

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

MODELAGEM DO RISCO DE FATORES ABIÓTICOS À
FUSARIOSE DO MARACUJAZEIRO E À SOBREVIVÊNCIA DO
AGENTE CAUSAL

GISELLE SOUZA PINHEIRO

CRUZ DAS ALMAS - BA
NOVEMBRO – 2015

Modelagem do risco de fatores abióticos à fusariose do maracujazeiro e à sobrevivência do agente causal

GISELLE SOUZA PINHEIRO

Licenciada em Ciências Biológicas, 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: Raul Castro Carrielo Rosa

CRUZ DAS ALMAS - BA

NOVEMBRO - 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

P654m	<p>Pinheiro, Giselle Souza.</p> <p>Modelagem do risco de fatores abióticos à furariose do maracujazeiro e à sobrevivência do agente causal / Giselle Souza Pinheiro. _ Cruz das Almas, BA, 2015.</p> <p>69f.; il.</p> <p>Orientador: Francisco Ferraz Laranjeira.</p> <p>Co-orientador: Raul Castro Carrielo Rosa.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p>
-------	--

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas.

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 GISELLE
SOUZA PINHEIRO**

Dr. Francisco Ferraz Laranjeira

Embrapa Mandioca e Fruticultura - CNPMF

(Orientador)

Dr. Onildo Nunes de Jesus

Embrapa Mandioca e Fruticultura – CNPMF

(Examinador 1)

Dra. Ana Cristina Fermino Soares

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

(Examinador 2)

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

*Ao meu pai, **Joaquim Neto**, por ser minha fortaleza, por sempre acreditar no meu potencial, mais que eu mesma...*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por ter me dado forças para chegar até aqui, pela sua infinita bondade e proteção constante.

Aos meus pais, Joaquim Neto e Rosemayre, à minha irmã, Gisa Paula, por serem meu porto seguro, meu chão e pelo amor dedicado.

Ao meu noivo, Tiago, pelo companheirismo, carinho, cuidado e por fazer dos meus problemas, os seus também. A sua família, por terem me acolhido tão bem, em especial a sua mãe, Cristina, e sua avó, Dona Terezinha.

A Ludmilla, pessoa fundamental nessa etapa da minha vida, sem ela a caminhada teria sido bem mais difícil.

Ao meu orientador, Dr. Francisco Laranjeira, pela disponibilidade sempre presente, pelos ensinamentos transmitidos e por despertar meu senso crítico científico.

A Dr. Raul pela co-orientação.

A minha ex-orientadora, Dra. Francislene Angelotti, pelos conselhos, aprendizados, incentivo e apoio no início da minha vida acadêmica.

A Graça, Betânia, Corrinha e Lúcia, minhas tias, pelo carinho e cuidado ao longo desses 24 anos.

A Hemilly, Eveline, Sheila, Marcella e Laís, minhas amigas, por tornarem essa caminhada mais leve, pelos inúmeros conselhos e momentos felizes.

A Amanda, Nívia, Diana, Gracy e Paloma, minhas primas, pela cumplicidade.

A Helô, minha môinca e a Luiza, minha florzinha de maracujá, que com simples olhares são capazes de transmitir tanta paz e amor. Vocês são presentes divinos!

Aos grupos, coleguinhas, cançãozada e marias pelas risadas soltas e por amenizarem a dor que era ficar tão longe de casa.

Ao professor, Dr. Carlos Lêdo, pela ajuda estatística na elaboração do projeto e pelos ensinamentos.

Aos funcionários do laboratório de Fitopatologia, em especial a Leandro e Bizunga, pela enorme ajuda no planejamento e na execução dos experimentos. Muito obrigada!

Aos funcionários do laboratório de Solos e nutrição de plantas, em especial a Roque pelo auxílio nas análises e momentos de descontração.

A Roque Francisco, funcionário do laboratório de Física do solo, pelas explicações e agilidade nas análises.

Aos funcionários da ADAB de Dom Basílio e Livramento de Nossa Senhora, Daiane Caires, José Aparecido e Weber Marcilio Malheiro Aguiar pela ajuda e boa

vontade nas coletas de solo, desde a escolha das propriedades até a amostragem e aplicação dos questionários.

Aos produtores de maracujá, que gentilmente permitiram a coleta de solo em suas propriedades e responderam aos questionários.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola da UFRB pelos conhecimentos adquiridos.

A EMBRAPA/CNMPF, por ter proporcionado a oportunidade de desenvolver esse trabalho.

A UFRB, pela oportunidade do curso de mestrado.

A Capes, pela concessão da bolsa.

O meu muito obrigada!

ÍNDICE

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1	
Identificação e modelagem de fatores químicos e físicos de risco à incidência da fusariose do maracujazeiro.....	16
CAPÍTULO 2	
Crescimento micelial e esporulação de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>passiflorae</i> sob diferentes ph e fontes de nitrogênio inorgânico.....	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
ANEXOS.....	53

RESUMO

PINHEIRO, G.S. **Modelagem do risco de fatores abióticos à fusariose do maracujazeiro e a sobrevivência do agente causal.** Cruz das Almas, 2015. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá. Dentre os estados brasileiros, a Bahia se destaca pela maior produção, porém essa produtividade ainda é considerada baixa. Esse fato pode ser atribuído, em partes, aos problemas fitossanitários causados por patógenos de solo, como é o caso da fusariose do maracujá, doença causada pelo fungo, *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP). A nutrição mineral pode ser uma alternativa na redução da incidência de doenças em plantas. Assim sendo, o objetivo desse trabalho foi identificar e quantificar a relação de risco entre fatores abióticos do solo e a incidência de fusariose do maracujazeiro em plantios no estado da Bahia e sua influência na sobrevivência do agente causal. Os solos foram coletados em áreas produtoras de maracujá amarelo nos municípios de Brumado (Itaquaraí), Dom Basílio, Livramento de Nossa Senhora e Rio de Contas. Ao todo foram coletadas 50 amostras de solo, próximo as plantas, na profundidade de 0-20 cm. As análises químicas determinaram os valores de pH, P, K, Ca, Mg, Ca+Mg, Al, Na, H+Al, SB, CTC, V, Cu, Fe, Zn, Mn. A classificação textural dos solos foi determinada através de análise granulométrica. O crescimento micelial e a produção de esporos de FOP foram analisados em diferentes pHs e fontes de nitrogênio inorgânico. Os dados de incidência em plantas se correlacionaram positivamente com pH, V e areia muito fina, já os valores de H+Al, Fe e silte se correlacionaram negativamente. A única variável que contribuiu significativamente para a discriminação dos grupos de incidência foi a areia muito fina, para plantas. Alta incidência da doença foi associada a teores de areia muito fina acima de 104 g/kg de solo. Os dados de irrigação e classificação textural não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). No ensaio de pH, o menor crescimento e menor produção de microconídios ocorreram em pHs ácidos. Quanto as fontes de nitrogênio inorgânico, o sulfato de amônio e o nitrato de cálcio tiveram efeito supressivo e condutivo, respectivamente. Em nenhum dos experimentos (pH e nitrogênio), foi observada a produção de macroconídios e clamidósporos.

Palavras-chave: murcha de fusarium, *passiflora*, pH ácido, sulfato de amônio.

ABSTRACT

PINHEIRO, G.S. **Modeling of the risk of abiotic factors to the passion fruit wilt and survival of the causal agent.** Cruz das Almas, 2015. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Brazil is the largest producer of passion fruit. Of the Brazilian states, Bahia stands out by higher production, but this is still considered low productivity. This fact can be attributed, in part, to plant health problems caused by soil-borne pathogens, such as the passion fruit scab, a disease caused by the fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP). The mineral nutrition may be an alternative in reducing the incidence of plant diseases. Therefore, the aim of this study was to identify and quantify the risk relationship between abiotic factors of soil and the incidence of fusarium wilt of passion fruit plantations in the state of Bahia and its influence on the survival of the causal agent. Soil samples were collected in areas that produce yellow passion fruit in the municipalities of Brumado (Itaquaraí), Don Basílio, Livramento de Nossa Senhora and Rio de Contas. Altogether they were collected 50 soil samples near the plant at a depth of 0-20 cm. Chemical analysis determined the pH, P, K, Ca, Mg, Ca + Mg, Al, In, Al H +, SB, CTC, V, Cu, Fe, Zn, Mn. The textural classification of soils was determined by sieve analysis. The mycelial growth and spore production FOP were analyzed at different pHs and inorganic nitrogen sources. The incidence data on plants were positively correlated with pH, V and very fine sand, since the H + Al values, Fe and silt were negatively correlated. The only variable that significantly contributed to the breakdown of the focus groups was the very fine sand, for plants. High incidence of the disease was associated with very fine sand content above 104 g / kg soil. Data irrigation and textural classification showed no significant difference ($p < 0.05$). In the pH test, the lower growth and lower production of microconidia occurred at pHs acids. The sources of inorganic nitrogen, ammonium sulphate and calcium nitrate had suppressive effect and conducive, respectively. In none of the experiments (pH and nitrogen), it was observed the production of macroconidia and chlamydospores.

Keywords: fusarium wilt, passionflower, pH acid, ammonium sulfate

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil, além da grande diversidade genética do gênero *Passiflora*, é o maior produtor mundial de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deneger), sua produção anual girando em torno de 838.244 toneladas. Dentre as regiões do país, o Nordeste tem a produção mais expressiva, cerca de 622.036 toneladas. Nos estados, a Bahia é destaque de produção, sendo responsável por quase 43% da produção brasileira, estando o cultivo concentrado nos municípios de Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio, e Rio Real, que respondem por aproximadamente 51% da produção baiana (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE 2013). Toda essa produção é destinada ao consumo de frutas frescas e ao processamento de sucos. O potencial da cultura fica aquém do esperado, também devido à problemas fitossanitários, como os causados por patógenos de solo (SILVEIRA et al., 2012).

Dentre as doenças que afetam a passicultura, a fusariose causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*, é uma das mais limitantes ao cultivo. O patógeno provoca interrupção da absorção de água, murcha, colapso e morte das plantas independente do estágio de desenvolvimento. Uma vez iniciado os sintomas na planta, não é possível até o momento, um controle curativo. Essa enfermidade vem acarretando redução da vida útil do maracujazeiro, tornando essa cultura itinerante. Devido a alta incidência da doença, a renovação dos pomares acontece a cada dois anos ou anualmente, sendo que a vida útil da cultura era de cinco a seis anos (RUGGIERO, 1996).

Um dos fatores que dificultam a erradicação do agente causal é a produção de clamidósporos. São estruturas de resistência com capacidade de sobrevivência no solo por vários anos, resultando em uma ótima fonte de inóculo para plantios novos (BASTOS, 1976, MANICA, 1981 e OLIVEIRA et al., 1986).

Nesse contexto, a nutrição mineral pode ser uma possibilidade de controle, já que é um fator ambiental capaz de ser manipulado pelo homem com relativa facilidade, podendo ser utilizada na supressão de doenças (MARSCHNER, 1995). Os nutrientes além de exercerem influência na produtividade das plantas cultivadas causando modificações na taxa de crescimento, na sua composição

química, também têm a capacidade de aumentar ou diminuir a incidência das doenças, ou até mesmo agir diretamente sobre o ciclo de vida do patógeno. A supressão à doenças de plantas pode ser alcançada através da manipulação das características químicas do solo como pH, macro e micronutrientes (BETTIOL e GHINI 2005).

Devido à falta de informações sobre esse patossistema, esse trabalho teve como objetivo identificar e quantificar a relação de risco entre fatores abióticos do solo e a incidência de fusariose do maracujá em plantios no estado da Bahia e sua influência na sobrevivência do agente causal (FOP).

REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do maracujá amarelo e sua importância

O maracujazeiro é originário da América Tropical, pertence à família Passifloraceae, ordem Violales, e se encontra distribuída amplamente pelos trópicos, apresentando mais de 580 espécies (MELETTI, 2000). Regiões tropicais e subtropicais com clima quente e úmido proporcionam bom desenvolvimento a cultura. A faixa de temperatura entre 23°C e 25°C, com umidade relativa do ar em torno de 60% é considerada ótima para o crescimento das plantas. Regiões com altitude entre 100 m a 1.000 m e 800 mm a 1.750 mm de água, bem distribuída anualmente são as mais adequadas. Solos areno-argilosos com pouca permeabilidade são os mais indicados no cultivo dessa fruteira. Encharcamentos devem ser evitados, pois esse fator favorece podridões radiculares (LIMA e BORGES, 2004).

