, London, v. 8, p. 267-275, 1962.

SUMNER, D. R.; DOUPNIK, B. Jr.; BOOSALIS, M. G. Effects of reduced tillage and multiple cropping on plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 19, p. 167–187, 1981.

TEIXEIRA, C. G. I. “Maracujá”. In: Instituto de Tecnologia de alimentos. **Maracujá**. 2a ed. Campinas: ITAL, P. 1-142. (Série Frutas Tropicais, 9), 1994.

TERMORSHUIZEN AJ, VAN RIJN E, VAN DER GAAG DJ, ALABOUVETTE C, LAGERLOF JF, MALANDRAKIS AA, *et al.* Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. **Soil Biol Biochem**. 2006;38(8):2461–2477. Doi: 10.1016/j.soilbio.2006.03.002

TERMORSHUIZEN, A.J.; VAN RIJN, E.; VAN DER GAAG, D.J.; ALABOUVETTE, C.; CHEN, Y.; LAGERLOF, J.; MALANDRAKIS, A.A.; PAPLOMATAS, E.J.; RAMERT, B.; RYCKEBOER, J.; STEINBERG, C.; ZMORA-NAHUM, S. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 38, p. 2461-2477, 2006.

TOYOTA, K.; YAMAMOTO, K.; KIMURA, M. Mechanisms of suppression of *Fusarium oxysporum* f.sp. *raphani* in soils so-called suppressive to *Fusarium*-wilt of radish. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.40, n.3, p.373-380, 1994.

VAN BRUGGEN, A.H.C.; SEMENOV, A.M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, n. 15, p. 13-24, 2000.

VANDERPLANK, J. *Passion flowers*. Massachusetts: MIT Press, 1996. 224p.

VIANA, F.M.P.; SOUZA, N.L. Controle do tombamento de plântulas de feijoeiro causado por *Sclerotinia sclerotiorum* com a incorporação de matéria orgânica ao substrato. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.26, n.1. p. 94-97, 2000. Wallingford: CABI Publishing, 2006. p. 3-14.

WARDLE, D.A. & GHANI, A. A critique of the microbial metabolic quotient (qCO_2) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, p. 1601-1610, 1995.

WELLER, D. M. et al. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 40, p. 309-348, 2002.

WHIPPS, J. M. (1997), Developments in the biological control of soil-borne plant pathogens. **Adv. Botan. Res.**, 26, 1–134.

WORKNEH, F., & VAN BRUGGEN, A.H.C. (1994). Microbial density, composition, and diversity in organically and conventionally managed rhizosphere soil in relation to suppression of corky root of tomatoes. **Applied Soil Ecology** 1, 219-230.

ZAMBERLAN, J.; FRONCHETI, A. **Agricultura ecológica**: preservação do pequeno agricultor e do meio ambiente. Rio de Janeiro: 2002, 214 p.

ZAMBOLIM, L., SANTOS M.A., BECKER, W.F. & CHAVES, G.M. Agro-waste soil amendments for the control of *Meloidogyne javanica* on tomato. **Fitopatologia Brasileira** 21:250-253. 1996.

CAPÍTULO 1

FATORES BIÓTICOS DE RISCO À INCIDÊNCIA DA FUSARIOSE DO MARACUJAZEIRO

Artigo a ser submetido a Revista Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT)

Fatores Bióticos de Risco à Incidência da Fusariose do Maracujazeiro

Resumo

No Estado da Bahia, o rendimento da cultura do maracujá tem sido limitado pela ocorrência da murcha-de-fusário, causada por *Fusarium oxysporum* f.sp *passiflora*, que reduz drasticamente a vida dos pomares. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a relação de riscos entre os fatores bióticos e a incidência de fusariose do maracujá amarelo em polos de produção no estado da Bahia. 50 áreas com a ocorrência da doença foram amostradas, utilizando-se dois tipos de amostragem para as coletas de solo; 21 amostras não pareadas e 29 pareadas (coletada de plantas assintomáticas e coletada de plantas sintomáticas) na profundidade de 0-20 cm, provenientes dos municípios de Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio, Rio de Contas e Brumado. Foram realizadas análises do carbono da biomassa microbiana (C-BMS), respiração basal do solo (C-CO₂), matéria orgânica (MO) e coeficiente metabólico $q\text{CO}_2$. As médias das 21 amostras não pareadas foram correlacionadas com a incidência da doença em plantas. Nenhuma correlação foi significativa ($p>0,15$). A análise de componentes principais mostrou que as variáveis mais associadas à variância dos dados foram C-BMS, $q\text{CO}_2$ e C-CO₂. Por meio da análise de correlação canônica, observou-se que a correlação entre os dois grupos de variáveis (incidência em plantas com C-BMS, C-CO₂ e $q\text{CO}_2$) explicariam apenas ~19% da variação dos dados. A análise discriminante com aquelas variáveis não foi capaz de discriminar áreas com maior e menor incidência da fusariose. Para as amostras pareadas, nenhuma das variáveis apresentou diferenças significativas entre os grupos pelo teste de Mann-Whitney ($P=0,05$).

Palavras-chave: bioindicadores; *Fusarium oxysporum* f.sp *passiflora*; maracujá

Identifying Biotic Risk Factors to the Incidence of Fusarium Wilt of Passionfruit

Abstract

In the state of Bahia, the yield of the passion fruit crop has been limited by the occurrence of Fusarium wilt, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*, which

27 drastically reduces the life of the orchards. This study aimed to assess the risk relationship
28 between biotic factors and the incidence of *Fusarium* wilt in yellow passion fruit orchards.
29 Fifty areas were sampled using two types of sampling for the collections, 21 unpaired samples
30 and 29 paired (asymptomatic v. symptomatic plants) at a depth of 0-20 cm. Microbial biomass
31 (C-BMS), basal soil respiration (C-CO₂), organic matter (MO) and metabolic ratio were
32 determined. No significant correlation was found between those variables and the proportion
33 of symptomatic plants ($P > 0.15$). The principal component analysis showed that C-BMS,
34 $q\text{CO}_2$ and C-CO₂. Were the variables contributing the most to data's variance. A canonical
35 correlation analysis showed that together, C-BMS, C-CO₂ and $q\text{CO}_2$ could explain only ~
36 19% of the data variation. The discriminant analysis with those variables was not able to
37 discriminate areas with higher and lower incidence of *Fusarium* wilt. Samples collected from
38 symptomatic and asymptomatic plants could not be distinguished by using any of the
39 variables (Mann-Whitney test $p > 0.05$).

40 Keywords: bioindicators; *Fusarium oxysporum* f.sp *passiflora*; passion fruit

41 Introdução

42 A Bahia é o maior produtor de maracujá do Nordeste e do Brasil, responsável por
43 42,4% da produção brasileira (IBGE 2013). A produtividade dessa cultura pode ser
44 drasticamente afetada pela fusariose ou murcha do maracujá, causada pelo fungo *Fusarium*
45 *oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP) (McKnight 1951), que é considerada uma das principais
46 doenças do maracujá amarelo. Esse fungo ocorre em várias regiões produtoras do Brasil,
47 afetando a produtividade da cultura (Liberato & Costa 2001), e reduzindo de forma
48 significativa a vida útil dos pomares.

49 O controle da fusariose do maracujá é muito difícil devido às características do
50 patógeno, destacando-se sua alta capacidade de sobrevivência no solo na ausência da planta
51 hospedeira, na forma de clamidósporo. O crescimento e a sobrevivência de *F. oxysporum* são
52 muito influenciados pelas características físicas, químicas e biológicas do solo, que pode

53 acelerar ou reduzir o desenvolvimento da doença, alterando a viabilidade do inóculo, embora
54 o patógeno possa sobreviver em condições adversas, incluindo regiões secas e com altas
55 temperaturas (Nelson 1981).

56 Não existem estudos sobre a influência das características biológicas do solo na
57 sobrevivência de FOP em campo ou em laboratório. Considerando que as alterações nos
58 atributos biológicos são relevantes na avaliação da qualidade do solo, a maioria dos estudos
59 tem sido sobre o efeito de sistemas de manejo em áreas agrícolas ou áreas biodegradadas. São
60 poucos os trabalhos relacionando os fatores bióticos com a presença de patógenos de solos em
61 áreas agrícolas.

62 Apesar das evidências de que esses fatores exercem papéis importantes no ciclo de
63 vida dos patógenos habitantes do solo, não se conhece nada em relação a FOP. A
64 identificação de fatores de riscos, bióticos ou abióticos, poderá auxiliar na seleção de áreas de
65 plantio e também indicar rumos para pesquisas relacionadas ao ciclo de vida desse
66 patossistema, contribuindo para a definição de medidas preventivas no controle da doença. O
67 conhecimento prévio da qualidade do solo pode contribuir para entender as relações que
68 levam a supressão de doenças vinculadas a patógenos de solo.

69 Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo verificar, por meio das análises
70 dos bioindicadores, se fatores bióticos estariam correlacionados com a incidência da fusariose
71 nas principais regiões produtoras de maracujá da Bahia.

72 Material e Métodos

73 Coleta dos solos

74 Para coleta das amostras de solo, foram selecionadas 50 áreas localizadas nos
75 municípios de Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio, Rio de Contas e Brumado
76 (Itaquaraí), no Estado da Bahia. As amostras foram coletadas de áreas com plantio de
77 maracujá amarelo, nos meses de agosto a novembro de 2014, em pomares em final de ciclo.

78 Realizaram-se dois tipos de amostragem de solo, 21 amostras não pareadas e 29 pareadas. Os
79 motivos pelos quais utilizaram-se duas metodologias foram: 1) A grande maioria das áreas
80 visitadas apresentavam murcha causada pela fusariose (um padrão não esperado antes de
81 começar as coletas nas áreas, pois só assim poderia determinar os fatores bióticos que
82 distingam áreas de risco de ocorrência da fusariose); 2) O resultado da análise de correlação
83 linear das 21 amostras não ter apresentado altas correlações. Assim, quando coletaram-se
84 amostras sob plantas assintomáticas (cpa) e amostras sob plantas sintomáticas (cps)
85 (pareadas), limitou-se a variação dos dados - fundamentalmente - ao fator doença, pois,
86 quando colocadas em microescalas, os erros associados a outros fatores são minimizados.

87 Não pareadas

88 Dos 50 pomares amostrados, 21 áreas foram selecionadas para coleta de uma amostra
89 composta (cinco sub-amostras) por área, nas proximidades das plantas com auxílio de um
90 trado holandês na profundidade de 0-20 cm.

91 Pareadas

92 Em cada um dos 29 pomares, foram escolhidas duas plantas, uma planta sintomática
93 (cps) e uma assintomática (cpa), vizinhas, totalizando 58 amostras para coletas pareadas.

94 Todas as amostras foram armazenadas imediatamente em caixa de isopor, sendo
95 mantidas o máximo das condições em que foram coletadas até sua chegada ao laboratório,
96 onde foram preparadas, procedendo as análises em até três dias ou armazenadas em geladeira
97 a 4°C.

98 Incidência em plantas e covas em áreas com fusariose

99 A determinação da incidência de plantas e covas foi a partir da observação de todo o
100 pomar. O pomar era percorrido anotando-se tanto plantas sintomáticas como assintomáticas.
101 As plantas sintomáticas eram marcadas se apresentassem o sintoma típico causado pelo
102 patógeno como: a murcha verde da planta e descoloração dos vasos. Em caso de descoloração

103 ferruginosa dos vasos, fragmentos do caule eram levados para o Laboratório de Fitopatologia
104 da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas - Bahia. Os dados de
105 incidência de plantas e covas foram expressos em percentagem.

106 As análises dos indicadores microbiológicos foram realizadas no Laboratório de
107 Microbiologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas - Bahia.
108 Para as análises dos bioindicadores as amostras permaneceram com as características trazidas
109 de campo, para melhor representação biológica.

110 Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS). Amostras de 20 g de solo foram
111 levadas para secar em estufa a temperatura de 100°C por 24 h, em duas repetições. Avaliou-se
112 o C-BMS pelo método descrito por Vance et al. (1987), associado ao método de determinação
113 de carbono por colorimetria (Bartlett & Ross 1988).

114 Respiração Basal do Solo (C-CO₂). Avaliou-se a atividade microbiana do solo (C-
115 CO₂), das diferentes áreas de coleta pelo método descrito por Anderson & Ingram (1993). A
116 umidade das amostras incubadas foi mantida igual à do campo.