O crescimento é constante, podendo chegar de cinco a dez metros de comprimento e seu ciclo de vida é perene. O sistema radicular é pivotante, o volume das raízes se concentra entre 30 e 45 cm de profundidade, em uma distância de 60 cm do tronco. (URASHIMA, 1985; KLIEMANN *et al.*, 1986, SOUSA *et al.*, 2002).

A base do caule tem característica lenhosa, e o ápice herbáceo (MELETTI e MAIA, 1999). A cada gema vegetativa originada do caule, surgem uma folha e uma gavinha. Folhas jovens são ovaladas, unilobuladas, quando adultas se transformam em trilobadas ou não, com formato e tamanho diversos.

As flores são hermafroditas (em geral com cinco e três estigmas) e requerem fotoperíodo positivo de 11 horas para que ocorra o florescimento (CEREDA *et al.*, 1976; MARTINS, 1998).

Apesar das plantas serem hermafroditas, geralmente a autofecundação não ocorre, existe uma autoincompatibilidade. Abelhas maiores como as mamangavas (*Xylocopa* spp.) realizam a polinização. No caso da abelha-da-europa (*Apis mellifera*), que tem porte menor, só ocorre a coleta do néctar (MELETTI, 2003).

Os frutos têm composição rica: acidez de 2,9 a 5,0%, sólidos solúveis de 12,5 a 18,0%, açúcares totais de 8,3 a 11,6%, açúcares redutores de 5,0 a 9,2%, ácido ascórbico de 7,0 a 20,0 mg.100g⁻¹ e aroma exótico (EMBRAPA, 2012). São do tipo baga de forma oval, em geral com eixo horizontal menor que o vertical. A casca tem aspecto ceroso com coloração amarelo intensa, é lisa e resistente, com peso em torno de 160 gramas (MARTINS, 1998).

A grande diversidade genética do gênero *Passiflora*, está no Brasil com cerca de 150 espécies nativas conhecidas, sendo o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deneger), o mais rentável economicamente. No país, seu cultivo em escala comercial iniciou-se no começo da década de 70. A qualidade dos frutos, produtividade e rendimento do suco, fazem com que essa espécie ocupe em torno de 95% dos pomares comerciais brasileiros, sendo também o mais cultivado do mundo (ARAÚJO *et al.*, 2006; MELETTI e BRUCKNER, 2001).

A produção de maracujá no mundo se concentra no Brasil, Colômbia, Equador e Peru. O Brasil é o maior produtor mundial, com produção anual girando em torno de 838.244 toneladas. A região Nordeste do país é a maior produtora com um total de 622.036 toneladas. A Bahia é o maior produtor nacional da fruta, sendo responsável por quase 43% da produção brasileira, estando o cultivo concentrado nos municípios de Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio, e Rio Real, que respondem por aproximadamente 51% da produção baiana (IBGE, 2013).

O cultivo dessa fruteira, está em sua maioria associado a pequenas propriedades, proporcionando geração de empregos e renda, auxiliando no sustento familiar (VIANA *et al.*, 2003). Entretanto, apesar da cultura estar presente em quase todas as regiões, devido as condições climáticas favoráveis ao cultivo, a produtividade, em geral, é baixa (12 a 15t/ha). Essa baixa produtividade pode ser causada a fatores como: autoincompatibilidade da espécie, o que dificulta a polinização; ao manejo ineficaz do pomar; a baixa aplicação tecnológica, e por problemas fitossanitários tais como as doenças causadas por patógenos de solo (SILVEIRA *et al.*, 2012). Os problemas fitossanitários têm reduzido consideravelmente o tempo de vida útil da cultura, levando o agricultor a renovar frequentemente seu pomar (SILVA *et al.*, 2013).

A fusariose do maracujazeiro

A murcha de fusarium ou fusariose causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP) é um dos fatores limitantes no cultivo do maracujazeiro. Em 1941, a doença foi relatada pela primeira vez, na Austrália, e em maracujazeiro roxo (*Passiflora edulis* Sims). No Brasil, a doença foi descoberta no estado de São Paulo em uma área experimental de Pariquera-Açu, no Vale do Ribeira (CARVALHO e CARVALHO, 1968)

Morfologicamente, *F. oxysporum* é muito variável, pode apresentar micélio flocoso, escasso ou abundante e variar da cor branca até violeta escuro em meio BDA (Batata Dextrose Ágar) dependendo do isolado utilizado. Os macroconídios medem em torno de 23,5-36 μm x 3,5-5,5 μm , são relativamente delgados e ligeiramente curvados, possuem paredes finas e geralmente de cinco a três septos. Os microconídios tem forma elíptica ou oval, geralmente não possuem septos e são abundantes no micélio aéreo. As fiálides (células conidiogênicas) são curtas, com menos de 45 μm (LESLIE e SUMMERELL, 2006).

Esse micro-organismo pode formar clamidósporos, que são estruturas de resistência com capacidade de sobrevivência no solo por longos períodos, sendo uma fonte de inóculo para novos plantios. Isso revela um dos principais obstáculos ao controle da doença (BASTOS, 1976, MANICA, 1981 e OLIVEIRA *et al.*, 1986). Frequentemente se originam pela modificação das hifas tanto intercaladamente, entre septos, ou terminalmente (PLOETZ, 1990). A formação dessa nova estrutura, pode acontecer através da condensação do citoplasma e adensamento da parede das células que lhe originaram. Tem parede densa, aspecto enrugado, e coloração geralmente amarelo-marrom (OHARA, 2004; SUMMERELL *et al.*, 2003).

A disseminação do patógeno pode acontecer através do contato de raízes infectadas com raízes de sadias, durante o crescimento das plantas, mudas infectadas e também pela água de irrigação.

Aberturas naturais e ferimentos provenientes do crescimento das raízes, provocados por nematóides ou práticas agrícolas, facilitam a penetração do patógeno (LIBERATO e COSTA, 2001). Sucessivas chuvas e temperaturas entre

20°C e 25°C favorecem a disseminação do patógeno na cultura, ocorrendo o contrário em períodos de climas mais amenos (VIANNA *et al.*, 2003).

A colonização do patógeno causa bloqueio na absorção de água, murcha e morte das plantas independente da fase de crescimento). Os frutos em avançado estágio de amadurecimento conseguem atingir a maturidade final, os frutos verdes murcham. No caule, pode-se observar internamente, a descoloração do xilema com aspectos marrom-avermelhados (BASTOS, 1976; MANICA, 1981).

Esse fitopatógeno habitante do solo está entre os principais causadores de doenças de importância econômica do maracujazeiro, pois uma vez a planta infectada, ainda não existe forma de controle curativo. Essa enfermidade vem acarretando redução da vida útil do maracujazeiro, tornando essa cultura itinerante. Devido à alta incidência da doença, a renovação dos pomares acontece a cada dois anos ou anualmente, sendo que a vida útil da cultura era de cinco a seis anos (RUGGIERO, 1996).

A doença se distribui no campo, em reboleiras, com pequenos ou grandes focos da doença distribuídos ao acaso nos cultivos (VIANA *et al.*, 2003).

Os nutrientes minerais e o controle de doenças

Os nutrientes além de exercerem influência na produtividade das plantas cultivadas causando modificações na taxa de crescimento, na sua composição química, também têm a capacidade de aumentar ou diminuir a incidência das doenças, ou até mesmo agir diretamente sobre o ciclo de vida do patógeno. A supressão às doenças de plantas pode ser alcançada através da manipulação das características químicas do solo como pH, macro e micronutrientes (BETTIOL e GHINI 2005).

Os nutrientes presentes no solo, disponíveis ao hospedeiro podem influenciar na susceptibilidade às doenças de várias formas, interferindo na disponibilidade de alimentos ao patógeno e nos mecanismos bioquímicos de defesa (KRUGNER, 1978). A supressividade aos patógenos pode ser aumentada, pela produção de compostos antifúngicos e enrijecimento da parede celular. Isso

pode ocorrer quando todos os elementos minerais estiverem presentes de maneira balanceada (MARCHNER, 1986).

O mesmo elemento químico pode reduzir alguns patógenos e aumentar outros, mas pode também pode agir indiretamente na alteração no meio ambiente (HUBER & ARNY, 1985).

O potencial hidrogeniônico (pH)

O pH é o fator que mais afeta a disponibilidade dos nutrientes minerais tanto para as plantas como para os micro-organismos presentes no solo. Pode atuar direta ou indiretamente na população dos fitopatógenos e de antagonistas. Em casos de pH alto, micro-organismos patogênicos são privados de seus micronutrientes essenciais, como Fe e B, enquanto que actinomicetos e bactérias se multiplicam muito rápido, podendo assim ocorrer antagonismo. Solos com pH próximo a 7,0 parecem ser mais supressivos à murcha de *Fusarium* em várias culturas (ZAMBOLIM *et al*, 2012; ZAMBOLIM *et al*, 2005). A prática de calagem para correção do pH e fornecimento de Ca, é uma técnica utilizada há bastante tempo no controle de doenças de plantas e embora seja bem conhecido que o pH e a fertilidade do solo afetam significativamente a incidência e a severidade de muitas doenças radiculares, os mecanismos precisos são pouco compreendidos (WHEELER e RUSH, 2001).

Os macronutrientes

O nitrogênio (N), é o elemento mineral que as plantas exigem em maiores quantidades. Ele serve de constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas, nucleotídeos, coenzimas, etc (TAIZ e ZEIGER, 2004). A forma do N (amônio ou nitrato) que está disponível afeta a severidade mais que a quantidade do elemento. Pode apresentar também efeito direto sobre as fases do ciclo de vida do patógeno, como: germinação, sobrevivência, reprodução, crescimento e virulência do patógeno (ZAMBOLIM *et al*, 2012).

O fósforo (P) influencia na divisão celular e está diretamente relacionado com a produção e acúmulo de biomassa, fotossíntese, formação de carboidratos, também interfere na absorção e no metabolismo de vários outros elementos, principalmente o nitrogênio (NOVAIS e SMITH, 1999).

Plantas em estado de suficiência em potássio (K) apresentam redução na incidência, severidade e danos causados por insetos e fungos. Provavelmente isso ocorre devido as altas quantidades de K nos tecidos estimularem a produção e reserva de compostos fenólicos, que atuam na supressão de insetos e fungos (HUBER e ARNY, 1985, PERRENOUD, 1990). Na deficiência desse nutriente, os tecidos do hospedeiro ficam menos rígidos, com cutícula e parede celular menos espessa, a lignificação e suberização comprometidas, o que favorece a penetração do fungo (ELLET, 1973; PERRENOUD, 1990).

O teor de cálcio (Ca) no hospedeiro pode afetar a incidência de doenças de plantas das seguintes maneiras: em estado de deficiência, os açúcares se acumulam no apoplasto; em suficiência, poligalacturonatos de cálcio são requeridos na lamela média, para fortalecimento da parede celular. Em casos de carência de Ca, muitos fungos e bactérias fitopatogênicas que produzem enzimas pectolíticas extracelulares são favorecidos, pois a dissolução da lamela média é facilitada. Na presença de cálcio, o funcionamento dessas enzimas é comprometido (MARSCHNER, 1995).

O magnésio (Mg) é constituinte da clorofila e participa da fotossíntese, armazenando e transferindo energia, da respiração e sínteses orgânicas. No entanto, em algumas situações tem sido observado que o magnésio reduz o teor de cálcio em partes vegetais, fazendo com que ocorra a predisposição ao ataque de patógenos, devido ao desbalanço nutricional, envolvendo cálcio, magnésio e enxofre (ZAMBOLIM *et al.*, 2005).

Os micronutrientes

Em relação aos micronutrientes, Graham (1983) afirma que cobre, boro e manganês interferem na produção de lignina e de compostos fenólicos; zinco,

ferro e níquel têm efeitos relacionados à produção de fitoalexinas; silício e lítio com bloqueio à penetração de patógenos.

Íons de cobre (Cu), são liberados especialmente em meios ácidos. No solo, esse elemento tem sua mobilidade reduzida, pois reage com componentes minerais e orgânicos facilmente (VAN RAIJ, 1991). Está presente em muitas enzimas e participa na síntese de proteínas, carboidratos, parede celular e fixação simbiótica de nitrogênio pelas leguminosas (HUBER e GRAHAM, 1999). Sua deficiência está relacionada com baixos teores no solo, com problemas de absorção em virtude da adsorção da fração argila do solo e pH alto. Está envolvido no mecanismo de resistência a doenças, provavelmente pela atuação na biossíntese de fitoalexinas, que tem a capacidade de inibir a germinação e o crescimento de fungos (MARSCHNER, 1995; DECHEN et al., 1991).

Em pH baixo, o zinco (Zn) é facilmente adsorvido ao solo. Nos solos brasileiros sua carência é comum. Esse elemento é necessário para a síntese do triptofano, que posteriormente produzirá o ácido indol acético (AIA), essa auxina contribuirá para o alongamento celular, promovendo o crescimento dos tecidos (MALAVOLTA, 2006). Segundo Zambolim *et al.* (2012), níveis altos de Zn podem suprimir a produção da fitotoxina do ácido fusárico, além de enfraquecer a planta pelo excesso do nutriente.

O ferro (Fe), é necessário para ativar enzimas que atuam na transferência de elétrons e é imprescindível para a síntese de clorofila nos cloroplastos. A literatura relata que a aplicação de alto nível de ferro pode aumentar a produção de toxinas por *F. oxysporum*, entretanto também pode ativar enzimas necessárias para a síntese de compostos antifúngicos pela planta (MICHEREFF *et al*, 2005).

A disponibilidade de manganês (Mn) no solo é extremamente complexa. A transformação de Mn^{3+} ou óxido de Mn^{4+} insolúveis para Mn^{2+} solúvel depende de vários fatores químicos e microbiológicos do solo (HUBER e WILHELM, 1988). Acidificação do solo, irrigação na fase de crescimento, inibição da nitrificação e uso de nitrogênio na forma amoniacal (NH_4^+), propiciam a solubilidade do Mn, tornando-o disponível ao hospedeiro. De acordo com Zambolim e Ventura (1996) o uso de manganês nas folhas, aplicação em sementes ou incorporação no solo, pode ser eficaz no controle de doenças. Plantas susceptíveis apresentam baixo

teor de Mn, quando comparado às plantas resistentes. Alteração na resistência e síntese de substâncias fungitóxicas são prováveis efeitos do Mn (HUBER e WILHELM, 1988).

A granulometria do solo

A textura do solo é formada por diferentes proporções das frações de areia, silte e argila, que são definidas de acordo com o tamanho das partículas. Esses resultados são obtidos através da análise granulométrica, geralmente, utilizados na caracterização da classe textural do solo. Vários atributos do solo influenciam na textura, como, por exemplo, absorção de água, aeração e práticas culturais (FERNANDES FILHO e FRANCELINO, 2001).

As características físicas do solo, assim como as químicas e biológicas, interferem na sobrevivência do inóculo de *F. oxysporum*, tendo efeitos supressivos ou condutivos à ocorrência da doença (NELSON, 1981). Solos arenosos têm se mostrados mais condutivos nas murchas causadas por *F. oxysporum*, enquanto que solos argilosos têm se comportado de forma supressiva. Languasco et al. (2000), analisando murcha de fusarium em melão, relataram que essa condutividade em solos arenosos ocorria devido ao aumento da população deste patógeno no solo. Rodrigues et al. (1998) concluíram que em solos arenosos a severidade de murcha de fusarium em tomate era mais alta.

De maneira geral, a fusariose do maracujá ainda é um patossistema pouco elucidado. Os trabalhos se concentram no estudo da resistência genética de espécies silvestres a FOP, características genéticas do fungo e métodos de inoculação. Poucos estudos vêm sendo desenvolvidos na tentativa de controle da doença. O manejo adotado em relação a correção do pH, aplicação de macro e micronutrientes e textura do solo é baseado no modelo geral para outras fusarioses. É importante ressaltar que cada patossistema é específico e que os fatores de risco para a ocorrência dessa doença ainda são desconhecidos.

Em razão da carência de informações sobre a influência dos fatores abióticos de risco para fusariose do maracujá, este trabalho teve como objetivos: (i) correlacionar as variáveis químicas e físicas do solo com porcentagem de

incidência da fusariose em plantios de maracujá na Bahia, (ii) quantificar a produção de esporos de FOP em diferentes solos baianos (iii) analisar a influência de diferentes fontes de nitrogênio inorgânico no crescimento micelial e na produção de conídios e clamidósporos de FOP, e (iv). verificar o efeito de diferentes pHs sobre o crescimento micelial e a produção de conídios e clamidósporos de FOP

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. C.; BRUCKNER, C. H.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; ALVAREZ, V. H.; SOUZA, A. P.; PEREIRA, W. E.; HIMUZI, S. Quality of yellow passionfruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) as affected by potassium nutrition. **Fruits**. França, v.27, n.3, p.109- 115, 2006.

BASTOS, C. N. Produção de metabólitos tóxicos por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* causando murcha de plântulas de maracujá (*Passiflora edulis* Sims). **Turrialba**, San José, v.26, n.4, p.371-373, 1976.

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, p. 125-153, 2005.

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**, São Paulo/SP, v.20, n.2, p.265-266, 1968.

CEREDA, E.; CEREDA, M. P.; BRASIL, M. A. M.; LIMA, U. A. Conservação do maracujá ácido para consumo "in natura". **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.57, p.145-150, 1976.

DECHEN, A.R. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Coord.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, p. 6578, 1991.

ELLET, C.W. **Soil Fertility and Disease Development**. Better Crops with Plant Food, v.57, p.6- 8, 1973.

FILHO, E. I. F.; FRANCELINO, M. R. **Solo como sistema trifásico**. Viçosa /MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001.(Apostila).

GRAHAM, R. D. Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**, v. 10, p. 221-276, 1983.

HUBER D. M.; GRAHAM R. D.; The role of nutrition in crop resistance and tolerance to diseases. In: Rengel Z (ed) **Mineral nutrition of crops : fundamental mechanisms and implications**. New York: Food Products Press, p. 169-206, 1999.

HUBER, D. M.; ARNY, D. C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in Agriculture**, Madison: ASA, CSSA and SSA, p.467-488, 1985.

HUBER, D.M.; WILHELM, N.S. The role of manganese in resistance to plant disease. In: Manganese in soil and plants: an international symposium. Glen Osmond: Waite Agriculture Research Institute, p. 155 – 173, 1988.

KLIEMANN, H. J.; CAMPELO JÚNIOR, J. H.; AZEVEDO, J. A.; GUILHERME, M. R.; GENÚ, P. J. C. Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro. In: HAAG, H. P. **Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais**. Campinas/SP: Fundação Cargill, p. 247-284, 1986.

KRUGNER, T. L. Ação do ambiente sobre doenças de plantas. In: GALLI, F. (Coord.). **Manual de fitopatologia**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 1, p. 215-225, 1978.

LANGUASCO, L.; GIOSUÈ, S.; ROSSI, V.; GUALAZZI, M. Influence of soil and cultural variables on Fusarium wilt of melon. **OEPP/EPPO Bulletin**, Paris, v.30, p.185-190, 2000.

LESLIE J. F; SUMMERELL B.A. **The Fusarium Laboratory Manual**. Blackwell Publishing Ltd, Iowa, 2006.

LIBERATO, J. C.; COSTA, H. Doenças Fúngicas, Bacterianas e Fitonematoides. In: BRUCKNER, C. H.; PIKANÇO, M.C. **Maracujá – Tecnologia de produção, pós colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Ed. Cinco Continentes, p. 472, 2001.

LIMA, A.A.; BORGES, A.L. Exigências edafoclimáticas. In: LIMA, A.A.; CUNHA, M.A.P. **Maracujá: Produção e Qualidade na Passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, cap. 2, p.39-44, 2004.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, p. 683, 2006.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: maracujá**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 151. 1981.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York. Academic Press, 1995.

MARSCHNER, H. Relationship between mineral nutrition and plant diseases and pests. In: H. Marschner, ed. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, London, p. 369-390, 1986.

MARTINS, D. P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg) a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio**. 1998. Tese (Doutorado) Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacases, 1998.

MELETTI, L. M. M. Comportamento de híbridos e seleção de maracujazeiro (*Passifloraceae*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, Campos dos Goyatazes. Palestras. 2003

MELETTI, L. M. M. Maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims.) In: MELETTI, L. M. M. (Ed.). **Propagação de frutíferas tropicais**. Guaíba: Agropecuária Ltda.. P. p. 186-204, 2000.

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

MELETTI, L. M. M.; MAIA, M. L. **Maracujá: produção e comercialização**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, p. 64, 1999. (Boletim técnico, 181)

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Ed.) **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE – Imprensa Universitária, p. 153 – 181, 2005.

NELSON, P.E. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: Mace, M.E., Bell, A.A. & Beckman, C.H. (Eds.) **Fungal Wilt Diseases of Plants**. New York. Academic Press. p.51-80. 1981.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, p. 399, 1999.

OHARA, T.; I. INOUE, F.; NAMIKI, H.; KUNOH, AND T. TSUGE. REN1 is required for development of microconidia and macroconidia, but not of chlamydospores, in the plant pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. **Genetics**, p.113–124, 2004.

OLIVEIRA, J. C.; NAKAMURA, K.; RUGGIERO, C.; FERREIRA, F. R. Determinação de fonte de resistência em passifloraceas quanto a morte prematura de plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7, Brasília/DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Fruticultura, p.403-408, 1986.

PERRENOUD, S. **Potassium and Plant Health**. Berna: International Potash Institute, ed. 2, p. 363, 1990.

PLOETZ, R. C.; HERBERT, J.; SEBASIGARI, K.; HERNANDEZ, J. H.; PEGG, K. G.; VENTURA, J. A.; MAYATO, L. S. Taxonomy of fungi in the genus *Fusarium* wilt emphasis on *Fusarium oxysporum*. In: PLOETZ, R.C. **Fusarium Wilt of banana**. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA, cap.2, p.27-35, 1990.

RODRIGUES, F.A.; JULIATTI, F.C.; SILVA, O.A.; CORRÊA, G.F.; PEIXOTO, J.R. Influência de diferentes classes de solo na severidade da murcha-de-fusário do tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 404-406. 1998.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C.; DURINGAN, J.F.; BAUMGARTNER, J. G.; SILVA, J. R. DA; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M.E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. DE P. **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília, DF: EMBRAPA. SPI, p. 64, 1996.

SILVA J. S.; COIMBRA J. L.; TAVARES D. G.; AFONSO, G. O. Inibição in vitro do crescimento micelial do fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* utilizando isolados de actinomicetos obtidos da rizosfera de plantas nativas do cerrado baiano. **Natureza on line**, v. 11, e. 1, p.15-19, 2013.

SILVEIRA, M. V. Is manual pollination of yellow passion fruit completely dispensable? **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 146, n. 1, p. 99-103, 2012.

SOUSA, V. F. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 51-56, 2002.

SUMMERELL, B. A.; SALLEH, B.; LESLIE, J. F. A Utilitarian Approach to Fusarium Identification. **Plant Disease**, v. 87, n. 2, p.117-128, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2004.

URASHIMA, A. S. **Aspectos fenológicos do maracujazeiro amarelo (Passiflora edulis Sims var. flavicarpa Deg.)** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas- Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 343, 1991.

VIANA, F. M. P. **Principais Doenças do Maracujazeiro na Região Nordeste e seu Controle**. Fortaleza: Embrapa, p.12, 2003. (Comunicado Técnico 86)

VIANNA, F. N. P.; FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIDAL, J. C. **Principais doenças do maracujazeiro na região Nordeste e seu controle**. Fortaleza, 2003. 11p. (Comunicado Técnico 86). Disponível em: <<http://www.cnpat.embrapa.br>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

WHEELER, T.; RUSH, C.M. Soilborne diseases. In: Maloy, O.C. & Murray, T.D. (Eds.) **Encyclopedia of Plant Pathology**. New York. JohnWiley & Sons, p. 935-947. 2001.

ZAMBOLIM L.; COSTA, H.; VALE, F.X.R. Nutrição mineral e patógenos radiculares. In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E. G.T.; MENEZES, M. (Ed.) **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE – Imprensa Universitária, p. 153 – 181, 2005.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A. **Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas**. Informações Agrônômicas POTAFOS, Piracicaba/SP, n. 75, p.1 – 16, 1996.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A.; ZANÃO, L.A. **Efeito da Nutrição Mineral no Controle de Doenças de Plantas**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa. Soil Science, ed.1, v. 1, p. 321, 2012.