117 Quociente metabólico ($q\text{CO}_2$). O ($q\text{CO}_2$) foi calculado pela razão entre a taxa de C-
118 CO₂ e o C-BMS (Anderson; Domsch 1993), expresso em mg C-CO₂ mg Cmic⁻¹ h⁻¹, conforme
119 a fórmula a seguir: $q\text{CO}_2 = \text{C-CO}_2/\text{C-BMS}$.

120 Determinação da Matéria Orgânica (MO). As amostras de solo para análise de matéria
121 orgânica (MO) foram homogeneizadas e passadas em peneira de 4 mm. A determinação da
122 matéria orgânica foi com dicromato de potássio por colorimetria, pelo método descrito por
123 Anderson & Ingran (1996). Os dados foram expressos em g kg⁻¹.

124 Análise estatística para os dados não pareados: os dados foram submetidos à análise
125 exploratória dos dados, por meio do cálculo das seguintes estatísticas descritivas: mínimo,

126 máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação. Calcularam-se os coeficientes de
127 correlação de Spearman entre a incidência da doença em plantas e covas, e as variáveis
128 biológicas dos solos.

129 Admitindo a possibilidade de relações mais complexas entre as variáveis, procedeu-se
130 também a análise de componentes principais (Legendre & Legendre 2003). A análise de
131 componentes principais consiste, basicamente, em resumir um conjunto grande de medidas,
132 em poucos componentes principais, que podem informar a maior parte da variabilidade da
133 amostra. A seleção dos fatores - componentes principais - foi feita de modo que a soma da
134 variância explicada pelos fatores correspondesse a um mínimo de 80% da variância total dos
135 dados.

136 Foram também utilizadas técnicas de análise de correlação canônica e análise
137 discriminante. Para avaliar a relação entre as variáveis, procedeu-se a análise de correlação
138 canônica, relacionando-se a incidência de plantas (INCP) com as variáveis C-BMS, C-CO₂ e
139 qCO₂. Por meio desta análise permite-se investigar a relação entre dois conjuntos de
140 variáveis.

141 As funções discriminantes são combinações de variáveis que melhor discriminam dois
142 ou mais grupos que ocorram naturalmente. Portanto, a análise discriminante é uma técnica
143 confirmatória. Sendo assim, em função da variação dos valores encontrados, subdividiram-se
144 os pomares em dois grupos de acordo com sua incidência, adotando-se o critério: grupo 1:
145 baixo <5% e grupo 2: alto >5%, com intuito de se determinar os bioindicadores que estão
146 relacionados com maior ou menor ocorrência da doença.

147 Análise estatística para os dados pareados: na análise dos dados obtidos das amostras
148 pareadas (cpa e cps), primeiramente utilizou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilks (Teste
149 W) considerando o nível de 5% de probabilidade.

150 Posteriormente, os dados foram submetidos ao teste de Mann-Whitney U a 5% de
151 probabilidade (Conover 1980). Esse teste não-paramétrico foi utilizado para comparar as duas

152 amostras independentes, avaliando-se a existência de diferenças entre os grupos (cpa e cps)
 153 para cada variável analisada. Todas as análises estatísticas foram feitas com o programa
 154 estatístico STATISTICA 7.0.

155 Resultado e Discussões

156 Dados não pareados

157 Em todas as análises, os resultados para incidência em plantas e covas foram
 158 rigorosamente os mesmos. Por esse motivo, serão apresentados e discutidos apenas os
 159 referentes à incidência em plantas.

160 Tabela 1. Estatísticas descritivas para as variáveis incidência em plantas, em % (INCP);
 161 biomassa microbiana, em mg/kg (C-BMS); respiração microbiana, em mg/kg (C-CO₂);
 162 coeficiente metabólico, em mg C-CO₂ mg Cmic⁻¹ h⁻¹(qCO₂); matéria orgânica, em g/kg (M.O).

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
INCP	0,0	100,0	25,6	36,0	140,3
C-BMS	12,3	222,0	66,0	44,2	66,9
C-CO ₂	0,2	1,3	0,5	0,2	44,3
qCO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	50,7
M.O	7,0	25,0	12,7	5,2	41,2

163 Os valores de carbono da biomassa microbiana (C-BMS) variaram entre 12,3 e 222,0
 164 mg kg⁻¹ de solo, sendo que a maioria dos solos apresentaram teores de C-BMS inferiores a
 165 100,0 mg kg⁻¹ (Tabela 1). Devido à ausência de correlações significativas com os níveis de
 166 incidência da fusariose do maracujá, a biomassa microbiana dos solos das principais regiões
 167 produção da Bahia (Tabela 2) não serviu como indicadora de supressividade à doença,
 168 assemelhando-se ao verificado por Machado et al. (2003) para murcha de fusário do
 169 tomateiro. Os resultados concordam com os de Van Bruggen e Semenov (2000) em outros
 170 patossistemas.
 171

172 Tabela 2. Estatística de correlação de Spearman entre a incidência em plantas e as variáveis
 173 biológicas dos solos de diferentes municípios baianos.

Variáveis	Correlação de Spearman
C-BMS	-0,02 ^{ns}
C-CO ₂	-0,00 ^{ns}

$q\text{CO}_2$	0,10 ^{ns}
M.O	0,06 ^{ns}

174 Valores ^{ns} não significativo a 15%, de acordo com o teste P.

175 Os teores da respiração microbiana (C-CO₂) nos solos variaram de 0,24 a 1,26 mg kg⁻¹
 176 h⁻¹, estando a maior parte com valores menores que 1,00 mg kg⁻¹ h⁻¹. Os resultados de C-CO₂
 177 obtidos no presente trabalho são, em geral, inferiores aos apresentados por Silva et al. (2009)
 178 em áreas de Organossolos preservadas, com valores entre 27,69 e 61,43 mg de C-CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.
 179 Nas áreas estudadas, os solos devem encontrar-se com baixa atividade metabólica, o que
 180 implicaria em um ambiente com populações com pouca atividade antagônica ao patógeno em
 181 estudo. Dentre os fatores que influenciam a sobrevivência de espécies de *Fusarium*
 182 *oxysporum* no solo, destaca-se a microbiota antagonista associada à rizosfera (Scher & Baker
 183 1980; Hopkins et al. 1987; Freitas & Pizzinato 1991; Larkin et al. 1993; Toyota et al. 1994).
 184 De acordo com Silva et al. (2007), a interpretação dos dados de respiração deve ser cautelosa,
 185 uma vez que o incremento na atividade respiratória pode ser desencadeado, tanto pela alta
 186 produtividade de um determinado ecossistema, quanto pelo estresse advindo de distúrbios
 187 ambientais. A falta de influência do C-CO₂ dos solos em estudo na incidência da murcha-de-
 188 fusário do maracujazeiro (Tabela 2) diverge do constatado em estudos envolvendo doença
 189 causada por *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, nos quais verificou-se correlação positiva
 190 entre a severidade da murcha-do-fusário do caupi e C-CO₂ evoluído (Andrión 2009). O autor
 191 relaciona a correlação positiva entre severidade e a murcha-de-fusarium do caupi a fatores que
 192 não foram detectados pelas análises realizadas.

193 Como os valores da respiração microbiana encontrados nas áreas foram baixos, isso
 194 pode estar favorecendo a fase de reprodução do patógeno. Baixa atividade metabólica nos
 195 solos pela microbiota, em geral, presente na rizosfera, tende a deixar o ambiente menos
 196 competitivo. Também pode, até mesmo, inibir interações de alguns micro-organismos

197 antagonistas ao fitopatógeno, beneficiando assim, o aumento da quantidade de inóculo inicial
198 nas áreas, e, conseqüentemente, levando o patógeno a completar seu ciclo de vida.

199 Os valores do qCO_2 , tanto mínimo e máximo, foram baixos (0,00 a 0,02 mg C-CO₂ mg
200 Cmic⁻¹ h⁻¹), não evidenciado correlação com a incidência da fusariose do maracujazeiro nas
201 regiões de coleta (Tabela 2). Para Insam & Domsch (1988), a respiração microbiana por
202 unidade de biomassa microbiana diminui em sistemas mais estáveis. Por outro lado, a
203 incorporação de resíduos de culturas ao solo aumenta o qCO_2 (Ocio & Brookes 1990).
204 Portanto, valores baixos de qCO_2 encontrados neste trabalho, poderiam ser atribuídos a
205 pomares com baixa incorporação de resíduos vegetais pelos produtores, levando a uma baixa
206 atividade metabólica pelos micro-organismos das áreas. Isso diminuiria a relação entre eles e
207 uma eventual capacidade supressiva dos solos. O restabelecimento da atividade microbiana
208 depende da adição desses resíduos, criando um ambiente mais competitivo com intuito de
209 reduzir o potencial de inóculo.

210 Os teores de matéria orgânica (MO) nos solos variaram de 7 a 25 g kg⁻¹, com
211 predominância de valores menores que 20 g kg⁻¹. Nenhuma correlação foi obtida entre o teor
212 de matéria orgânica no solo e a incidência da doença (Tabela 2). Porém, não se pode descartar
213 a importância da fração orgânica para o aumento da doença. Solos com maior teor de matéria
214 orgânica foram supressivos a *Fusarium roseum* f. sp. *cerealis*, que causa podridão das raízes
215 do trigo (Papandick & Cook 1974).

216 Apesar da importância da MO para a atividade microbiológica do solo, a incorporação
217 de MO é prática pouco adotada pelos produtores nas áreas estudadas. Das 21 áreas visitadas,
218 apenas 29% dos produtores utilizavam esterco de gado e 71% não utilizavam nenhum tipo de
219 MO. Os compostos orgânicos podem influenciar indiretamente os fitopatógenos, favorecendo
220 o aumento da população dos antagonistas (Gamliel & Stapleton 1993). Na literatura há

221 registro que o uso de substrato orgânico no solo, como resíduos de esterco de gado, tornou o
222 solo supressivo à murcha de *Fusarium* (Kannangara et al. 2004). A explicação seria a de que
223 esse substrato é rico em frações de carbono lábil, fonte de energia para os micro-organismos.
224 A microbiota favoreceria o desenvolvimento das plantas, deixando-as menos predispostas ao
225 ataque de patógenos habitantes do solo.

226 Os valores do coeficiente de variação (CV) para C-BMS foram mais altos (66,9%)
227 quando comparados com CV de $q\text{CO}_2$, C-CO₂ e M.O (Tabela 1). Isso indica elevada variação
228 dos teores de biomassa microbiana nos solos dos pomares amostrados.

229 A análise de componentes principais (CP) revelou que dois componentes principais
230 (CP1 e CP2) responderiam por 94,2% da variância total dos dados para a incidência da
231 fusariose nas áreas estudadas (Figura 4). As variáveis que mais contribuíram para CP1 (54,4%
232 da variância total), foram C-BMS e o $q\text{CO}_2$ (55,7% e 35,6% do total de CP1,
233 respectivamente). No CP2, associado a 39,8% da variância total, as que mais contribuíram
234 foram C-CO₂ e o $q\text{CO}_2$ com 68,7% e 30,0%, respectivamente (Tabela 3).

235 A análise de correlação canônica, mostrou uma correlação de 19% entre os dois
236 grupos de variáveis (incidência de plantas x [C-BMS, C-CO₂ e $q\text{CO}_2$]). Isoladamente, $q\text{CO}_2$,
237 explica 11,04% da variação dos dados para incidência em plantas. O $q\text{CO}_2$ tem sido utilizado
238 como um indicador biológico do equilíbrio do solo, uma vez que à medida que a biomassa
239 microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é liberado como CO₂ pela respiração e
240 uma proporção de carbono é incorporada à biomassa microbiana (Anderson & Domsch 1990).
241 Assim, alta biomassa microbiana, atividade e diversidade em solos naturais ou agrícolas, têm
242 sido associados com a supressão de doenças de plantas com origem no solo (Nitta 1991;
243 Workneh & Van Bruggen 1994; Mader et al. 2002).