CAPÍTULO 1

**Identificação e modelagem do risco de fatores químicos e físicos
à incidência da fusariose do maracujazeiro na bahia**

Identificação e modelagem do risco de fatores químicos e físicos à incidência da fusariose do maracujazeiro na Bahia

Giselle Souza Pinheiro ¹; Ludmilla Ferreira Cajuhi ¹; Ângelo Lima de Souza Guimarães ¹; Raul Castro Carrielo Rosa ²; Francisco Ferraz Laranjeira ²

¹ Mestrando em Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), e-mail: gisellepinheiro13@hotmail.com (autor para correspondência). ² Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas (CNPMPF), e-mail: francisco.laranjeira@embrapa.br; raul.rosa@embrapa.br

RESUMO

A fusariose do maracujá é uma doença causada por um fungo de solo, *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP), seu sintoma típico é a murcha. A Bahia é o principal produtor da fruta, porém a produção está sendo comprometida devido a esse problema fitossanitário. Os nutrientes podem aumentar ou diminuir a resistência das plantas a patógenos. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi identificar e quantificar a relação de risco entre fatores abióticos do solo e a incidência de fusariose do maracujá em plantios no estado da Bahia. Ao todo foram coletadas 50 amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm. As análises químicas determinaram os valores de pH, macro e micronutrientes, e a classificação textural através de análise granulométrica. Constatou-se predominância de solos alcalinos. Em relação à classe textural, a franco arenoso foi verificada em 60% das amostras. Os dados de incidência em plantas se correlacionaram positivamente com pH, V e areia muito fina, já os valores de H+ Al, Fe e silte se correlacionaram negativamente. Para incidência em covas, pH, V, Mn/Fe e areia muito fina apresentaram correlação positiva, e H+ Al, Fe e silte se correlacionaram de forma negativa. De maneira geral, os elementos que se correlacionaram positivamente e negativamente com as incidências, podem indicar condutividade e supressividade à doença, respectivamente. Alta incidência da doença foi associada a teores de areia muito fina acima de 104 g/kg de solo. As variáveis, irrigação e classificação textural não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$).

Palavras-chave: murcha-de-fusário, *passiflora*, pH, areia

Identification and modeling of the risk of chemical and physical factors to the incidence of fusarium wilt of passionflower in Bahia

ABSTRACT

The passion fruit scab is a disease caused by a soil fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP), its typical symptom is wilting. Bahia is the largest producer of the fruit, but the production is being compromised because of this pest problem. Nutrients can increase or decrease the resistance of plants to pathogens. Thus, the aim of this study was to identify and quantify the risk relationship between abiotic factors of soil and the incidence of fusarium passion fruit plantations in the state of Bahia. Altogether they were collected 50 soil samples at a depth of 0-20 cm. Chemical analysis determined the pH, macro and micronutrients, and texture classification using the sieve analysis. There is a predominance of alkaline soils. Regarding the texture class, the sandy loam was observed in 60% of samples. The incidence data on plants were positively correlated with pH, V and very fine sand, since the H + Al values, Fe and silt were negatively correlated. For incidence in pits, pH, V, Mn / Fe and fine sand were positively correlated, and H + Al, Fe and silt correlated negatively. In general, the elements that positively and negatively correlated with the incidence may indicate conduciveness and supressiveness the disease, respectively. High incidence

of the disease was associated with very fine sand content acima 104 g / kg soil. The variables, irrigation and textural classification showed no significant difference ($p < 0.05$).

Keywords: fusarium wilt, passionflower, pH, sand

Introdução

A grande diversidade genética do gênero *Passiflora*, está no Brasil com cerca de 150 espécies nativas conhecidas, sendo o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deneger), o mais rentável economicamente. No país, seu cultivo em escala comercial iniciou-se no começo da década de 70. A qualidade dos frutos, produtividade e rendimento do suco, fazem com que essa espécie ocupe em torno de 95% dos pomares comerciais brasileiros, sendo também o mais cultivado do mundo (Araújo *et al.*, 2006; Meletti & Bruckner, 2001).

O Brasil é o maior produtor mundial, com produção anual girando em torno de 838.244 toneladas. A região Nordeste do país é a maior produtora com um total de 622.036 toneladas. A Bahia é o maior produtor nacional da fruta, sendo responsável por quase 43% da produção brasileira, estando o cultivo concentrado nos municípios de Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio, e Rio Real, que respondem por aproximadamente 51% da produção baiana (IBGE, 2013).

O cultivo dessa fruteira, está em sua maioria associado a pequenas propriedades, proporcionando geração de empregos e renda, auxiliando no sustento familiar (Viana *et al.*, 2003). Entretanto, apesar da cultura estar presente em quase todas as regiões, devido as condições climáticas favoráveis ao cultivo, a produtividade, em geral, é baixa (12 a 15t/ha). Essa baixa produtividade pode ser causada a fatores como: autoincompatibilidade da espécie, o que dificulta a polinização; ao manejo ineficaz do pomar; a baixa aplicação tecnológica, e por problemas fitossanitários tais como as doenças causadas por patógenos de solo (Silveira *et al.*, 2012). Os problemas fitossanitários têm reduzido consideravelmente o tempo de vida útil da cultura, levando o agricultor a renovar

frequentemente seu pomar (Silva *et al.*, 2013).

A murcha de fusarium ou fusariose causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP) é um dos fatores limitantes no cultivo do maracujazeiro. Morfologicamente, *F. oxysporum* é muito variável, pode apresentar micélio flocoso, escasso ou abundante e variar da cor branca até violeta escuro em meio BDA (Batata Dextrose Ágar) dependendo do isolado utilizado. Os esporos podem ser na forma de macroconídios ou microconídios (Leslie & Summerell, 2006). A disseminação do patógeno pode acontecer através do contato de raízes infectadas com raízes de sadias, durante o crescimento das plantas, mudas infectadas e também pela água de irrigação.

Esse micro-organismo pode formar clamidósporos, que são estruturas de resistência com capacidade de sobrevivência no solo por longos períodos, sendo uma fonte de inóculo para novos plantios. Isso revela um dos principais obstáculos ao controle da doença (Bastos, 1976, Manica, 1981). A formação dessa nova estrutura, pode acontecer através da condensação do citoplasma e adensamento da parede das células que lhe originaram. Tem parede densa, aspecto enrugado, e coloração geralmente amarelo-marrom (Ohara, 2004; Summerell *et al.*, 2003).

Esse fitopatógeno habitante do solo está entre os principais causadores de doenças de importância econômica do maracujazeiro, pois uma vez a planta infectada, ainda não existe forma de controle curativo. Essa enfermidade vem acarretando redução da vida útil do maracujazeiro, tornando essa cultura itinerante. Devido à alta incidência da doença, a renovação dos pomares acontece a cada dois anos ou

anualmente, sendo que a vida útil da cultura era de cinco a seis anos (Ruggiero, 1996).

Os nutrientes além de exercerem influência na produtividade das plantas cultivadas causando modificações na taxa de crescimento, na sua composição química, também têm a capacidade de aumentar ou diminuir a incidência das doenças, ou até mesmo agir diretamente sobre o ciclo de vida do patógeno. A supressão às doenças de plantas pode ser alcançada através da manipulação das características químicas do solo como pH, macro e micronutrientes (Bettiol & Ghini, 2005).

O pH é o fator que mais afeta a disponibilidade dos nutrientes minerais tanto para as plantas como para os micro-organismos presentes no solo. Pode atuar direta ou indiretamente na população dos fitopatógenos e de antagonistas. Em casos de pH alto, micro-organismos patogênicos são privados de seus micronutrientes essenciais, como Fe e B, enquanto que actinomicetos e bactérias se multiplicam muito rápido, podendo assim ocorrer antagonismo. Solos com pH próximo a 7,0 parecem ser mais supressivos à murcha de *Fusarium* em várias culturas (Zambolim et al, 2012; Zambolim et al, 2005). A prática de calagem para correção do pH e fornecimento de Ca, é uma técnica utilizada há bastante tempo no controle de doenças de plantas e embora seja bem conhecido que o pH e a fertilidade do solo afetam significativamente a incidência e a severidade de muitas doenças radiculares, os mecanismos precisos são pouco compreendidos (Wheeler & Rush, 2001).

As características físicas do solo, assim como as químicas e biológicas, interferem na sobrevivência do inóculo de *F. oxysporum*, tendo efeitos supressivos ou condutivos à ocorrência da doença (Nelson, 1981). Solos arenosos têm se mostrados mais condutivos nas murchas causadas por *F. oxysporum*, enquanto que solos argilosos têm se comportado de forma supressiva. Languasco et al. (2000), analisando murcha de fusarium em melão, relataram que essa condutividade em solos arenosos ocorria devido ao aumento da população deste patógeno no solo. Rodrigues et al. (1998) concluíram que em solos arenosos a

Os nutrientes presentes no solo, disponíveis ao hospedeiro podem influenciar na susceptibilidade às doenças de várias formas, interferindo na disponibilidade de alimentos ao patógeno e nos mecanismos bioquímicos de defesa (Krugner, 1978). A supressividade aos patógenos pode ser aumentada, pela produção de compostos antifúngicos e enrijecimento da parede celular. Isso pode ocorrer quando todos os elementos minerais estiverem presentes de maneira balanceada (Marchner, 1986).

severidade de murcha de fusarium em tomate era mais alta.

De maneira geral, a fusariose do maracujá ainda é um patossistema pouco elucidado. Os trabalhos se concentram no estudo da resistência genética de espécies silvestres a FOP, características genéticas do fungo e métodos de inoculação. Poucos estudos vêm sendo desenvolvidos na tentativa de controle da doença. O manejo adotado em relação a correção do pH, aplicação de macro e micronutrientes e textura do solo é baseado no modelo geral para outras fusarioses. É importante ressaltar que cada patossistema é específico e que os fatores de risco para a ocorrência dessa doença ainda são desconhecidos.

Em razão da carência de informações sobre a influência dos fatores abióticos de risco para fusariose do maracujá, este trabalho teve como objetivo: correlacionar as variáveis químicas e físicas do solo com porcentagem de incidência da fusariose em plantios de maracujá na Bahia.

Material e Métodos

Coleta e análise química e física das amostras de solo

As amostras de solos foram coletadas em áreas produtoras de maracujá amarelo em final de ciclo, na Bahia, no ano de 2014 durante os meses de agosto a novembro, nas cidades de Brumado (Itaquaraí), Dom Basílio, Livramento de Nossa Senhora e Rio de Contas. As amostras foram retiradas próximo as plantas na profundidade de 0-20

cm, com auxílio de um trado holandês. Ao todo foram coletadas 50 amostras compostas (cada amostra composta correspondeu de

cinco a dez sub-amostras simples após a homogeneização), sendo uma amostra por área.

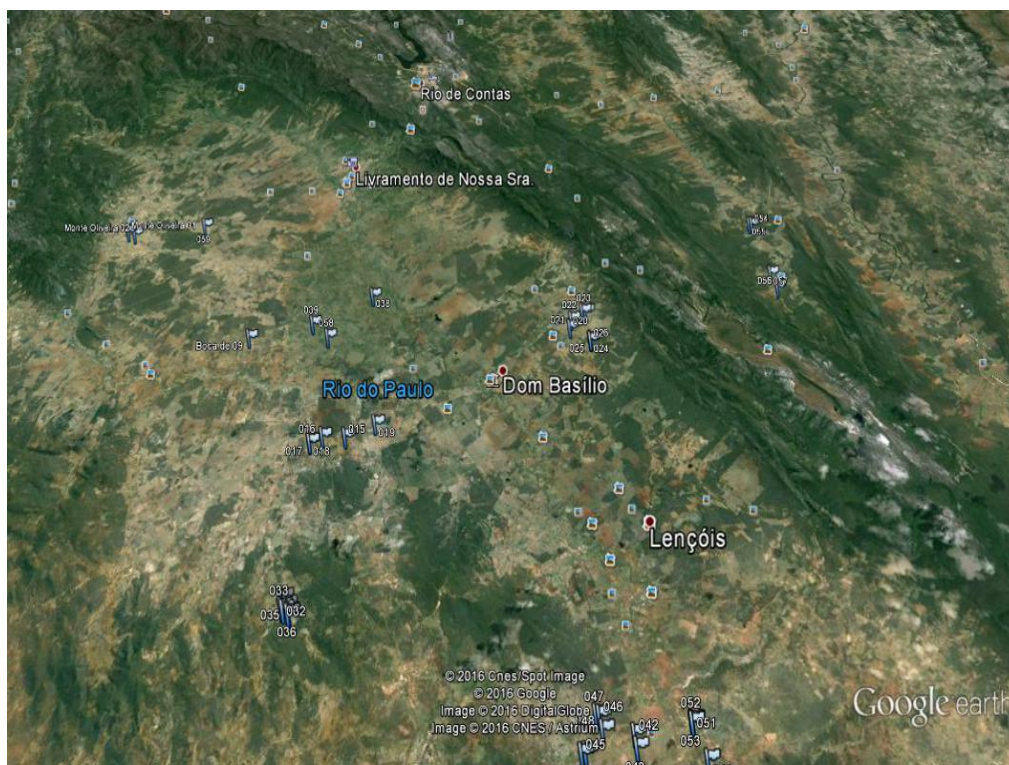


Figura 1. Pontos de GPF nas áreas de coleta das amostras de solo em plantios de maracujá na Bahia

As análises químicas para determinação dos valores de pH, P, K, Ca, Mg, Ca+Mg, Al, Na, H+Al, SB, CTC, V, Cu, Fe, Zn, Mn, foram feitas utilizando os métodos descritos em Embrapa (1997).