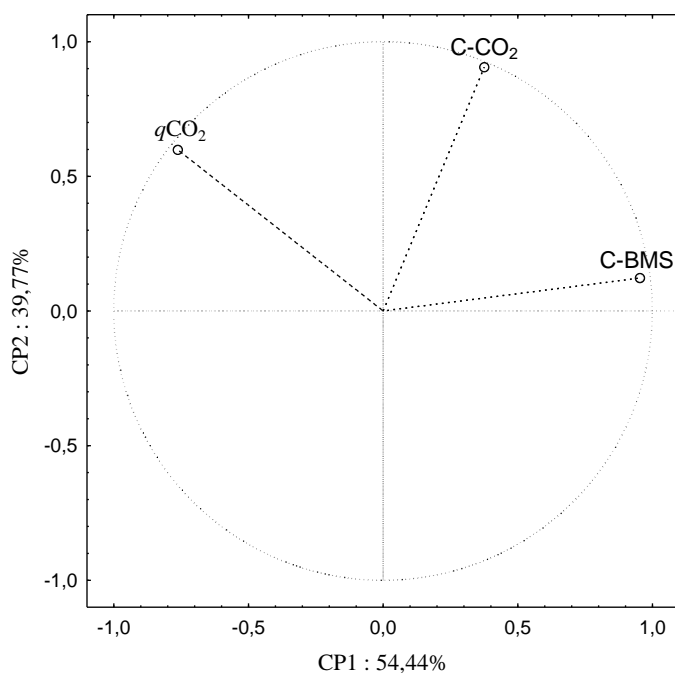
244 Apesar das correlações terem sido baixas, os atributos biológicos não podem ser
 245 descartados de estudos do ciclo das relações patógeno-hospedeiro nesse patossistema. É
 246 possível que sejam fatores em apenas uma ou duas fases do ciclo e isso deve ser investigado
 247 com mais detalhes.

248 Tabela 3. Contribuição das variáveis microbiológicas (%) em cada componente principal dos
 249 solos originados de diferentes municípios baianos para avaliação da análise de risco a
 250 fusariose do maracujá amarelo.

Variáveis	CP 1	CP 2
C-BMS	55,73	01,25
$q\text{CO}_2$	35,63	30,04
C-CO ₂	08,63	68,70

251 CP = componentes principais, C-BMS = Carbono da biomassa microbiana do solo, $q\text{CO}_2$ =
 252 coeficiente metabólico e C-CO₂ = respiração basal do solo.

253
 254



255
 256 Figura 4. Círculo de correlação da análise de componentes principais para as variáveis C-
 257 BMS, C-CO₂ e $q\text{CO}_2$ que mais contribuíram para variação total dos dados, para ocorrência da
 258 fusariose nos principais municípios produtores de maracujá.

259
 260 A análise discriminante foi realizada a partir das três variáveis da análise canônica que
 261 mais explicaram a incidência em plantas. Nenhuma das variáveis foi significativa (Tabela 4).

262 Ou seja, elas não são úteis para discriminar áreas de riscos com maior e menor incidência de
 263 fusariose do maracujá.

264 Tabela 4. Estatísticas de Wilks' Lambda e probabilidade associados às variáveis utilizadas na
 265 análise discriminante de incidência de fusariose, em solos oriundos de diferentes pomares de
 266 maracujá amarelo baianos para fatores de riscos a doença.

Variáveis	Wilks' Lambda	Probabilidade
C-CO ₂	0,97 ^{ns}	0,51 ^{ns}
C-BMS	0,97 ^{ns}	0,49 ^{ns}
qCO ₂	0,94 ^{ns}	0,89 ^{ns}

^{ns} valores não significativos a $P \leq 0,05$.

267 Dados pareados

268 Apenas a respiração basal do solo (C-CO₂) da amostra cps apresentou distribuição
 269 normal a 5% de probabilidade (Tabela 5), indicando a necessidade de aplicação de testes não-
 270 paramétricos.

271 Tabela 5. Teste de Normalidade de Shapiro-Wilks (W) e da probabilidade para as variáveis C-
 272 BMS, CO₂, qCO₂ e M.O das amostras cpa e cps.

Variáveis	Amostras cpa	Amostras cps
C-BMS	0,90**	0,78**
C-CO ₂	0,89**	0,98 ^{ns}
qCO ₂	0,86**	0,60**
M.O	0,82*	0,90*

273 ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de Shapiro-Wilks.

274 ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.

275

276

277 Para avaliar se existia diferença entre as amostras pareadas, utilizou-se o teste U, de
 278 Mann-Whitney, por ser o teste mais adequado para comparação de dois grupos (cpa e cps).

279 Não houve diferença significativa entre os grupos (sintomáticas e assintomáticas) para
 280 qualquer das variáveis analisadas pelo teste de Mann-Whitney (Tabela 6). Resultados
 281 semelhantes foram encontrados por Lopes *et al.* (2008) quando analisaram teores de MO em
 282 amostras pareadas ao estudar a incidência do mal-do-Panamá na bananeira, causado por
 283 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

284

285 Tabela 6. Teste pareados de significância (Mann-Whitney).

Variáveis	U	P
-----------	---	---

C-BMS	0,39	0,68 ^{ns}
C-CO ₂	0,34	0,23 ^{ns}
qCO ₂	0,41	0,83 ^{ns}
M.O	0,40	0,77 ^{ns}

286 Valores^{ns} não significativo para $p < 0,05$, de acordo com o teste Mann-Whitney.

287

288 Aparentemente a supressão de doenças em relação aos parâmetros de uma comunidade
 289 microbiana pode ser devido a uma maior especificidade da relação entre patógeno e
 290 antagonista do que devido à influência das características físicas e químicas do solo (Hoper &
 291 Alabouvette 1996); ou devido à variação nas comunidades microbianas do solo no tempo e
 292 espaço (Van Bruggen & Semenov 2000). No entanto, interações complexas entre esses
 293 fatores, abióticos e bióticos, tornam difícil a constatação de indicadores que possam ser
 294 utilizados em diferentes situações (Arshad & Martin 2002).

295

296

Conclusões

297 Não foram encontradas relações fortes entre bioindicadores do solo e a incidência da
 298 fusariose do maracujá no presente estudo. Porém, a incidência é apenas o resultado de
 299 múltiplos processos envolvendo não apenas a abundância do patógeno, mas sua distribuição
 300 nas áreas e sua atividade. Nesse contexto, os resultados aqui relatados reforçam que os fatores
 301 bióticos precisam ser melhor estudados em cada uma das fases do ciclo de vida do patógeno e
 302 não apenas como possíveis fatores de risco. Ou seja, as interações entre as propriedades
 303 bióticas e abióticas do solo com o ciclo de vida desse patógeno ainda precisam ser melhor
 304 compreendidas.

305

Referências Bibliográficas

306 ANDERSON, J. M.; DOMSCH, K. H. Application of ecophysiological quotients (qCO and
 307 qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biology &*
 308 *Biochemistry*, Elmsford, v. 22, p. 251-255, 1990.

309

310 ANDERSON, J.D. & INGRAM, J.S.I. Tropical soil biology and fertility: A handbook of
 311 methods. 2.ed. Wallingford, *CAB International*, 1996. 171p.

312

- 313 ANDERSON, J.M., INGRAM, J.S.I. (Eds.), 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A
314 Handbook of Methods. *CAB International*, Wallingford, UK.
- 315
- 316 ANDRIÓN, E. E. B. Supressividade Natural de Solos do Nordeste Brasileiro à Murcha-de-
317 Fusário e Rizoctoniose do Caupi.2009, 88 f. *Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Programa*
318 *de Pós-Graduação em Fitopatologia*, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife–PE,
319 2009.
- 320
- 321 ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-
322 ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 88, p. 153-160, 2002.
- 323
- 324 BARTLETT, R.J. & ROSS, S.D. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil
325 solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:1191-1192, 1988.
- 326
- 327 CONOVER, W.J. (1980), Practical Nonparametric Statistics, Second Edition, New York:
328 *John Wiley & Sons, Inc.*
- 329
- 330 FREITAS, S.S.; PIZZINATTO, M.A. Interações de *Pseudomonas* sp. e *Fusarium oxysporum*
331 f. sp. *lycopersici* na rizosfera de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). *Summa*
332 *Phytopathologica*, v. 17, n. 2, p. 105-112, 1991.
- 333
- 334 GAMLIEL A; STAPLETON J. J. Characterization of antifungal volatile compounds evolved
335 from solarized soil amended with cabbage residues. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 83, p. 899-
336 905, 1993.
- 337
- 338 HOITINK, H. A. J.; FAHY, P. C. Basis for the control of soilborne plant pathogens with
339 compost. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 24, p. 93-114, 1986.
- 340
- 341 HOPER, H.; ALABOUVETTE, C. Importance of physical and chemical soil properties in the
342 suppressiveness of soils to plant disease. *European Journal of Soil Biology*, Montrouge, n.32,
343 v. 1, p. 41-58, 1996.
- 344
- 345 HOPKINS, D.L.; LARKIN, R.P.; ELMSTROM, G.W. Cultivar-specific induction of soil
346 suppressiveness to *Fusarium*-wilt of watermelon. *Phytopathology*, St. Paul, v.77, n.4, p.607-
347 611, 1987.
- 348
- 349 HORNBY, D. Supressivive soils. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 21, p. 65-
350 85, 1983.
- 351
- 352 INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial
353 biomass on chronosequences of reclamation sites. *Microbial Ecology*, v. 15, no. 4, p. 177-
354 188, 1988.
- 355
- 356 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Culturas
357 temporárias e permanentes. Produção Agrícola Municipal, 2013.
- 358
- 359 KANNANGARA, T.; UTKHEDE, R.S.; BACTAWAR, B. Compost effect on greenhouse
360 cucumbers and suppression of plant pathogen *Fusarium oxysporum*. *Compost Science and*
361 *Utilization*, Emmaus, v. 12, p. 308-313, 2004.
- 362

- 363 LARKIN, R.P.; HOPKINS, D.L.; MARTIN, F.N. Ecology of *Fusarium oxysporum* f.sp.
364 *niveum* in soils suppressive and conducive to fusarium-wilt of watermelon. *Phytopathology*,
365 St. Paul, v.83, n.10, p.1105-1116, 1993.
366
- 367 LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical ecology*. 2nd. English Ed. Amsterdam: Elsevier,
368 2003, 853p.
369
- 370 LIBERATO, J. R.; COSTA, H. Doenças fúngicas, bacterianas e fitonematóides. In:
371 BRUCKNER, C.H.; PICANÇO, M. (Ed.). *Maracujá. Tecnologia de produção, pós-colheita,*
372 *agroindústria, mercado*. 2001. p.243-276.
373
- 374 LOPES, E.B.; BRITO, C.H.; ALBUQUERQUE, I.C.; OLIVEIRA, A.R.R. Influência de
375 fatores químicos do solo sobre incidência do mal-do-Panamá na bananeira cv. Pacovan na
376 Paraíba. *Biologia e Ciências da Terra*. v. 8, p.100-109, 2008.
377
- 378 MACHADO, A. M.; MICHEREFF, S. J.; LARANJEIRA, D.; DUDA, G. P., NASCIMENTO,
379 C. W. A., NASCIMENTO, R. S. M. P.; RODRIGUES, J. J. V. Caracterização de solos do
380 Agreste de Pernambuco quanto a supressividade à murcha-de-fusário do tomateiro. *Summa*
381 *Phytopathologica*, v. 30, n. 2, p. 271, 2004.
382
- 383 MADER, P. et. al. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296 (5573):
384 1694-1697, 2002.
385
- 386 McKNIGHT, T. A wilt disease of the passion vine (*Passiflora edulis*) caused by a species of
387 *Fusarium*. *Queensland Journal of Agricultural Society*, v. 8, p. 1-4, 1951.
388
- 389 NELSON, P. E. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: MACE, M. BELL,
390 A. A.; BECKMAN, C. H. (Eds.). *Fungal wilt diseases of plants*. *Academic Press*, 1981. p. 51-
391 80.
392
- 393 NITTA, T. Diversity of root fungal floras: Its implications for soil-borne diseases and crop
394 growth. *Japan Agricultural Research*, Tokyo, v. 25, n. 1, p. 6-11, 1991.
395
- 396 ÓCIO, J.A. & BROOKES, PC. An evaluation of methods for measuring the microbial
397 biomass in soils following recent additions of wheat straw and characterization of the biomass
398 that develops. *Soil Biol. Biochem*, 22:685-694,1990.
399
- 400 PAPANDICK, R.I. & COOK, R.J. Plant water stress and development of *Fusarium* root rot in
401 wheat subjected to different cultural practices. *Phytopathology*, 64:358-363, 1974.
402
- 403 SCHER, F.M.; BAKER, R. Mechanism of biological control in a *fusarium*- suppressive soil.
404 *Phytopathology*, v.70, n.4, p.412-417, 1980.
405
- 406 SILVA, A. C.; HORÁK, I.; CORTIZAS, A. M.; VIDAL-TORRADO, P.; J. R.;
407 GRAZZIOTTI, P. H.; SILVA, E. de B.; FERREIRA, C. A.. Turfeiras da serra do espinhaço
408 meridional – MG. I – Caracterização e classificação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*,
409 v.33, p.1385-1398, 2009.
410
- 411 SILVA, EDMILSON EVANGELISTA et al. Determinação da respiração basal (RBS) e
412 quociente metabólico do solo (qCO²). *Comunicado Técnico Embrapa*, 2007.
413

- 414 TOYOTA, K.; YAMAMOTO, K.; KIMURA, M. Mechanisms of suppression of *Fusarium*
415 *oxysporum* f.sp. *raphani* in soils so-called suppressive to Fusarium-wilt of radish. *Soil Science*
416 *and Plant Nutrition*, v.40, n.3, p.373-380, 1994.
417
- 418 VAN BRUGGEN, A.H.C.; SEMENOV, A.M. In search of biological indicators for soil
419 health and disease suppression. *Applied Soil Ecology*, n. 15, p. 13-24, 2000.
420
- 421 VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring
422 soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 19, p. 703-707, 1987.

CAPÍTULO 2

EFEITO DE DIFERENTES MATÉRIAS VEGETAIS NA FASE DE SOBREVIVÊNCIA DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*

RESUMO

ARAÚJO, L.F.C **Efeito de diferentes matérias vegetais na fase sobrevivência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae***. Cruz das Almas, 2015. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

A murcha-de-fusário, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP), é uma importante doença do maracujá amarelo nas regiões Nordeste do Brasil. Esse patógeno habitante do solo pode sobreviver por vários anos nesse ambiente por meio de estruturas de resistência, causando perdas na passicultura, por vezes, inviabilizando o pleno aproveitamento de vastas áreas agrícolas. Investigações na busca alternativa no controle desse patossistema têm sido realizadas, e neste contexto o efeito de diferentes materiais vegetais supressivo ao patógeno tem sido estudado. Os objetivos deste trabalho foram avaliar: 1) o potencial da incorporação diferentes materiais vegetais (MV) no solo na fase de sobrevivência do FOP; 2) o efeito do extrato de folhas frescas de diferentes MV sobre o crescimento micelial e produção de esporos. Para isso, incorporou-se 15g de folhas frescas dos dez diferentes MV em bacias plásticas, contendo 250g de areia estéril, 0,52 mL de suspensão do patógeno e 70 discos feitos do meio ágar-água, servindo como iscas para avaliar a atividade saprofítica do fungo. No tratamento testemunha não foi incorporado matéria vegetal na areia, ficando uma bacia para cada tratamento. Por fim, as bacias foram revestidas com plástico filme e colocadas em BOD à temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 h. Após cinco, e depois, dez dias, retirou-se dez discos de cada tratamento e transferiu-se para placa de Petri contendo meio Komada, para avaliar o crescimento saprofítico do fungo. Após vinte dias avaliou-se o número de clamidósporos, macro e microconídios. Para avaliar o efeito dos cinco melhores extratos de folhas frescas no crescimento micelial (CM), adicionaram-se 100 µl sobre o meio BDA ajustando-se as concentrações finas para 2, 4, 6, e 8 g mL⁻¹. No tratamento testemunha, contendo somente ADE sobre o meio. As placas foram incubadas a 25°C em fotoperíodo de 12 h, avaliando-se diariamente até que um dos tratamentos alcançassem a borda da placa. Para avaliar a produção de esporos, utilizou-se a mesma metodologia do CM, porém, as placas foram avaliadas após vinte cinco dias a 25°C em escuro contínuo. Após quatro dias de incubação, 100% das iscas foram colonizadas. Houve diferença significativa para produção de esporos, pelo teste de Tukey (p<0,01), para todos os materiais vegetais incorporados no solo. A incorporação das espécies B, C, D e I inibiu a produção de clamidósporos do patógeno. No entanto, a espécie C foi a única que inibiu a formação de macroconídios e clamidósporos. Na presença dos diferentes extratos foliares, ajustaram-se os modelos lineares para CM e produção de esporos (PE). O extrato B, na maior concentração testada, retardou o crescimento micelial, levando mais dias que a testemunha para alcançar 50% do crescimento. Para atingir 5% e 95% da área total, os extratos B e C proporcionaram taxa de crescimento mais lento em relação à testemunha. Em relação ao parâmetro b, o extrato C na concentração máxima apresentou transição mais lenta. A relação entre a e b com a testemunha, o

extrato D na concentração 4 g mL^{-1} , proporcionou crescimento mais lento. Na produção de esporos, constatou-se apenas produção de microconídios para todos os tratamentos, no entanto os tratamentos não apresentaram diferenças significativas em função dos extratos e das concentrações empregadas.

Palavras-chave: fusariose, clamidósporos, supressividade.

ABSTRACT

ARAÚJO, L.F.C **Effect of different plant materials in survival phase *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae***. Cruz das Almas, 2015. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

The fusarium wilt, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP) is an important disease of yellow passion fruit in the Northeast of Brazil. This pathogen inhabitant of the soil can survive for several years in this environment through resistance structures, causing losses in passicultura sometimes, preventing the full exploitation of vast agricultural areas. Investigations into alternative seeks to control this pathosystem have been carried out, and in this context the effect of different plant materials suppressive to pathogens has been studied. The objectives of this study were to evaluate: 1) the potential of incorporating different plant materials (MV) in the soil in FOP survival phase; 2) the effect of fresh leaves of different MV extract on the mycelial growth and spore production. For this, incorporated into 15g of fresh leaves of ten different MV in plastic bowls containing 250g of sterile sand, 0.52 ml of the pathogen suspension and 70 disks made of water-agar medium, serving as bait to evaluate the saprophytic activity the fungus. In the control treatment was not embedded in the sand vegetable matter, being a basin for each treatment. Finally, the bowls were covered with plastic film and placed in BOD at a temperature of 25 ° C and 12 hour photoperiod. After five, then ten days, he pulled up ten disks for each treatment and transferred into Petri dish containing medium Komada, to evaluate the growth of saprophytic fungus. After twenty days evaluated the number of chlamydospores, macro and microconidia. To evaluate the effect of the top five leaves extracts of the mycelial growth fresh (CM) was added 100 l of the BDA through the fine adjusting concentrations for 2, 4, 6, and 8 g / ml. In the control treatment containing only ADE over the middle. The plates were incubated at 25 ° C for 12 h photoperiod, evaluating daily until one of the treatments reached the edge of the plate. To assess the production of spores was used the same methodology CM, however, the plates were evaluated after twenty-five days at 25 ° C in continuous dark. After four days of incubation, 100% of the baits were colonized. There was a significant difference for the production of spores by the Tukey test ($p < 0.01$) for all plant material incorporated into the soil. The incorporation of species B, C, D and I inhibited the production of chlamydospores of the pathogen. However, the type C was the only one that inhibited the formation of macroconidia and chlamydospores. In the presence of different plant extracts, set up linear models for CM and spore production (PE). The extract B, the highest concentration, slowed the mycelial growth, taking more days than the control to achieve 50% growth. To achieve 5% and 95% of the total area, the B and C provided extracts slower growth rate compared to the control. Regarding the parameter b, C extract the maximum concentration showed slower transition. The relationship between a and b with the witness, D extract at concentration 4 g / ml, provided slower growth. In the production of spores, there was only producing microconides for all treatments, however the treatments did not show significant differences depending on the extracts and concentrations employed.

Keywords: fusarium, chlamydo spores, suppressiveness.

INTRODUÇÃO

O maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*) é amplamente cultivado na região Nordeste do Brasil, chegando a produzir 622.036 toneladas anuais (IBGE, 2013). O potencial produtivo desta cultura para o Nordeste do Brasil é indiscutível, mas a produtividade ainda é considerada baixa, devido ao surgimento de pragas e doenças nos pomares.

Entre as doenças que afetam o maracujazeiro amarelo está a fusariose, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*, um fungo habitante do solo. Este fungo penetra as raízes da planta, e as suas hifas invadem os vasos do xilema, impedindo o transporte de água e nutrientes para outros órgãos da planta, causando murcha generalizada e morte rápida das plantas. Ramos murchos são os primeiros sintomas visíveis e pode ocorrer em qualquer época do ano ou estágio fenológico da planta. Seções longitudinais da madeira mostram traços de uma descoloração ferruginosa, indicando a presença de células cromáticas que são impermeáveis (SANTOS FILHO, 1998).

O controle dessa doença é difícil, principalmente, devido a capacidade de sobrevivência do patógeno no solo, mesmo na ausência da planta hospedeira. O manejo tradicional de controle da fusariose, aplicada isoladamente, não têm atingido níveis satisfatórios. A utilização de cultivares resistentes é o mais desejável e econômico meio de controle, mas devido às características dos patógenos de solo, existem muitas dificuldades para a sua efetivação. Busca-se, atualmente, medidas alternativas no manejo da doença que visem, principalmente, restaurar a biodiversidade dos solos.

Dentre estas alternativas destaca-se a potencialidade do uso de materiais vegetais incorporados ao solo, colaborando para o acréscimo da comunidade microbiana complexa, ajudando na atividade antagônica ao micro-organismo patogênico, impulsionando a supressividade do solo, melhorando sua fertilidade e resistência das plantas as doenças (CAFÉ FILHO e LOBO JÚNIOR, 2000; CRUZ et al., 2013).

A adição de materiais vegetais ao solo promove alterações em vários fatores, tais como estrutura física, teores de nutrientes, celulose e lignina, sólidos solúveis totais, pH e deposição de toxinas. Esses, por sua vez, alteram o perfil da microbiota do solo, tornando o ambiente impróprio à sobrevivência de patógenos. Paralelamente a esse processo, favorecem o aumento das populações de micro-organismos benéficos (CAFÉ FILHO e LOBO JÚNIOR, 2000). Estudos já

comprovam que a adição desses materiais ao solo pode dar origem ao processo de supressividade a doenças (TERMORSHUIZEN et al., 2006; BONANOMI et al., 2007). Entretanto, cada fonte de matéria orgânica tem características particulares que podem, ou não, tornar o substrato supressivo a determinado patógeno (TERMORSHUIZEN et al., 2006).

Partindo da premissa que a incorporação de resíduos vegetais ao solo promove supressividade a patógenos habitantes do solo, objetivou-se no presente trabalho avaliar: a) o efeito da incorporação de materiais vegetais na supressividade da atividade saprofítica e produção de esporos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* b) e verificar o efeito dos extratos foliares na inibição do crescimento micelial e produção de esporos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas - Bahia.

Obtenção do *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP)

Para realização dos ensaios *in vitro*, utilizou-se o isolado monospórico 002 de FOP isolado de plantas de maracujá com sintomas típico da doença - a murcha -. O isolado é pertencente à micoteca do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas – Bahia.

Preparo das mudas dos diferentes materiais vegetais (MV)

Para produção das mudas utilizara sementes de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) e outras espécies com as seguintes indentificações: B, C, D, E, F, G, H, I e J. Os diferentes MV foram semeados em vasos plásticos contendo areia+esterco, durante 30 dias em casa de vegetação da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Teste de supressividade por incorporação de folhas frescas de diferentes materiais vegetais no solo na atividade saprofítica e produção de esporos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*.

Pesou-se 15g de folhas frescas dos diferentes MV, que foram trituradas manualmente com uma faca, em seguida desinfestadas superficialmente com álcool 70% (1min) e Hipoclorito de Sódio 1% (1min), seguido de três lavagens com água destilada estéril (ADE). As bacias plásticas, que serão utilizadas para colocar a areia com os materiais vegetais, foram lavadas e desinfestadas com os mesmos reagentes (álcool 70% e hipoclorito 1%) e colocadas para secar.

Procedeu-se pesando-se 250g de areia previamente autoclavada (por duas vezes) nas bacias plásticas, ficando uma bacia para cada tratamento incluindo a testemunha. As bacias contendo a areia foram levadas para câmara de fluxo, onde adicionou-se as folhas + uma alíquota de 0,52 mL da suspensão de esporos do patógeno na concentração de 10^4 , misturando-se bem todos os materiais. Em seguida, incorporou-se 70 discos feitos do meio ágar-água de 10 mm de diâmetro, servindo como iscas para avaliar a atividade saprofítica do fungo. Por fim, as bacias foram revestidas com plástico filme (para evitar contaminações e perda de umidade)

e colocadas em BOD à temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 h. No tratamento testemunha não foi incorporado matéria vegetal na areia, tendo apenas areia, discos e a suspensão.