A partir dos resultados das análises químicas, quantificaram-se as seguintes relações entre nutrientes: K/Mg, K/Ca, Mg/K, Ca/Mg, Ca/Na, Ca+Mg/K, Mg/Cu, Mg+Mn, Na/Mg, Mg+Zn, Cu/Fe, Mn/Fe, Zn/Cu, P/Cu, K/Na, K/P, Cu+Fe+Zn+Mn.

A classificação textural dos solos coletados e os teores de areia (muito grossa, grossa, média, fina, muito fina e total), silte, argila foram determinados através de análise granulométrica (EMBRAPA, 1997).

Incidência de Fusariose nas áreas

As avaliações de incidência da doença foram feitas percorrendo-se toda a área plantada, anotando-se as plantas doentes e as plantas sem sintomas. Como planta doente admitiu-se as que apresentavam sintomas clássicos da doença: murcha verde (Figura 1) e descoloração dos vasos (Figura 2). As plantas que apresentavam sintomas externos, foram cortadas longitudinalmente para verificar se havia descoloração interna dos vasos condutores, caso esse sintoma fosse observado, fragmentos dos tecidos eram coletados e levados para o Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca em Fruticultura, para isolamento e confirmação do agente causal. Os dados foram expressos em porcentagem, considerando a proporção de plantas e covas sintomáticas em cada área.



Figura 2. Planta de maracujá com sintoma de murcha de fusariose. Foto: Francisco Laranjeira



Figura 3. Vasos com descoloração causada por FOP (à esquerda), vasos assintomáticos (à direita)
Foto: Francisco Laranjeira

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para normalidade. Os valores em percentagem (Incidência da doença em plantas e covas, e saturação de bases (V)) foram transformados para $\arcsin \sqrt{x/100}$ visando a distribuição normal. Os dados de solo dos diferentes pomares de maracujá amostrados. As variáveis correlacionadas ($p < 0,15$) com a incidência da doença, foram utilizadas para a análise de componentes principais, com o objetivo de definir quais dessas variáveis mais contribuíam para explicar o conjunto de dados (Moita Neto & Moita, 1997).

Na seleção dos fatores, o critério adotado foi que a soma da variância deveria corresponder a um mínimo de 75% da variância total.

Procedeu-se uma análise de discriminante, para determinar se as variáveis selecionadas eram capazes de separar melhor os agrupamentos previamente definidos (Legendre & Legendre, 1998). A significância do modelo foi testada pelo teste F ($P < 0,05$), e a contribuição relativa das variáveis foi analisada pela estatística lambda parcial de Wilk ($p < 0,05$). Posteriormente a identificação das variáveis discriminantes e dos valores-limite, os agrupamentos foram comparados pelo teste U de Mann-Whitney ($P < 0,05$).

As informações sobre irrigação e classificação textural das áreas foram analisados por meio do teste U de Mann-Whitney (comparação de dois grupos) e teste de Kruskal-Wallis (comparação de três ou mais grupos), respectivamente. Todos os procedimentos foram executados no programa STATISTICA 7.0.

Mediu-se o grau de associação entre duas variáveis numéricas através dos coeficientes de correlação de Spearman (Figueiredo et al., 2009) entre a incidência da doença em plantas e covas, e as variáveis químicas e físicas das amostras de

Resultados

A normalidade dos dados das 48 variáveis analisadas, verificada pelo teste Shapiro-Wilk W ($p < 0,05$), constatou que apenas Mn, Mg + Mn, areia média, areia muito fina, areia total e silte seguiam distribuição normal.

As características químicas dos solos evidenciaram a predominância de solos alcalinos, com 28 amostras apresentando valores de pH acima de 7,0 e 22 com valores inferiores a 7,0. O valor mínimo de pH observado foi de 4,7 e o máximo de 8,2 (Tabela 1).

Os teores de Al, H+Al, Zn e Na apresentaram os maiores coeficientes de variação (%), com valores respectivos de 420,9%, 187,2%, 86,6% e 86,1%, indicando alta variação da quantidade desses elementos nos solos dos municípios baianos amostrados. As menores variações foram observadas no pH e na saturação de bases (V), com 12,2% e 13,4%, evidenciando maior uniformidade dessas variáveis nos pontos coletados.

Em relação à característica física estudada, as amostras de solo apresentaram quatro classes texturais diferentes, com predominância da classe textural franco arenoso, verificada em 60% das amostras.

Tabela 1. Estatísticas descritivas sobre a incidência de fusariose em plantas e covas e as variáveis químicas dos solos originados de diferentes pomares de maracujá amarelo na Bahia.

Variável	Média	Mín	Máx	DP	CV (%)
Inc. plantas (%)	21,85	0,00	100,00	28,27	129,40
Inc. covas (%)	30,92	0,00	100,00	30,42	98,39
pH	6,99	4,70	8,20	0,85	12,23
P (mg/dm^3)	89,02	4,00	210,00	53,27	59,84
K ($cmolc/dm^3$)	0,42	0,12	1,21	0,22	52,02
Ca ($cmolc/dm^3$)	5,20	1,16	22,31	3,37	64,92

Mg (<i>cmolc /dm³</i>)	1,90	0,35	7,63	1,27	66,53
Ca + Mg (<i>cmolc /dm³</i>)	7,10	1,51	29,94	4,52	63,65
Al (<i>cmolc /dm³</i>)	0,03	0,00	0,70	0,13	420,88
Na (<i>cmolc /dm³</i>)	0,74	0,05	3,17	0,63	86,09
H +Al (<i>cmolc /dm³</i>)	0,53	0,00	5,28	0,98	187,18
SB (<i>cmolc /dm³</i>)	8,26	1,80	30,58	4,78	57,94
CTC (<i>cmolc /dm³</i>)	8,78	3,92	32,56	4,90	55,79
V (%)	93,52	44,00	100,00	12,50	13,37
Cu (<i>mg/dm³</i>)	1,59	0,00	5,14	1,08	67,97
Fe (<i>mg/dm³</i>)	29,23	5,57	89,39	19,51	66,74
Zn (<i>mg/dm³</i>)	3,00	0,51	11,30	2,59	86,59
Mn (<i>mg/dm³</i>)	89,31	6,45	184,16	40,95	45,85

SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação de bases, DP = desvio padrão, CV = Coeficiente de Variação

As variáveis que se correlacionaram com a incidência da doença tanto em plantas como em covas, foram semelhantes (Tabela 2). Com exceção apenas da relação Mn/Fe, que apresentou correlação somente com incidência em covas.

Os dados de incidência em plantas se correlacionaram positivamente com pH, V e areia muito fina. Os valores de H+Al, Fe e

silte se correlacionaram negativamente. Para incidência em covas, pH, V, Mn/Fe e areia muito fina apresentaram correlação positiva, e H+Al, Fe e silte se correlacionaram de forma negativa. De maneira geral, os elementos que se correlacionaram positivamente e negativamente com as incidências, podem indicar condutividade e supressividade à doença, respectivamente.

Tabela 2. Coeficientes da correlação de Spearman entre a incidência de fusariose em plantas e em covas e as variáveis químicas e físicas dos solos originados de diferentes pomares de maracujá amarelo na Bahia.

Variável	Incidência em plantas (%)	Incidência em covas (%)
pH	0,23*	0,26*
P (<i>mg/dm³</i>)	-0,05 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
K (<i>cmolc /dm³</i>)	0,09 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Ca (<i>cmolc /dm³</i>)	0,06 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Mg (<i>cmolc /dm³</i>)	-0,07 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
Ca + Mg (<i>cmolc /dm³</i>)	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Al (<i>cmolc /dm³</i>)	-0,11 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
Na (<i>cmolc /dm³</i>)	-0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}
H +Al (<i>cmolc /dm³</i>)	-0,22*	-0,26*
SB (<i>cmolc /dm³</i>)	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}
CTC (<i>cmolc /dm³</i>)	-0,04 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
V (%)	0,21*	0,26*

Cu (mg/dm^3)	-0,07 ^{ns}	-0,14 ^{ns}
Fe (mg/dm^3)	-0,22*	-0,30*
Zn (mg/dm^3)	-0,02 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
Mn (mg/dm^3)	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}
K/Mg	0,13 ^{ns}	0,16 ^{ns}
K/Ca	0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Mg/K	-0,13 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
Ca/Mg	0,10 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Ca/Na	0,09 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Ca+Mg/K	-0,08 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
Mg/Cu	0,07 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Mg+Mn	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Na/Mg	-0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Mg+Zn	-0,07 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
Cu/Fe	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Mn/Fe	0,17 ^{ns}	0,25*
Zn/Cu	0,14 ^{ns}	0,18 ^{ns}
P/Cu	0,10 ^{ns}	0,16 ^{ns}
K/Na	0,11 ^{ns}	0,04 ^{ns}
K/P	0,06 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Cu+Fe+Zn+Mn	0,01 ^{ns}	-0,07 ^{ns}
Ar.muito grossa (g/kg)	-0,15 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
Areia grossa (g/kg)	-0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Areia média (g/kg)	0,08 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Areia fina (g/kg)	0,18 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Ar.muito fina (g/kg)	0,21*	0,22*
Areia total (g/kg)	0,15 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Silte (g/kg)	-0,25*	-0,27*
Argila (g/kg)	-0,01 ^{ns}	-0,03 ^{ns}

* valores significativos a $P \leq 0,15$, ^{ns} valores não significativos a $P \leq 0,15$, SB= soma de bases, CTC= capacidade de troca catiônica, V = saturação por bases.

Considerando as variáveis que se correlacionaram com a incidência em plantas ($p < 0,15$), observou-se que os dois primeiros componentes principais (CP) explicaram 82,49% da variância total disponível (Figura 3). As variáveis que mais contribuíram para o CP1 (que explica 59,34% da variância total), foram pH,

saturação de bases (V) e acidez potencial (H + Al) (30,46%, 30,58% e 29,79% do total do CP1, respectivamente). No CP2, que explica 23,15% da variância total, as variáveis que mais contribuíram foram Fe e areia muito fina, com 60,34% e 38,53%, respectivamente, do total do CP2 (Tabela 3).

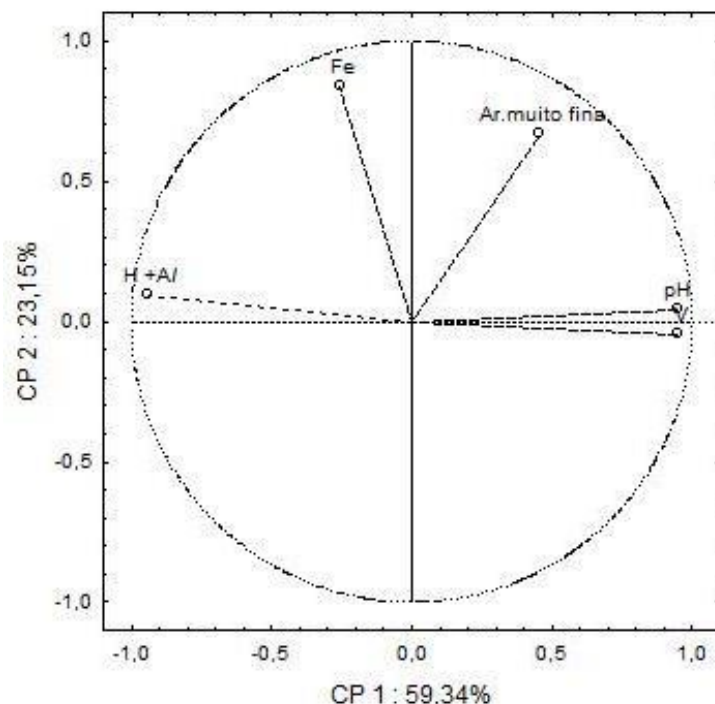


Figura 4. Coordenada de fatores da análise de componentes principais para a incidência de fusariose em plantas em relação às variáveis químicas e físicas dos solos originados de diferentes pomares de maracujá amarelo na Bahia.

Tabela 3. Componentes principais (CP), variância explicada (VT) e contribuição das variáveis químicas e físicas (%) em cada componente principal para a incidência de fusariose em plantas.

CP	VT(%)	pH	H+Al	V	Fe	Areia muito fina
1	59,34	30,46	29,79	30,58	2,19	6,96
2	23,15	0,16	0,77	0,17	60,34	38,53
3	12,91	2,42	1,07	6,43	36,35	53,70
4	3,10	35,47	61,05	2,43	1,01	0,01
5	1,50	31,47	7,30	60,37	0,08	0,77

Para incidência em covas, os dois primeiros componentes principais (CP) explicaram 76,54% da variância total disponível (Figura 4). As variáveis que mais contribuíram para o CP1 (que explica 51,63% da variância total), foram pH, saturação de bases e acidez potencial (28,50%, 28,35% e

27,51% do total do CP1, respectivamente). No CP2, que explica 24,91% da variância total, as variáveis que mais contribuíram foram Fe, Mn/Fe e areia muito fina, com 43,23%, 33,14% e 20,02%, respectivamente, do total do CP2 (Tabela 4).

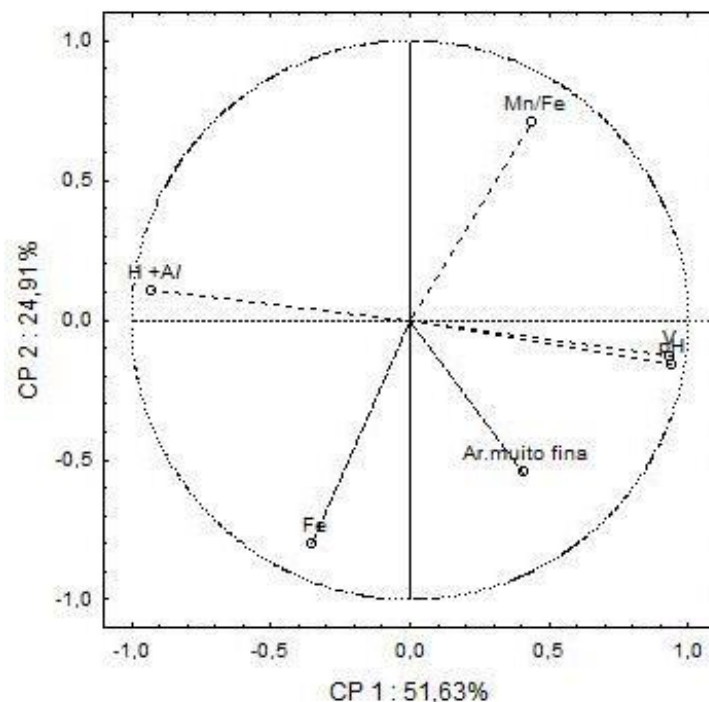


Figura 5. Coordenada de fatores da análise de componentes principais para a incidência de fusariose em covas em relação às variáveis químicas e físicas dos solos originados de diferentes pomares de maracujá amarelo na Bahia.

Tabela 4. Componentes principais (CP), variância explicada (VT) e contribuição das variáveis químicas e físicas (%) em cada componente principal para a incidência de fusariose em covas.

CP	VT(%)	pH	H+Al	V	Fe	Mn/Fe	Areia muito fina
1	51,63	28,50	27,51	28,35	4,04	6,19	5,38
2	24,91	1,73	0,71	1,14	43,23	33,14	20,02
3	12,38	1,14	5,03	7,07	1,16	17,07	68,49
4	7,58	3,33	3,99	0,61	46,97	39,74	5,32
5	2,25	30,76	57,03	3,91	4,57	3,71	0,00
6	1,24	34,52	5,68	5,88	0,00	0,12	0,76

A análise discriminante foi aplicada a partir dos dois grupos definidos (<5% baixa incidência e >5% alta incidência) em função da percentagem de incidência da doença e considerando a utilização das variáveis que se correlacionaram significativamente

($p < 0,15$) (Tabelas 5 e 6). A única variável que contribuiu significativamente para a discriminação dos grupos de incidência foi a areia muito fina com 18% de erros e 82% de acertos, para plantas (Tabela 6).

Tabela 5. Estatísticas de Wilks' Lambda e probabilidade associados às variáveis utilizadas na análise discriminante de incidência de fusariose (covas) em solos originados de diferentes pomares de maracujá amarelo na Bahia.

Variável	Wilk's Lambda	Probabilidade de erro
pH	0,83	0,36
H +Al	0,87	0,10
V	0,82	0,72
Fe	0,86	0,15
Mn/Fe	0,82	0,70
Areia muito fina	0,87	0,10

Tabela 6. Estatísticas de Wilks' Lambda e probabilidade associados às variáveis utilizadas na análise discriminante de incidência de fusariose (plantas) em solos originados de diferentes pomares de maracujá amarelo na Bahia.

Variável	Wilk's Lambda	Probabilidade de erro
pH	0,81	1,00
H +Al	0,82	0,52
V	0,82	0,80
Fe	0,87	0,09
Areia muito fina	0,96	0,01

Após a identificação da variável capaz de discriminar os grupos de incidência de fusariose em plantas de maracujá, realizou-se o teste de

Mann-Whitney para comparar os grupos, o que confirma a observação de que o teor de areia muito fina conseguiu distinguir a incidência em alta e baixa com uma probabilidade de erro = 0,052 (Figura 5).

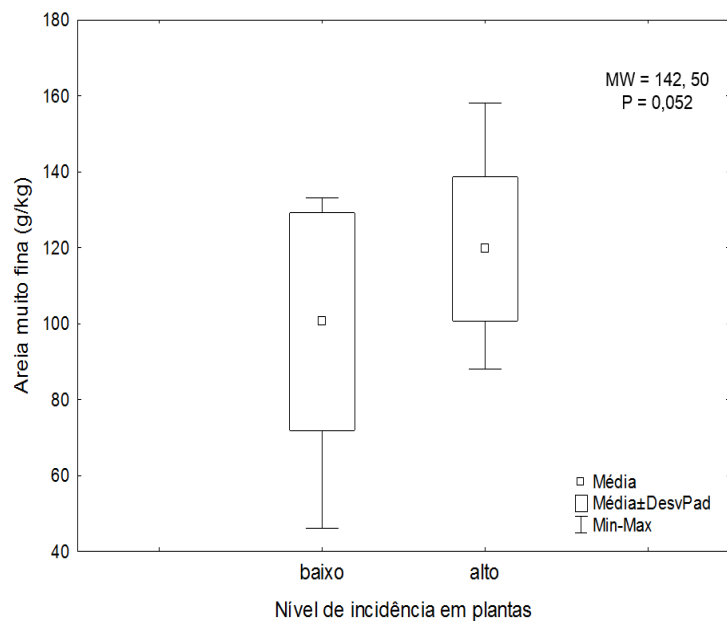


Figura 6. Comparação de grupos de incidência em plantas em função dos teores de areia muito fina, pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

Foi utilizada a técnica dos quantis para plotar o comportamento das variáveis e selecionar valores-limite, assim foi possível observar o comportamento da distribuição dos teores de areia muito fina e a relação com a incidência de fusariose em plantas de

maracujá (Figura 6). Acima do percentil 25% da incidência em plantas, a relação entre as duas variáveis testadas é diretamente proporcional.

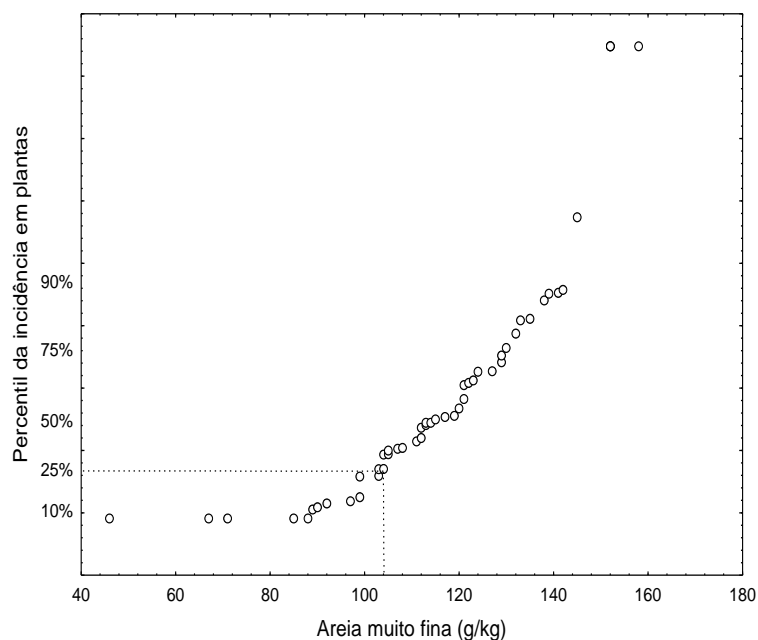


Figura 7. Relação entre areia muito fina e incidência de fusariose em plantas de maracujá amarelo. A linha pontilhada e seta no gráfico quantil-quantil mostram a seleção do valor-limite da variável física do solo.

A partir do gráfico anterior, foi selecionado e testado um valor-limite de 104 g/kg de areia muito fina. O valor limite determinado foi significativo para separar os valores de incidência em plantas, pelo teste U

de Mann-Whitney ($p < 0,05$). Alta incidência da doença foi associada a teores de areia muito fina acima de 104 g/kg de solo (Figura 7).

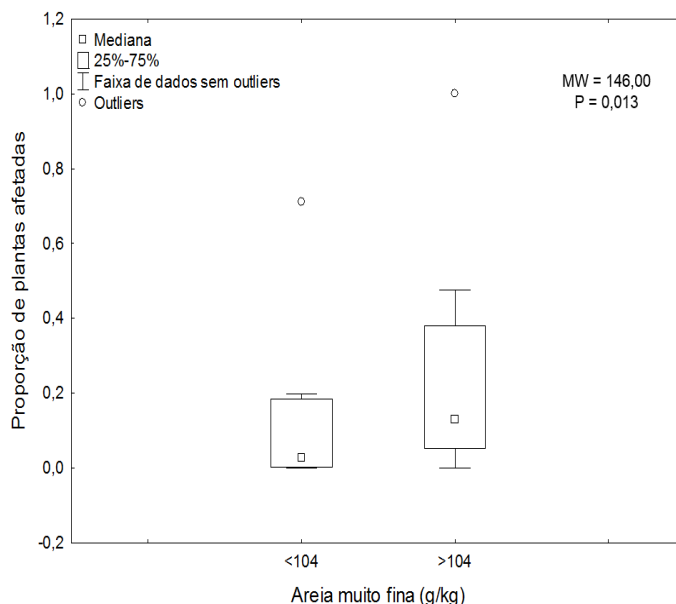


Figura 8. Comparação de grupos classificados de acordo com o valor-limite de areia muito fina, pelo teste U de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

Os dados de irrigação (gotejamento ou microaspersão) e classificação textural (franco argilo arenoso, franco arenoso, areia franca e argila), foram comparados pelos testes de Mann-Whitney ($p = 0,94$) e Kruskal-Wallis ($p = 0,30$), respectivamente. Para nenhuma das variáveis analisadas foi observada diferença significativa

Discussão

Os sintomas observados em campo são reflexo do ciclo das relações patógeno-hospedeiro. Os atributos químicos e físicos do solo podem agir direta ou indiretamente tanto no hospedeiro quanto no patógeno. A maioria dos trabalhos que abordam o efeito dos fatores abióticos em fusarioses, relatam apenas a alta ou baixa incidência da doença, mas não abordam em que fase específica isso ocorreu, seja a sobrevivência, disseminação, infecção, colonização ou reprodução do patógeno. O conhecimento dos fatores abióticos de risco para a ocorrência da doença se faz útil desde antes da implantação do pomar ou até no manejo de pomares já estabelecidos.

Diferentemente de alguns patossistemas com *F. oxysporum* em outras culturas de interesse agrícola (banana, tomate, feijão caupi, algodão)

em que pH ácido favorece a doença, para a fusariose do maracujá o observado foi o oposto, a doença é mais severa em pH alcalino. Frequentemente, *F. oxysporum*, e outros fungos de solo, possuem preferência por solos com pH ácidos (Amir & Alabouvette, 1993). Isso pode ser atribuído a uma adaptação do patógeno a essa condição, já que a maioria dos solos analisados tinham pH acima de sete. Em solos com pH superior a 7, a disponibilidade de Fe, Cu, Zn e Mn pode ser comprometida (Souza et al., 2007). Levando em consideração que esses micronutrientes atuam na defesa da planta, hospedeiros em pH alcalino podem estar mais suscetíveis a infecção e colonização do fungo.