Após cinco e dez dias, retirou-se dez discos de cada tratamento e transferiu-se para placa de Petri contendo meio Komada (semi-seletivo), para avaliar o crescimento saprofítico do fungo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 10 tratamentos e a testemunha, sendo cada tratamento constituído por uma bacia com 70 discos.



Figura 1. Incorporação dos dez diferentes materiais vegetais em bacias plásticas, contendo: areia, iscas e a suspensão do patógeno. **Foto:** autora.

Depois de vinte dias, avaliou-se o número de clamidósporos, macro e microconídios. Coletando-se de cada bacia, 3 sub-amostras de 10g de todo o ensaio (solo, MV + iscas) aleatoriamente, e acrescentando-se 50 ml de água destilada. Em seguida, retirou-se 1ml da suspensão e contou-se o número de esporos (microconídios, macroconídios e clamidósporos) em hemacitômetro tipo Neubauer, sob microscópio óptico.

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado, constituindo de onze tratamentos com 3 repetições. Os dados foram transformados para log (número de esporos +1), visando o atendimento das pressuposições da análise de variância e submetidos ao teste F. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% de significância. As análises foram realizadas utilizando-se o programa STATISTICA 7.0.

Efeito de extratos vegetais de folhas frescas sobre o crescimento micelial e produção de esporos de *Fusarium oxysporum* f.sp. *passiflorae*

Os melhores MV que tiveram efeito supressivo sobre a produção de esporos foram selecionados para avaliar o efeito dos extratos sobre o crescimento micelial e na produção de macroconídios, microconídios e clamidósporos. Apesar do maracujá ter sido condutivo na produção dos esporos, optou-se por utilizá-lo como uma segunda testemunha.

- Obtenção dos extratos aquosos foliares

As folhas utilizadas na preparação dos extratos foram: maracujá amarelo (A), e as espécies B, C e D. Para obtenção dos extratos aquosos de folhas frescas, as folhas foram coletas e fragmentadas com uma faca, em seguida desinfestadas com álcool 70% e hipoclorito a 1% (ambos por 1 min), retirando o resíduo das soluções com três lavagens em água destilada estéril (ADE). Em seguida, foram transferidas para frascos de erlenmeyers estéreis contendo ADE nas proporções de 2, 4, 6 e 8g por 100 mL. Posteriormente, os erlenmeyers contendo ADE + folhas, foram colocados em banho-maria a 90°C por 15 minutos. Após esse período, em câmara de fluxo, foram filtrados em gaze de camada dupla estéril e recolhido béquer estéril, devidamente identificados.

- Crescimento micelial

Foram depositados 100 µL de cada extrato sobre o meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA) e espalhados com alça de Drigalski até que os extratos fossem totalmente absorvidos pelo meio. No tratamento testemunha, contendo somente água destilada esterilizada (ADE) sobre o meio. Posteriormente, discos de micélio com 5 mm de diâmetro do isolado foram transferidos para o centro das placas contendo os extratos. Em seguida, as placas foram incubadas em B.O.D. a 25± 1 °C sob fotoperíodo de 12h. A avaliação do crescimento micelial consistiu da leitura, a cada 24 h, do diâmetro da colônia em dois sentidos diametralmente opostos, com uma régua milimetrada. As leituras foram concluídas quando o crescimento da colônia atingiu completamente o diâmetro da placa em um dos tratamentos, determinando-se a velocidade média de crescimento do fungo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 5 x 4, sendo cinco tratamentos e quatro concentrações. Cada tratamento foi

constituído de placas contendo patógeno e extrato, com três repetições e a unidade experimental foi representada por uma placa de Petri.

O modelo matemático utilizado para crescimento micelial de FOP em diferentes extratos vegetais foi: $y = \text{área total} / 1 + e^{(- \text{dias} - a) / b}$; onde $a =$ é o número de dias até 50% de crescimento micelial máximo e $b =$ é a transição. O modelo foi ajustado aos dados com software Table Curve 2D (JANDEL, 1991). Os critérios utilizados para a seleção dos modelos foram: (i) ajuste da linha de tendência (ii) coeficiente de determinação $R^2 > 0,9$; (iii) simplicidade matemática e número de parâmetros.

- Produção de esporos nos diferentes extratos vegetais

Adicionou-se 100 μL de cada extrato sobre o meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA 39 g L^{-1}) e espalhados com alça de Drigalski até que os extratos fossem totalmente absorvidos pelo meio. Discos de micélio de FOP002, com 5 mm de diâmetro, foram transferidos para o centro das placas contendo os extratos. Em seguida, as placas foram incubadas em B.O.D. a 25 ± 1 °C em escuro contínuo por vinte cinco dias. Após esse período, foi avaliada a produção de esporos nas diferentes concentrações dos extratos. Para esta avaliação, foram adicionados 50 mL de água destilada sobre a superfície da colônia, removendo o crescimento fúngico com auxílio de um pincel estéril.

A suspensão obtida foi filtrada por meio de gaze de camada dupla e a contagem de conídios (macroconídios, microconídios e clamidósporos) foi feita utilizando-se o hemacitômetro tipo Neubauer, sob microscópio óptico. As contagens foram determinadas em quatro campos de visão.

O delineamento foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos (4 extratos + 1 controle) com três repetições por concentração. O modelo matemático utilizado para os valores de microconídios de FOP nos diferentes extratos vegetais foi de regressão linear simples ($y = a + bx$), utilizando-se o software Table Curve 2D (Jandel, 1991). Os critérios utilizados para a seleção dos modelos foram: ajuste da linha de tendência e coeficiente de determinação $R^2 > 0,90$.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Teste de supressividade por incorporação de folhas frescas na atividade saprofítica e produção de esporos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*.

Após quatro dias de incubação, 100% das iscas foram colonizadas (Figura 2). Esses resultados indicam que os dez materiais vegetais utilizados foram condutivos a atividade saprofítica do fungo, que é mais uma capacidade de sobrevivência do FOP no solo (mesmo na ausência da planta hospedeira).

Depois de vinte dias todas as folhas frescas, incorporadas na areia contidas nas bacias, estavam cobertas por hifas do patógeno, como pode ser visto na Figura 3. No tratamento testemunha observou-se apenas a colonização das iscas (Figura 2), não apresentando crescimento micelial visível (Figura 3).

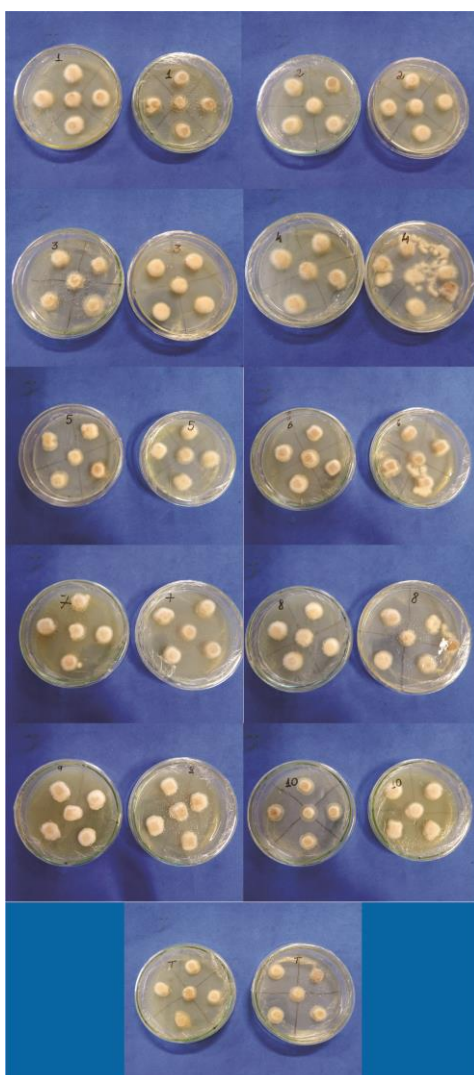


Figura 2. Discos de ágar-água feitos como iscas, em placas de Petri com meio semi-seletivo, para avaliar o efeito dos diferentes materiais vegetais na atividade saprofítica do FOP, após quatro dias de incubação. 1 (maracujá), 2B, 3C, 4D, 5E, 6F, 7G, 8H, 9I, 10J e T (testemunha). **Foto e edição:** Ludmilla Cajuhi.

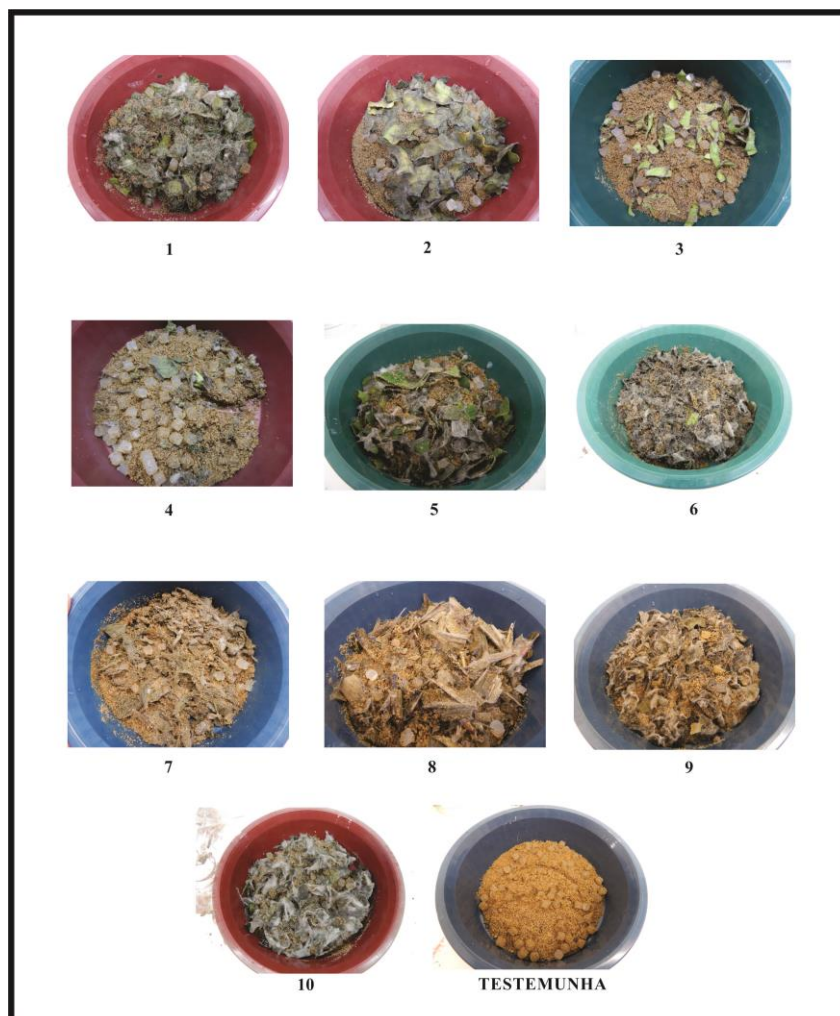


Figura 3. Avaliação da supressividade por incorporação dos diferentes materiais vegetais, na atividade saprofítica e produção de esporos de FOP, após vinte dias de incubação. Maracujá (1), B (2), C (3), D (4), E (5), F (6) G (7), H (8), I (9), J (10). **Foto e edição:** Ludmilla Cajuhi.

Para produção de esporos nos materiais vegetais houve diferença significativa, pelo teste de Tukey ($p < 0,01$) (Tabela 1). De forma geral, a incorporação das espécies (B, C e D) não teve a produção de clamidósporos do patógeno (Tabela 1), não diferindo da testemunha. O mesmo comportamento pode ser observado para a incorporação da espécie I. A espécie C foi a única que inibiu a formação de esporos do fungo, tanto para macroconídios e clamidósporos.

Os tratamentos compostos pela incorporação de maracujá, E, F, G, H e J, estimularam maior densidade do fitopatógeno, para todos os tipos de esporos (macroconídios, microconídios e clamidósporos), sendo considerados impróprios para o uso na redução do potencial do inóculo (Tabela 1). Para a produção de microconídios, todos os tratamentos favoreceram a produção do inóculo (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação da adição de diferentes matérias vegetais sobre produção de esporos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*

Tratamentos	Clamidósporos	Macroconídios	Microconídios
Maracujá	5,66 c	6,41 e	7,54 fg
B	0,00 a	5,24 b	6,64 dg
C	0,00 a	0,00 a	6,31 bc
D	0,00 a	5,31 bc	6,41 cd
E	5,32 bc	5,70 cd	7,11 e
F	4,92 bc	6,22 e	7,70 g
G	4,85 bc	5,71 cd	7,33 ef
H	5,02 bc	5,67 cd	7,27 ef
I	0,00 a	5,20 b	6,05 b
J	4,61 b	6,03 de	7,64 g
Testemunha	0,00 a	0,00 a	5,62 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. * As médias estão apresentadas como log (número de esporos +1).