No tocante ao índice de saturação de bases (V), a correlação positiva também foi observada, o que faz todo sentido já que essa variável e os níveis de pH, são altamente

relacionados e podem atuar simultaneamente na supressividade ou na condutividade de doenças. É importante ressaltar que nesse caso, o efeito não veio da ação isolada de um nutriente, e sim, da soma de bases trocáveis (Ca+Mg+K+Na) dividida pela capacidade de troca de cátions (SB+ H+Al). Os elementos Ca, Mg estão frequentemente associados ao pH. No hospedeiro, esses elementos auxiliam na organização celular e no crescimento, respectivamente. No entanto, na ausência do hospedeiro, talvez estejam induzindo a atividade saprofítica do patógeno. Como estão em abundância, esses elementos podem estar servindo de nutrientes ao fungo. Em contraposição, para o mal-do-Panamá em bananeira cv. Pacovan no estado da Paraíba, os maiores valores de V foram observados em plantas sadias (Lopes et al., 2008). Já para murcha-de-fusário em caupi, nenhuma relação foi observada (Andrión, 2009). Ressaltando-se assim a especificidade de cada patossistema.

O efeito negativo da acidez potencial (H+Al), pode estar associado ao efeito direto no fungo, por meio da toxicidade do Al. Sabe-se que esse elemento compromete o crescimento das raízes através da interferência no meristema apical e conseqüentemente na divisão celular (Zambolim et al, 2012). Em pH ácido e conseqüentemente maior acidez potencial, os hospedeiros tendem a ter mais disponibilidade de macronutrientes, os quais podem atuar na integridade da membrana e da parede celular, como é o caso do cálcio. Nessas condições o processo de infecção pode ser dificultado e a relação parasitária não se estabelecer.

A correlação negativa entre os teores de Fe nos solos e a incidência da fusariose do maracujazeiro pode estar relacionada ao fato de que na presença de íons ferro, o hospedeiro ativa enzimas que atuam na síntese de compostos antifúngicos (Zambolim et al., 2005). Outra possível explicação seria o efeito de antagonistas, como *F. oxysporum* não patogênico e *Pseudomonas* na competição por esse nutriente. Todavia, esse elemento em altas concentrações pode influenciar no aumento da síntese de toxinas por *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Michereff et al., 2005).

De todos os atributos do solo, avaliados, a areia muito fina foi o único identificado como fator de risco para a ocorrência da doença. De maneira geral, solos arenosos são mais condutivos a doenças causadas por esse patógeno de solo (Balmer et al., 1967; Languasco, 2000). Uma possível explicação seria que solos com essa textura, facilitam o crescimento das raízes do hospedeiro, e conseqüentemente teria mais tecido a ser infectado pelo patógeno. Outra hipótese seria que condições de mais aeração, poros maiores e boa drenagem facilitariam a microdisseminação do inóculo naquele ambiente.

Com base nessa análise exploratória, foi possível inferir sobre alguns dos atributos químicos e físicos do solo que tem relação com a fusariose do maracujazeiro, porém o estudo dos fatores abióticos envolvidos nesse patossistema ainda estão em fase inicial. Devido à importância econômica crescente dessa fruteira, os resultados obtidos nesse trabalho devem servir de base para experimentos futuros que levem em consideração as diferentes fases do ciclo da doença e do patógeno, visando contribuir efetivamente para o manejo desse problema fitossanitário.

Conclusões

1. Neste trabalho foi possível identificar os fatores abióticos relacionados à incidência da fusariose do maracujá e ao crescimento, reprodução e sobrevivência do agente causal.

2. Através das análises utilizadas, os elementos e relações: pH, Fe, saturação de bases, acidez potencial, silte e areia muito fina, se mostraram condutivos ou supressivos à ocorrência da doença. Sendo a areia o único identificado como fator de risco.

3. O estudo dos fatores abióticos que influenciam na fusariose do maracujazeiro ainda está em fase inicial. No entanto, os dados gerados nesta análise exploratória devem servir de base para experimentos futuros que visem descobrir em que fase da relação patógeno-hospedeiro, cada fator está interferindo. E assim tomar as medidas

cabíveis para o manejo deste problema da passicultura.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos produtores de maracujá e funcionários da ADAB de

Dom Basílio e Livramento de Nossa Senhora pelo auxílio na coleta das amostras de solo, aos Laboratórios de Nutrição de plantas e Física do solo da Embrapa Mandioca e Fruticultura (CNPMPF) pelas análises, à Capes pela concessão das bolsas e à Embrapa CNPMPF pelo apoio as atividades de pesquisa.

Referências

- Amir, H.; Alabouvette, C., 1993. Involvement of soil abiotic factors in the mechanisms of soil suppressiveness to *Fusarium* wilts. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.25, n.2, p. 157-164.
- Andrión, E. E. B., 2009. Supressividade Natural de Solos do Nordeste Brasileiro à Murcha-de-Fusário e Rizoctoniose do Caupi. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife/PE.
- Araújo, R. C.; Bruckner, C. H.; Martinez, H. E. P.; Salomão, L. C. C.; Alvarez, V. H.; Souza, A. P.; Pereira, W. E.; Himuzi, S., 2006. Quality of yellow passionfruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) as affected by potassium nutrition. *Fruits*. França, v.27, n.3, p.109- 115.
- Balmer, E., 1967 Influência de deficiências minerais sobre a expressão de sintomas de murcha do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L., var. IAC-12) causada por *Fusarium oxysporum vasinfectum* (Atk) Snyder & Hansen. *Ciência e Cultura*, Campinas/SP, v. 19, p. 450.
- Bastos, C., 1976. N. Produção de metabólitos tóxicos por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* causando murcha de plântulas de maracujá (*Passiflora edulis* Sims). *Turrialba*, San José, v.26, n.4, p.371-373.
- Bettiol, W.; Ghini, R. Solos supressivos. In: Michereff, S. J.; Andrade, D. E. G. T.; Menezes, M. (Eds.)., 2005. *Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais*. Recife: UFRPE - Imprensa Universitária, p. 125-153.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária., 1997. *Manual de Métodos de Análise de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro/RJ, ed., 2.
- Figueiredo, R. R.; Azevedo, A. A.; Oliveira, P. M., 2009. Análise da correlação entre a escala visual-análoga e o Tinnitus Handicap Inventory na avaliação de pacientes com zumbido. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, São Paulo/SP, v. 75, n. 1, p.76-79.
- Krugner, T. L., 1978. Ação do ambiente sobre doenças de plantas. In: Galli, F. (Coord.). *Manual de fitopatologia*. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 1, p. 215-225.
- Languasco, L.; Giosuè, S.; Rossi, V.; Gualazzi, M., 2000. Influence of soil and cultural variables on *Fusarium* wilt of melon. *OEPP/EPPO Bulletin*, Paris, v.30, p.185-190.
- Legendre, P.; Legendre, L., 1998. *Numerical ecology*, 2nd English edn. Elsevier, Amsterdam.
- Leslie J. F; Summerell B.A., 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing Ltd, Iowa.
- Lopes, E. B.; Brito, C. H.; Albuquerque, I. C.; Oliveira, A. R. R., 2008. Influência de fatores químicos do solo sobre incidência do mal-do-Panamá na bananeira cv. Pacovan na Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, São Cristovão/SE, v. 8, p. 100-109.
- Manica, I., 1981. *Fruticultura tropical: maracujá*. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 151.
- Marschner, H., 1986. Relationship between mineral nutrition and plant diseases and pests. In: H. Marschner, ed. *Mineral nutrition*

- of higher plants. Academic Press, London, p. 369-390.
- Meletti, L. M. M.; Brückner, C. H., 2001. Melhoramento Genético. In: Brückner, C. H.; Picanço, M. C. Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, p. 345-385.
- Michereff, S. J.; Andrade, D. E. G. T.; Menezes, M., 2005. (Ed.) Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. Recife: UFRPE – Imprensa Universitária, p. 153 – 181.
- Moita Neto, J. M.; Moita, G. C., 1997. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. Química Nova, São Paulo/SP, v. 24, n. 4, p. 467-469.
- Nelson, P.E. 1981. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: Mace, M.E., Bell, A.A. & Beckman, C.H. (Eds.) Fungal Wilt Diseases of Plants. New York. Academic Press. p.51-80.
- Ohara, T.; I. Inoue, F.; Namiki, H.; Kunoh, T. Tsuge., 2004. REN1 is required for development of microconidia and macroconidia, but not of chlamydospores, in the plant pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. Genetics, p.113–124.
- Rodrigues, F.A.; Juliatti, F.C.; Silva, O.A.; Corrêa, G.F.; Peixoto, J.R., 1998. Influência de diferentes classes de solo na severidade da murcha-de-fusário do tomateiro. Fitopatologia Brasileira, v. 23, p. 404-406.
- Ruggiero, C.; São José, A. R.; Volpe, C. A.; oliveira, J. C.; Duringan, J.F.; Baumgartner, J. G.; Silva, J. R. DA; Nakamura, K.; Ferreira, M.E.; Kavati, R.; Pereira, V. de P., 1996. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília, DF: EMBRAPA. SPI, p. 64.
- Silva J. S.; Coimbra J. L.; Tavares D. G.; Afonso, G. O., 2013. Inibição in vitro do crescimento micelial do fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* utilizando isolados de actinomicetos obtidos da rizosfera de plantas nativas do cerrado baiano. Natureza on line, v. 11, e. 1, p.15-19.
- Silveira, M. V. Is manual pollination of yellow passion fruit completely dispensable? Scientia Horticulturae, Amsterdam, v. 146, n. 1, p. 99-103, 2012.
- Sousa, V. F., 2002. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 1, p. 51-56.
- Summerell, B. A.; Salleh, B.; Leslie, J. F. A., 2003. Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification. Plant Disease, v. 87, n. 2, p.117-128.
- Viana, F. M. P., 2003. Principais Doenças do Maracujazeiro na Região Nordeste e seu Controle. Fortaleza: Embrapa, p.12. (Comunicado Técnico 86)
- Wheeler, T.; Rush, C.M., 2001. Soilborne diseases. In: Maloy, O.C. & Murray, T.D. (Eds.) Encyclopedia of Plant Pathology. New York. JohnWiley & Sons, p. 935-947.
- Zambolim L.; Costa, H.; Vale, F.X.R., 2005. Nutrição mineral e patógenos radiculares. In: MICHEREFF, S.J.; Andrade, D.E. G.T.; Menezes, M. (Ed.) Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. Recife: UFRPE – Imprensa Universitária, p. 153 – 181.
- Zambolim, L.; Ventura, J.A.; Zanão, L.A., 2012. Efeito da Nutrição Mineral no Controle de Doenças de Plantas. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa. Soil Science, ed.1, v. 1, p. 321.

CAPÍTULO 2

Crescimento micelial e esporulação de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* sob diferentes ph e fontes de nitrogênio inorgânico

RESUMO

PINHEIRO, G.S. **Crescimento micelial e esporulação de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* sob diferentes pHs, fontes de nitrogênio inorgânico e solos de municípios baianos.** Cruz das Almas, 2015. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Fusarium oxysporum f. sp. *passiflorae*, é um fungo patógeno de solo que acomete a cultura do maracujá. Esse patógeno, na ausência do hospedeiro ou em condições de estresse, forma estruturas de resistência, os clamidósporos, que podem permanecer no solo por muitos anos. Uma vez a planta infectada, não existe forma de controle curativo. Isso vem acarretando redução na vida útil dos pomares de maracujazeiro. O manejo do pH e da aplicação de fertilizantes nitrogenados, podem ser uma alternativa na supressividade de doenças em plantas. Assim sendo, o objetivo desse trabalho foi analisar a influência dos fatores abióticos na sobrevivência do agente causal. No primeiro ensaio, meios de cultura BDA tiveram os pHs ajustados em 4.2, 5.4, 6.5 e 8.8. No segundo ensaio, utilizou-se três fontes de nitrogênio inorgânico: sulfato de amônio, nitrato de cálcio e uréia. Todos os fertilizantes foram adicionados ao meio de cultura nas seguintes concentrações: 0, 50, 100, 150, 200 e 250 mg.L⁻¹. Após o plaqueamento do disco de micélio de FOP002 (5 mm), o crescimento micelial foi avaliado diariamente e a contagem de esporos feita após 30 dias. O menor crescimento e menor produção de microconídios ocorreram em pHs ácidos. Quanto as fontes de nitrogênio inorgânico, o sulfato de amônio e o nitrato de cálcio tiveram efeito supressivo e condutivo, respectivamente. Em nenhum dos experimentos (pH e nitrogênio), foi observada a produção de macroconídios e clamidósporos.