Uma hipótese para ter ocorrido redução na produção de clamidósporos nos tratamentos B, C e D, é que folhas frescas dessas espécies liberam compostos tóxicos durante o processo de decomposição no solo que podem reduzir a incidência do patógeno. A redução na produção de clamidósporos pela incorporação desses materiais vegetais é um dado muito importante, uma vez que essas estruturas de resistência dão, ao patógeno, condições de permanecer viável no solo por períodos superiores há 30 anos, mesmo na ausência da planta hospedeira (PLOETZ et al., 2003).

As espécies B, C e D produzem substâncias, que são tóxicos aos fitopatógenos, mas a quantidade produzida depende da espécie, sendo também influenciada pelo local de cultivo e pelos tratos culturais (SULTANA et al., 2002). Diante disso, uma hipótese para a espécie C ter propiciado maior controle do inóculo seria que a produção da substância é variável de acordo com a espécie, sendo necessário estudos mais aprofundados de cada espécie para saber seu real potencial no controle desse patossistema. Possivelmente, esse patógeno apresenta sensibilidade aos compostos tóxicos presentes nessa espécie, fato esse relevante para o seu controle.

Observa-se, ainda, na Tabela 1 que esses tratamentos (B, C, D e I) podem estar tendo efeito de esterilizar o solo. Levando isso para a vida prática do produtor, torna-se promissor o uso de rotação de cultura com essas espécies, podendo ser utilizadas como medidas de controle preventivas. E ainda mais, o uso por vários anos podem deixar as áreas livres do patógeno. A rotação de cultura com plantas não hospedeiras tem originados ótimos resultados no controle de fitopatógenos

habitantes do solo, pois de acordo com Friberg et al., (2006) algumas plantas podem até estimular a germinação dos esporos de resistência, através da liberação dos exsudados radiculares, mas em suas raízes só ocorrem a infecção primária, não permitindo a execução completa do ciclo de vida do patógeno.

No presente trabalho, a incorporação da espécie I foi um tratamento que inibiu significativamente a formação de estruturas de resistência do FOP (Tabela 1). Essa espécie contém componentes que podem ter contribuído para inativação da produção de clamidósporos. Sabe-se que o fungo FOP é de difícil controle, e vem trazendo quedas significativas na produção da passicultura no estado da Bahia e em outras regiões. Assim, tornando-se um potencial mecanismo para inativação dessas estruturas, o uso da espécie I, principalmente pelo fato de muitos desses resíduos serem de fácil acesso para pequenos e médios produtores. Vale ressaltar que essa espécie é abundante em áreas rurais da região Nordeste, aliando-se assim, a disponibilidade dos resíduos à eficiência destes em controlar fitopatógenos. Isso diminui os custos com o controle de doenças e proporciona o uso de resíduos locais, evitando a entrada de agrotóxicos nas propriedades e tornando-se promissor o uso dessa espécie como cultura intercalar, para reduzir a densidade e o potencial do inóculo em áreas com histórico da fusariose.

A incorporação das espécies (E, G e H) não apresentaram efeito supressivo para todos os tipos de esporos, não diferindo estatisticamente entre si ($p > 0,01$) (Tabela 1). Estes resultados podem estar associados às variações na resposta do patógeno aos diferentes materiais vegetais, também, da sua relação C/N (carbono-nitrogênio) e do estágio de decomposição dessas espécies.

O resultado da incorporação das folhas F e J também não apresentaram efeito positivo no controle da doença, pois além de estimular o crescimento saprofítico (Figura 3) induziu a produção de micro, macro e clamidósporos (Tabela 1).

A incorporação das folhas de maracujá, o resultado foi o menos satisfatório (Tabela 1), promovendo a maior produção dos esporos (micro, macro e clamidósporos). Esse resultado tem bastante relevância para os pequenos e médios produtores, pois a partir desta informação, eles não deixarão as folhas do maracujá (restos culturais) nas áreas após o ciclo da cultura. O manejo inadequado associado com o tempo de sobrevivência dos esporos, que permanecem na forma de

clamidósporos no solo por vários anos, são as principais dificuldades na diminuição do potencial de inóculo no solo. Os restos culturais das folhas do maracujá nas áreas após a vida útil do pomar, pode levar o patógeno a produzir estruturas de resistência, eles permanecerão dormentes até que as condições sejam favoráveis ao seu desenvolvimento. Isso acarretará em problemas futuros de serem disseminados, na área de plantio, pelo movimento de solo provocado por vento, água ou implementos. A disseminação primária ocorre por meio de clamidósporos e sementes contaminadas, enquanto a disseminação secundária ocorre por conídios dispersos pelo vento e água de irrigação (CABI, 2009).

Uma hipótese que pode ser levada adiante a partir deste resultado, é que as folhas do maracujá podem ser utilizadas como estratégia de preparo de meios de cultura para produção de grande escala de esporos, em experimentos que necessitem de bastante fonte de inóculo, principalmente em estudos em campo.

Conclui-se que a incorporação das folhas frescas de B, C, D e I possui potencial para o controle da fusariose do maracujazeiro amarelo. Pesquisas são necessárias para identificar a influência do componente químico atuando em cada fase do ciclo de vida desse patossistema. Principalmente em campo, onde a amplitude do entendimento abrange ainda mais fatores, sejam bióticos ou abióticos, que influenciam, ou não, a ocorrência da doença.

Efeito dos extratos vegetais de folhas frescas sobre o crescimento micelial e produção de esporos de *Fusarium oxysporum* f.sp. *passiflorae*

- Crescimento micelial de FOP

Em todos os tratamentos (A (maracujá), B, C e D) foi observado o crescimento vegetativo do FOP (Figura 4).

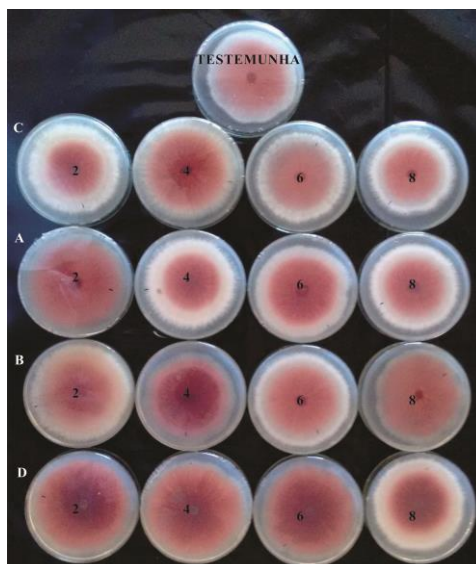


Figura 4. Crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflora*, em meio de cultura BDA, em função dos extratos vegetais de: A (Maracujá), B, C e D, nas respectivas concentrações 2, 4, 6, e 8 g mL⁻¹.

O parâmetro *a* refere-se ao número de dias para que cada tratamento alcance até 50% do crescimento micelial (Figura 5). Observa-se na Figura 5B que o extrato B na concentração 8 g mL⁻¹ retardou o crescimento micelial, em relação a testemunha, para alcançar 50% do crescimento, ocorrendo em 6,46 dias. O menor tempo foi observado no tratamento com o extrato D na concentração 4 g mL⁻¹, em 5,62 dias (Figura 5D).

Com os valores de *a*, também calcularam-se os dias para atingir 5% e 95% do crescimento micelial da área total (Tabela 2). Para atingir 5% da área total, o extrato de B na concentração 8 g mL⁻¹ também retardou o crescimento em relação a testemunha, acontecendo em 1,99 dias. A menor quantidade de dias foi observada no extrato de maracujá na concentração 8 g mL⁻¹, em 1,13 dias (Tabela 2), o que corrobora com o experimento anterior, que indica que o maracujá foi condutivo a atividade saprofítica do FOP.

Para atingir 95% do crescimento, o extrato C na maior concentração testada (8 g mL⁻¹) proporcionou taxa de crescimento menor, apresentado mais dias para alcançar o crescimento máximo, 11,21 dias (Tabela 2). A menor quantidade de dias foi observada no extrato D na concentração 4 g mL⁻¹, em 9,52 dias (Tabela 2).

O parâmetro *b* quando multiplicado por 2.197224578, implica na transição em dias (Figura 6). Quanto mais alto o valor de *b*, mais lento será o crescimento

micelial. O maior valor, 1,68, ocorreu no extrato C na concentração 8 g mL⁻¹ (Figura 6C) e o menor no extrato D na concentração 4 g mL⁻¹, ocorrendo uma transição mais rápida em 1,32 (Figura 6D).

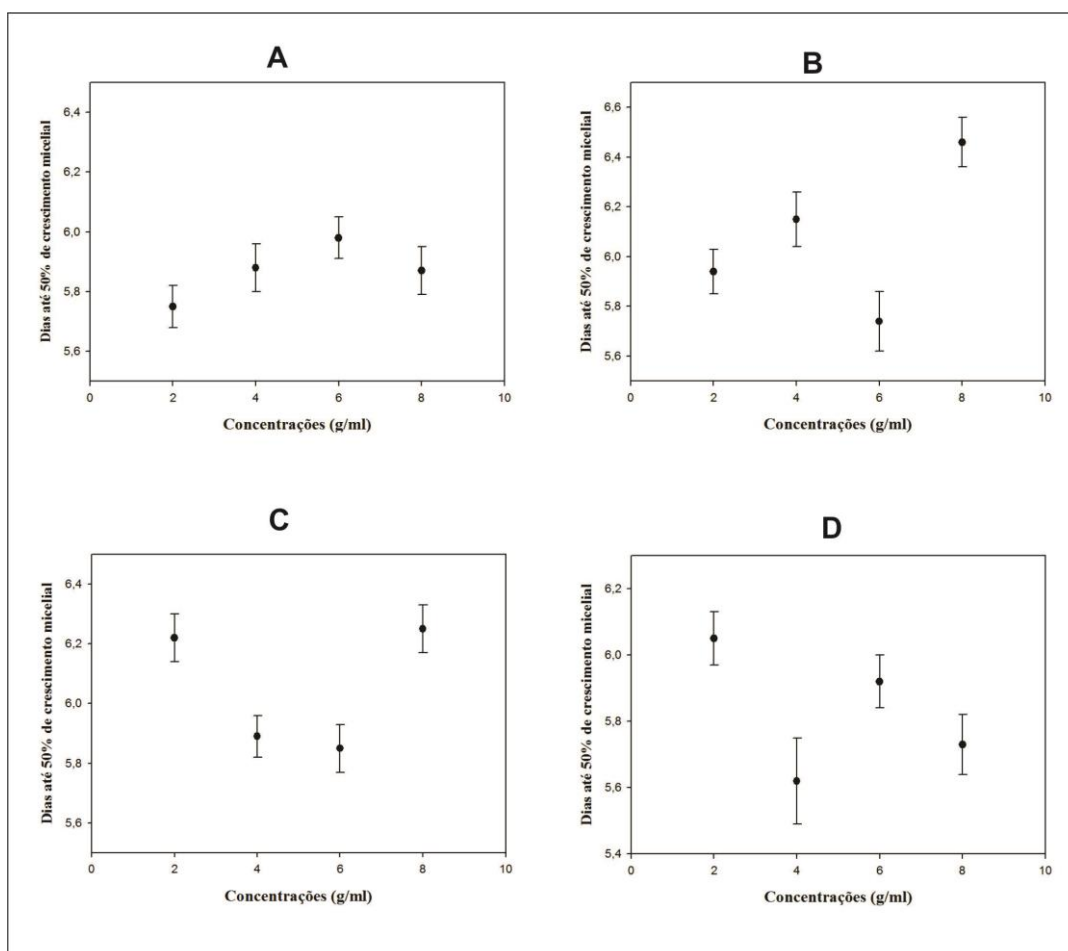


Figura 5. Número de dias até 50% de crescimento micelial de FOP, para os diferentes extratos. A (Maracujá), B, C e D.

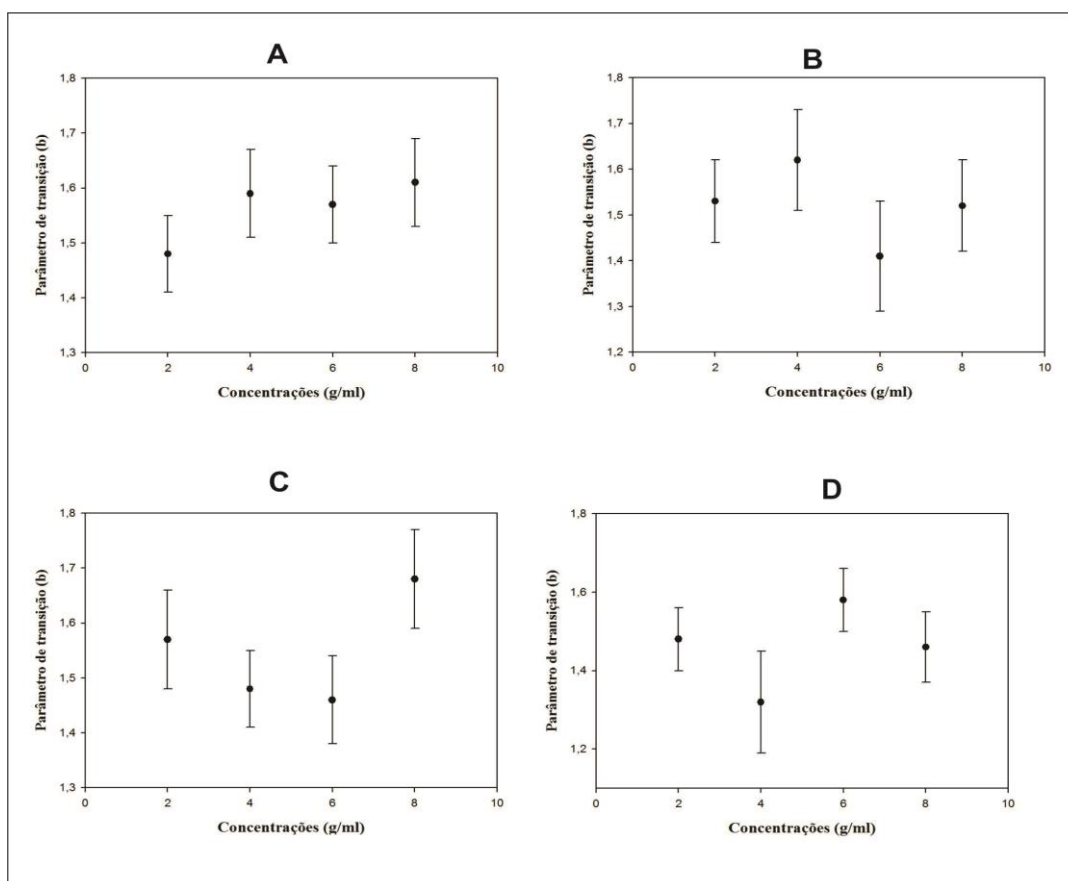


Figura 6. Parâmetro de transição b. A (Maracujá), B, C e D.

Com os valores de a e de b, também calculou-se a relação entre o parâmetro a e o valor da testemunha e o mesmo para os valores de b (Figura 7 e 8). A relação entre a e a testemunha, o extrato D na concentração 4 g mL^{-1} , proporcionou crescimento mais lento, levando 1,11 dias (Figura 7D). Já extrato B na concentração 8 g mL^{-1} apresentou crescimento mais rápido, ocorrendo em 0,97 dias (Figura 7B). Observa-se na relação dos valores de b e a testemunha, que o extrato C na concentração 8 g mL^{-1} apresentou transição mais rápida, acontecendo 0,97 (Figura 8C), já o extrato D na concentração 4 g mL^{-1} demonstrou menor transição, ou seja, crescimento mais lento, acontecendo 1,23 dias (Figura 8D).

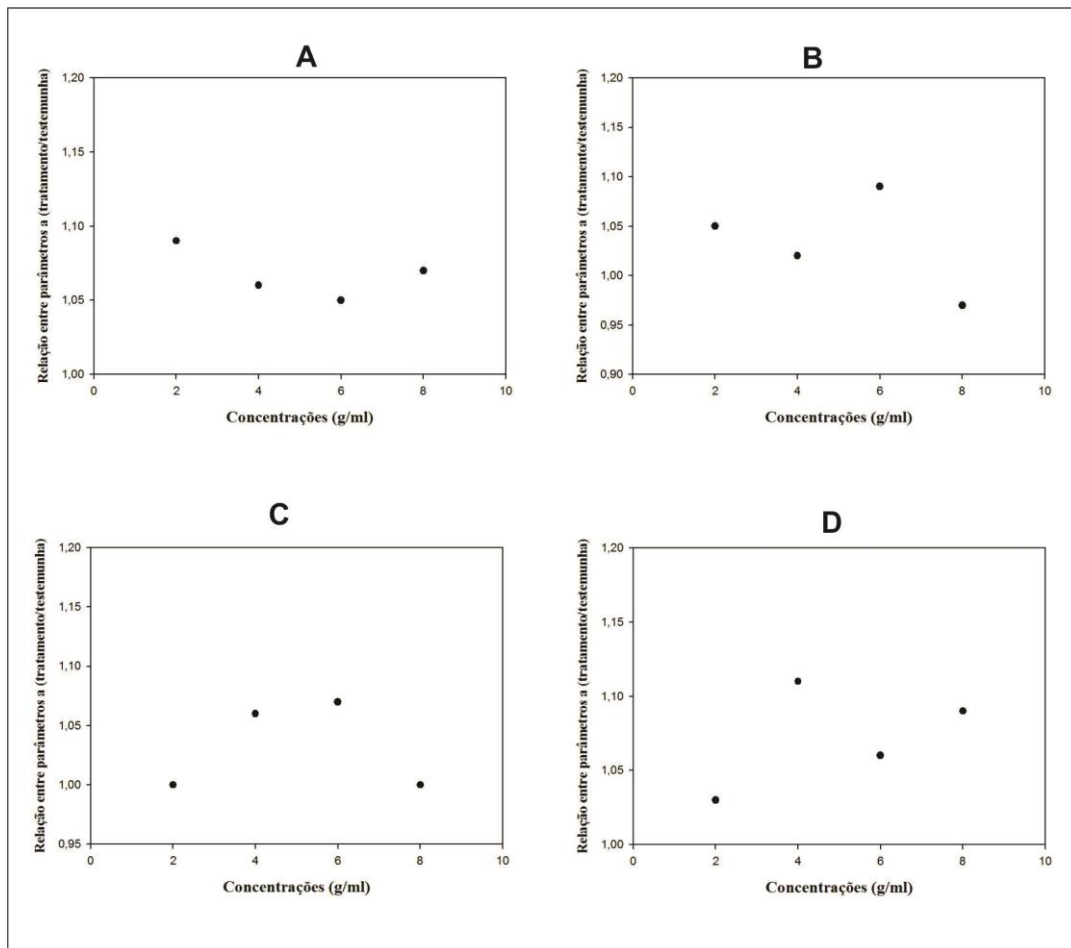


Figura 7. Relação entre parâmetro a com a testemunha. A (Maracujá), B, C e D.

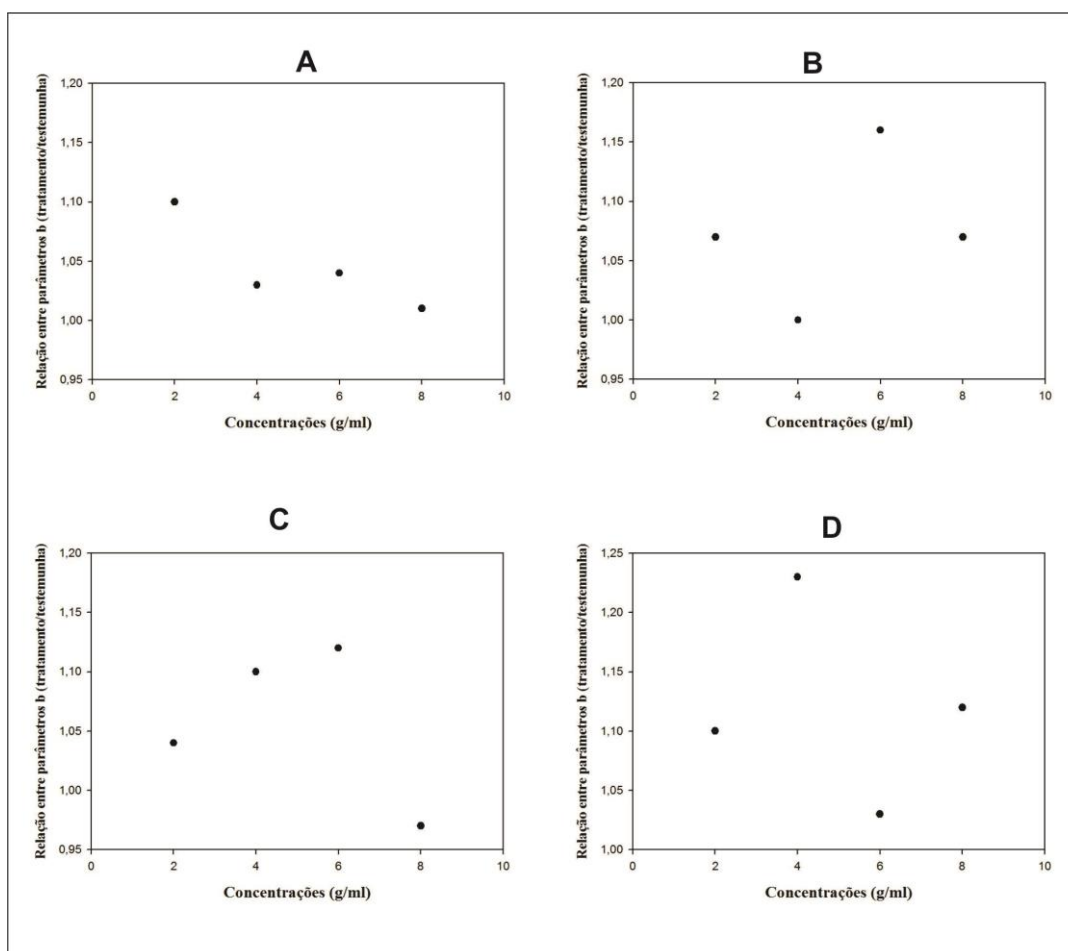


Figura 8. Relação entre o parâmetro b e a testemunha. A (Maracujá), B, C e D.

Tabela 2. Dias até atingir 5% e 95% de crescimento micelial (FOP) da área total da placa.

Tratamentos	5% da área total	95% da área total
A2	1,34	10,10
A4	1,21	10,56
A6	1,37	10,59
A8	1,13	10,61
B2	1,43	10,46
B4	1,38	10,91
B6	1,60	9,88
B8	1,99	10,93
C2	1,58	10,86
C4	1,52	10,26
C6	1,56	10,13
C8	1,29	11,21
D2	1,71	10,40
D4	1,72	9,52
D6	1,25	10,58
D8	1,42	10,05
Testemunha	1,46	11,05

A (Maracujá), B, C e D nas diferentes concentrações (g mL⁻¹).

Produção de esporos de FOP

Não houve produção de macroconídios e clamidósporos em nenhum dos tratamentos, fato esse que pode ser atribuído ao tempo de incubação das placas não ter sido suficiente para formar estruturas de resistência, ou porque montou-se o experimento em meio de cultura rico em nutrientes (BDA), já que o fungo precisa de condições desfavoráveis para formar estas estruturas.

Observou-se produção de microconídios para todos os tratamentos. No entanto os tratamentos não apresentaram diferenças significativas em função dos extratos e das concentrações empregadas (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação da adição dos diferentes extratos vegetais na produção de microconídios de FOP para as quatro concentrações testadas.

Tratamentos	R ²	P
Maracujá	0,87	0,06
B	0,17	0,58
C	0,00	0,93
D	0,25	0,49

Esse resultado demonstra que, talvez, a metodologia de obtenção dos extratos foliares tenha sido ineficiente. Isso por causa da utilização de folhas frescas que apresentam, normalmente na sua composição, conteúdo de água nos seus tecidos, e isso tenha dificultado a liberação dos metabólitos tóxicos para a água no momento da extração, conseqüentemente, fazendo com que o composto extraído não tenha efeito sob o desenvolvimento do fungo. Entretanto, em ensaios futuros, o uso de folhas secas (desidratadas) pode apresentar vantagens para produção dos extratos e, assim, inibir o crescimento fúngico e a produção de esporos do FOP. A ineficiência também pode ser atribuída ao fato de que o que torna as folhas B, C e D supressivas ao patógeno são os compostos voláteis durante a decomposição do material vegetal no solo, processo denominado de biofumigação.

Nas condições estudadas, houve influência da incorporação dos MV na redução e também estímulo na produção de esporos do fungo. Estes resultados devem ser vistos como o início de uma investigação de longo prazo. Esses servirão como base para experimentos em casa de vegetação e, eventualmente, para experimentos de campo. Observa-se também que os resultados referem-se apenas à produção de esporos e atividade saprofítica (fase de sobrevivência do patógeno). Assim, deverá

ser estudada a influência dos materiais vegetais para outras fases do ciclo de vida do patógeno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONANOMI G, ANTIGNANI V, PANE C, SCALA F. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. **J Plant Pathol.** 2007;89(3):311-334.

CABI. Crop protection compendium. [online]. Wallingford: CAB International, 2009. Disponível em: <<http://www.cabicompndium.org.w10022.dotlib.com.br/cpc/home.asp?>>. Acesso em: 11 jul. 2009.

CAFÉ FILHO AC, LOBO JÚNIOR M. Manejo de fatores físicos e culturais para o controle de patógenos de solo. **Rev An Patol Plantas.** 2000;8:267-301

CRUZ SMC, RODRIGUES, AAC, SILVA EKC, OLIVIEIRA, LJMG. Supressividade por incorporação de resíduo de leguminosas no controle da fusariose do tomateiro. **Summa Phytopathol.** 2013;39(3):180-185. Doi: [http:// dx.doi.org/10.1590/S0100-54052013000300006](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052013000300006)

FRIBERG, H.; LAGERLOF, J.; RAMERT, B. Usefulness of nonhost plants in managing *Plasmodiophora brassicae*. **Plant Pathology**, v. 55, p. 690-695, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Culturas temporárias e permanentes**. Produção Agrícola Municipal, 2013.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table curve**: curve fitting software. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, 1991. 280p. SHOCK, C. C.; SEDDIGH, M.; SAUNDERS, L. D.; STIEBER, T. D.; MILLER, J. Sugarbeet nitrogen uptake and performance following heavily fertilized onion. **Agronomy Journal**. Ontario, v. 92, p.10-15, 2000.

MEDINA, J. C.; GARCIA, J. L. M.; LARA, L. C. C. et al. **Maracujá**: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: Secretaria da Agricultura e Abastecimento/ITAL, 1980, 207 p.

PLOETZ, R. C.; THOMAS, J.E. SLABAUGH, W.R. Diseases of banana and plantain. In: PLOETZ, R.C. (Ed.). **Diseases of tropical fruit crops**. Florida: University of Florida (UFAS), 2003. p. 96-98.

SANTOS FILHO, H.P.; CHIACCHIO, F.P.B. Leprose dos Citros. Cruz das Almas: **EMBRAPA-CNPMF**, 1998. 2P. (EMBRAPA-CNPMF.Citros em Foco, 9) com um fungicida sistêmico do grupo dos triazois, repetindo três vezes a cada 20 dias.

SULTANA, T.; SAVAGE, G. P; MCNEIL, D. L.; PORTER, N. G; MARTIN J., DEO, B. Effects of fertilisation on the allyl isothiocyanate profile of above-ground tissues of New Zealand-grown wasabi. **Jornal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 1477–1482, 2002.

TERMORSHUIZEN AJ, VAN RIJN E, VAN DER GAAG DJ, ALABOUVETTE C, LAGERLOF JF, MALANDRAKIS AA, et al. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. **Soil Biol Biochem.** 2006;38(8):2461–2477. Doi: 10.1016/j.soilbio.2006.03.002

VANDERPLANK, J. **Passion flowers**. London: Cambridge Press, 1996. 224 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho não foi possível demonstrar a existência de relações com os fatores bióticos do solo com a incidência da fusariose do maracujá. Esses resultados devem ser encarados como pioneiros e o possível início de uma linha de pesquisa sobre a atuação dos bioindicadores nas fases do ciclo de vida de *F. oxysporum* f. sp. *passiflora* causador da fusariose do maracujá amarelo.

A incorporação de algumas espécies vegetais no solo influencia *F. oxysporum* f. sp. *passiflora*, pelo menos em uma fase do seu ciclo de vida, a produção de esporos. Porém, essa interferência pode estar ocorrendo em outras fases do ciclo de vida desse patógeno, que pode ser objeto de estudo de futuros trabalhos envolvendo este patossistema. O uso de materiais vegetais apresenta-se com grande potencial para o controle de fitopatógenos oriundos do solo e com grandes vantagens, pois estes possuem pouca toxicidade ao ambiente e a outros seres vivos.

Os extratos aquosos obtidos das folhas estimularam o crescimento do fungo *F. oxysporum* f. sp. *passiflora* em todas as concentrações testadas. Assim, sugere-se a utilização de outras metodologias de extração. Este foi um dos trabalhos iniciais com o uso de extratos vegetais no controle da fusariose, avaliando as condições *in vitro*, dando assim suporte para que outros estudos possam ser desenvolvidos nesta linha de pesquisa.

ANEXO

Diretrizes para Autores

Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT) é o periódico científico trimestral editado pela Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, em versão eletrônica (e-ISSN 1983-4063). Destina-se à publicação de Artigos Científicos cuja temática tenha aplicação direta na agricultura tropical. Logo, a vinculação indireta do objeto de estudo com essa temática não é razão suficiente para que uma submissão seja aprovada para seguir no processo editorial deste periódico. Notas Técnicas, Comunicações Científicas e Artigos de Revisão somente são publicados a convite do Conselho Editorial.

A submissão de trabalhos é gratuita e deve ser feita exclusivamente via sistema eletrônico, acessível por meio do endereço www.agro.ufg.br/pat ou www.revistas.ufg.br/index.php/pat. Os autores devem manifestar, por meio de documento (**ver sugestão de modelo**) assinado por todos, escaneado e inserido no sistema como documento suplementar, anuência acerca da submissão e do conhecimento da política editorial e diretrizes para publicação na revista PAT (caso os autores morem em cidades diferentes, mais de um documento suplementar pode ser inserido no sistema, pelo autor correspondente).

A revista PAT recomenda a submissão de artigos com, no máximo, 5 (cinco) autores. A partir deste número, uma descrição detalhada da contribuição de cada autor deve ser encaminhada ao Conselho Editorial (lembre-se de que, às vezes, a seção “Agradecimentos” é mais apropriada que a autoria).

Durante a submissão *on-line*, o autor correspondente deve atestar, ainda, em nome de todos os autores, a originalidade e ineditismo do trabalho (trabalhos já disponibilizados em anais de congresso não são considerados inéditos, por tratarem-se de uma forma de publicação e ampla divulgação dos resultados), a sua não submissão a outro periódico, a conformidade com as características de formatação requeridas para os arquivos de dados, bem como a concordância com os termos da Declaração de Direito Autoral, que se aplicará em caso de publicação do trabalho. Por fim, deve-se incluir os chamados metadados (informações sobre os autores e sobre o trabalho, tais como título, resumo, palavras-chave – em Português e Inglês) e transferir os arquivos com o manuscrito e documento suplementar (anuência dos autores).

Se o trabalho envolveu diretamente animais ou seres humanos como sujeitos da pesquisa, deve-se comprovar a sua aprovação prévia por um comitê de ética em pesquisa. Experimentos conduzidos em condições de campo devem apresentar dados oriundos de, pelo menos, dois ciclos de produção, ou dois anos de avaliação.

Os trabalhos podem ser escritos em Português ou Inglês, entretanto, **serão publicados apenas em Inglês**. Logo, em caso de submissão em Português e aprovação para publicação, a versão final do manuscrito deverá ser traduzida por especialista em Língua Inglesa (preferencialmente falante nativo), sendo que a tradução ficará a cargo dos autores, sem qualquer ônus para a revista.

Os manuscritos devem ser apresentados em até 18 páginas, com linhas numeradas. O texto deve ser editado em *Word for Windows* (tamanho máximo de 2MB, versão .doc) e digitado em página tamanho A-4 (210 mm x 297 mm), com margens de 2,5 cm, em coluna única e espaçamento duplo entre as linhas. A fonte tipográfica deve ser *Times New Roman*, corpo 12. O uso de destaques como negrito e sublinhado deve ser evitado. Todas as páginas devem ser numeradas. Os manuscritos submetidos à revista PAT devem, ainda, obedecer às seguintes especificações:

1. Os Artigos Científicos devem ser estruturados na ordem: *título* (máximo de 20 palavras); *resumo* (máximo de 250 palavras; um bom resumo primeiro apresenta o problema para, depois, apresentar os objetivos do trabalho); *palavras-chave* (no mínimo, três palavras, e, no máximo, cinco, separadas por ponto-e-vírgula); *título em Inglês*; *abstract*; *key-words*; *Introdução*; *Material e Métodos*; *Resultados e Discussão*; *Conclusões*; *Agradecimentos* (se necessário, em parágrafo único) e *Referências*. Chamadas relativas ao título do trabalho e os nomes dos autores, com suas afiliações e endereços (incluindo *e-mail*) em notas de rodapé, bem como agradecimentos, somente devem ser inseridos na versão final corrigida do manuscrito, após sua aceitação definitiva para publicação.

2. As citações devem ser feitas no sistema “autor-data”. Apenas a inicial do sobrenome do autor deve ser maiúscula e a separação entre autor e ano é feita somente com um espaço em branco. Ex.: (Gravena 1984, Zucchi 1985). O símbolo “&” deve ser usado no caso de dois autores e, em casos de três ou mais, “et al.”. Ex.: (Gravena & Zucchi 1987, Zucchi et al. 1988). Caso o (s) autor (es) seja (m) mencionado (s) diretamente na frase do texto, utiliza-se somente o ano entre parênteses. Citações de citação (citações secundárias) devem ser evitadas, assim como as seguintes fontes de informação: artigo em versão preliminar (no prelo ou *preprint*) ou de publicação seriada sem sistema de arbitragem; resumo de trabalho ou painel apresentado em evento científico; comunicação oral; informações pessoais; comunicação particular de documentos não publicados, de correios eletrônicos, ou de *sites* particulares na Internet.

3. As referências devem ser organizadas em ordem alfabética, pelos sobrenomes dos autores, de acordo com a norma NBR 6023:2002, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com a seguinte adequação: não é necessária a inclusão da cidade após os títulos de periódicos. Os destaques para títulos devem ser apresentados em itálico e os títulos de periódicos não devem ser abreviados.

4. As tabelas e figuras (dispostas no decorrer do texto) devem ser identificadas numericamente, com algarismos arábicos, e receber chamadas no texto. As tabelas devem ser editadas em preto e branco, com traços simples e de espessura 0,5 ponto (padrão *Word for Windows*). As figuras devem ser apresentadas com resolução mínima de 300 dpi.

5. A consulta a trabalhos recentemente publicados na revista PAT (www.agro.ufg.br/pat ou www.revistas.ufg.br/index.php/pat) é uma recomendação do corpo de editores, para dirimir dúvidas sobre estas instruções e, conseqüentemente, agilizar a publicação.

6. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos na revista PAT, pois devem abrir mão de seus direitos autorais em favor deste periódico. Os conteúdos publicados, contudo, são de inteira e exclusiva responsabilidade de seus autores, ainda que reservado aos editores o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação. Por outro lado, os autores ficam autorizados a publicar seus artigos, simultaneamente, em repositórios da instituição de sua origem, desde que citada a fonte da publicação original na revista PAT.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. O manuscrito é original e inédito (trabalhos já disponibilizados em anais de congresso não são considerados inéditos, por tratarem-se de uma forma de publicação e ampla divulgação dos resultados) e não está sendo submetido a publicação em outra revista ou periódico.

2. Os autores manifestam, por intermédio de documento assinado por todos, anuência acerca da submissão, assumindo conhecimento da política editorial adotada na revista PAT (SEM O DOCUMENTO ASSINADO, O ARTIGO NÃO SERÁ AVALIADO).
3. O manuscrito foi preparado em perfeita conformidade com as **Diretrizes para Autores**, disponíveis na seção "Sobre a Revista", incluindo a remoção de qualquer identificação de autoria.
4. O trabalho não envolveu diretamente animais ou seres humanos como sujeitos da pesquisa, ou, em caso afirmativo, recebeu aprovação de Comitê de Ética em Pesquisa (o parecer do Comitê será imediatamente encaminhado à Secretaria da Revista PAT).