Palavras-chave: fusariose do maracujá, pH, nitrogênio, sulfato de amônio

ABSTRACT

PINHEIRO, G.S. **Mycelial growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* under different pHs, sources of inorganic nitrogen and municipalities in Bahia soils.** Cruz das Almas, 2015. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Fusarium oxysporum f. sp. *passiflorae*, it is a soil pathogen fungus that affects the passion fruit crop. This pathogen in the absence of host or stress conditions, form resistance structures, the chlamydospores that may remain in the soil for many years. Once the infected plant, there is no way of dressing control. This is causing a reduction in the useful life of passion fruit orchards. The management of pH and application of nitrogen fertilizer, can be an alternative in suppressiveness of plant diseases. Therefore, the aim of this study was to analyze the influence of abiotic factors in the survival of the causal agent. In the first trial, BDA culture media had the pH adjusted at 4.2, 5.4, 6.5 and 8.8. In the second assay, we used three sources of inorganic nitrogen ammonium sulfate, calcium nitrate and urea. All fertilizers were added to the culture medium at the following concentrations: 0, 50, 100, 150, 200 and 250 mg.L⁻¹. After plating FOP002 mycelial disc (5 mm) of mycelial growth was evaluated daily and the spore count was made after 30 days. The lower growth and lower production of microconidia occurred in pH acids. As inorganic nitrogen sources, ammonium sulfate and calcium nitrate had suppressive effect and conducive respectively. In none of the experiments (pH and nitrogen), it was observed the production of macroconidia and chlamydospores.

Keywords: passion fruit, *Fusarium*, pH, nitrogen, ammonium sulfate

INTRODUÇÃO

A murcha de fusarium ou fusariose causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP) é um dos fatores limitantes no cultivo do maracujá. Morfologicamente, *F. oxysporum* é muito variável, pode apresentar micélio flocoso, escasso ou abundante e variar da cor branca até violeta escuro em meio BDA (Batata Dextrose Ágar) dependendo do isolado utilizado. Os macroconídios medem em torno de 23,5-36 µm x 3,5-5,5 µm, são relativamente delgados e ligeiramente curvados, possuem paredes finas e geralmente de cinco a três septos. Os microconídios tem forma elíptica ou oval, geralmente não possuem septos e são abundantes no micélio aéreo. As fiálides (células conidiogênicas) são curtas, tem menos de 45 µm (LESLIE e SUMMERELL, 2006). Esse micro-organismo pode formar clamidósporos, que são estruturas de resistência com capacidade de sobrevivência no solo por longos períodos, tornando-se uma excelente fonte de inóculo para novos plantios. Isso caracteriza um dos principais entraves ao controle da doença (BASTOS, 1976, MANICA, 1981 e OLIVEIRA *et al.*, 1986).

A literatura considera o pH do solo, como o fator que mais influencia na ocorrência de doenças em plantas. Em razão de afetar a disponibilidade de todos os nutrientes minerais tanto para as plantas como para os micro-organismos presentes no solo. Pode atuar direta ou indiretamente na população dos fitopatógenos e de antagonistas. O nitrogênio (N), é o elemento mineral que as plantas exigem em maiores quantidades. Ele serve de constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos, ácidos nucléicos, proteínas, nucleotídeos e coenzimas (TAIZ e ZEIGER, 2004). A forma do N (amônio ou nitrato) que está disponível ao hospedeiro ou ao patógeno afeta a severidade ou a resistência mais que a quantidade do elemento. Pode apresentar também efeito direto sobre a germinação, sobrevivência, reprodução, crescimento e virulência do patógeno (ZAMBOLIM *et al.*, 2012).

Para diversas culturas agrícolas (banana, tomate, feijão caupi, algodão), solos com pH ácido favorecem a ocorrência da doença. Fertilizantes nitrogenados

na forma amoniacal também são condutivos à fusariose nessas culturas. A literatura atribui esse efeito à acidificação do solo.

Em razão da carência de informações sobre a ação dos fatores abióticos sobre o agente causal da fusariose do maracujá, este trabalho teve como objetivos: (i) verificar o efeito de diferentes pHs sobre o crescimento micelial e a produção de conídios e clamidósporos de FOP e (ii) analisar a influência de diferentes fontes de nitrogênio inorgânico no crescimento micelial e na produção de conídios e clamidósporos de FOP.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura – CNPMF, situado em Cruz das Almas – BA. O isolado de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* (FOP 002) utilizado foi obtido de plantas de maracujá amarelo com sintomas de murcha de fusariose. O fungo foi cultivado em meio BDA (Batata-Dextrose-Ágar) em B.O.D. a 25°C com fotoperíodo de 12 horas. A repicagem para os ensaios ocorreu após sete dias de cultivo.

Crescimento micelial e produção de esporos de FOP em diferentes pH

Frascos contendo meio de cultura BDA, foram preparados em duplicatas para cada tratamento. Após a autoclavagem, metade dos frascos foram colocados em câmara de fluxo e o restante seguiu para o pHmetro. Com a finalidade de evitar contaminação, após o ajuste do pH, as mesmas alíquotas de NaOH e HCl foram adicionadas aos meios que permaneceram em câmara de fluxo. Ao final das adições, amostras foram novamente aferidas para a confirmação dos valores. Após esse procedimento, os meios ajustados em pH 4.2, 5.4, 6.5 e 8.8 foram vertidos em placas de Petri com nove centímetros de diâmetro.

Discos de micélio de FOP002 (5 mm) foram plaqueados no centro de placas de Petri. As placas selecionadas para avaliação de crescimento micelial foram incubadas a 25° C, sob fotoperíodo de 12 horas. O diâmetro das colônias foi avaliado diariamente com uma régua milimetrada, até que um dos tratamentos alcançasse as bordas. As placas para produção de esporos foram incubadas a 25°C e escuro contínuo durante 30 dias. Ao final deste período, adicionara-se 50 mL de água destilada esterilizada sobre a superfície da colônia e remoção do crescimento fúngico foi feita com uma escova de cerdas esterilizada. A suspensão obtida foi filtrada através de gaze de camada dupla e a contagem de macroconídios, microconídios e clamidósporos foi realizada em microscópio óptico, utilizando-se hemacitômetro tipo Neubauer.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos constituídos de cinco repetições. As equações de regressão foram ajustadas, utilizando-se o 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.

Crescimento micelial e produção de esporos de FOP em diferentes fontes e doses de nitrogênio inorgânico

Discos de micélio de FOP002 (5 mm) foram transferidos para placas de Petri contendo BDA com três fontes de nitrogênio inorgânico: sulfato de amônio, nitrato de cálcio e uréia. Todos os fertilizantes foram adicionados ao meio de cultura nas seguintes concentrações: 0, 50, 100, 150, 200 e 250 mg/L.

Após a repicagem, as placas destinadas para avaliação de crescimento micelial foram incubadas a 25° C, sob fotoperíodo de 12 horas. O diâmetro das colônias foi avaliado diariamente com uma régua milimetrada, até que um dos tratamentos alcançasse as bordas. As placas para produção de esporos foram incubadas a 25°C e escuro durante 30 dias. Ao final deste período, adicionara-se 50 mL de água destilada esterilizada sobre a superfície da colônia, a remoção do crescimento fúngico foi feita com o auxílio de uma escova de cerdas esterilizada. A suspensão obtida foi filtrada através de gaze de camada dupla e a contagem de macroconídios, microconídios e clamidósporos foi realizada em microscópio óptico, utilizando-se hemacitômetro tipo Neubauer.

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (fontes de N) x 5 (doses) + 1 (meio padrão BDA) com três repetições. As equações de regressão foram ajustadas, utilizando-se o 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento micelial e produção de esporos de FOP em diferentes pH

O pH teve efeito exponencial na taxa de crescimento micelial de FOP. Dentro das faixas estudadas, verifica-se uma tendência no aumento na taxa de crescimento micelial com o aumento do pH. Em potenciais hidrogeniônicos mais ácidos, a taxa de crescimento foi reduzida (Figura 1).

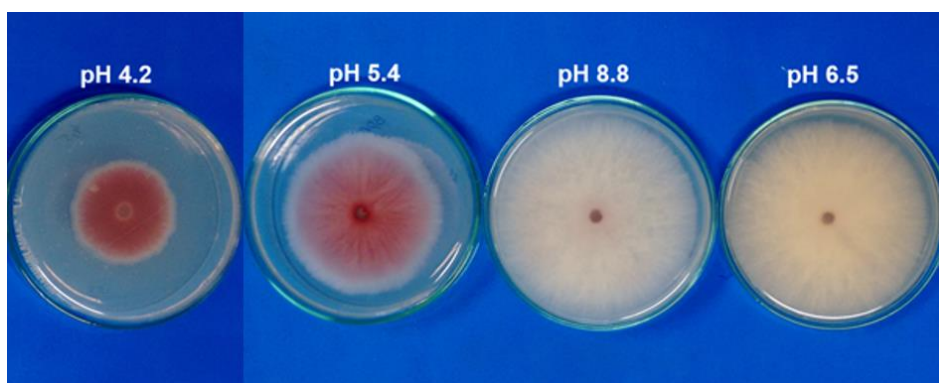
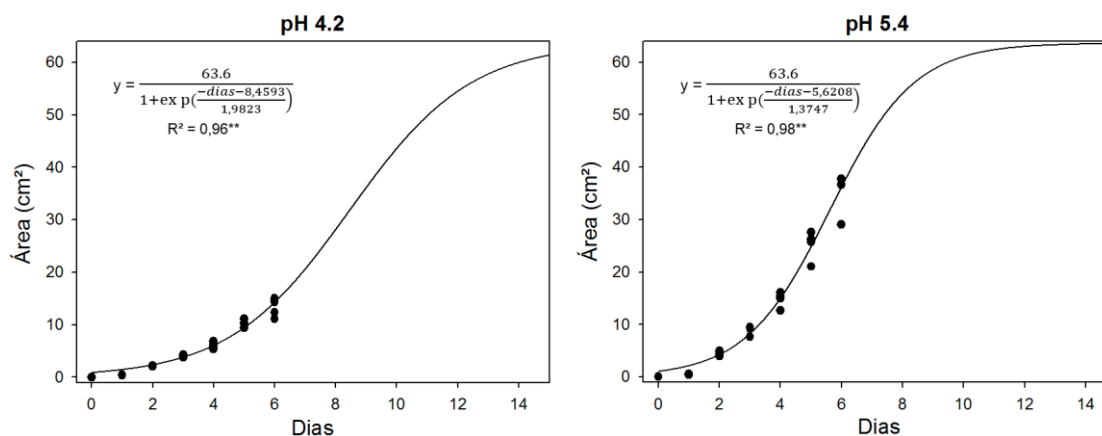


Figura 1. Crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* em meio BDA com diferentes pHs.

Os modelos matemáticos para crescimento micelial de FOP em diferentes pHs foram ajustados pela equação,

$$CM = \frac{63.6}{1 + \exp\left(\frac{-dias - a}{b}\right)} \text{ (Figura 2).}$$



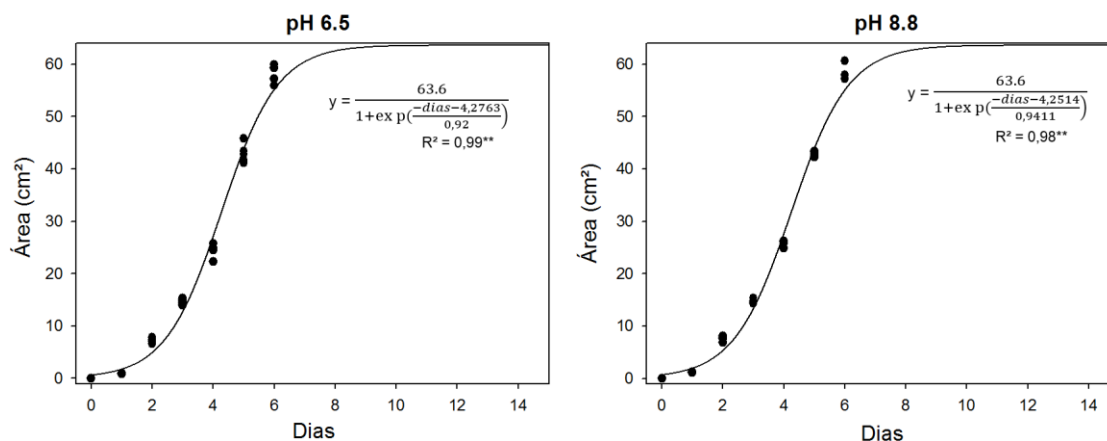


Figura 2. Crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, medido pela área (cm²), em meio de cultura BDA, em função do pH.

O parâmetro *a* refere-se ao número de dias para que cada tratamento atinja 50% do crescimento (Figura 3A). Em pH 4.2, isso ocorre em 8,4 dias. A menor quantidade de dias é observada em pH 6.5 e 8.8, com 4,27 e 4,25 dias, respectivamente. Com os valores de *a*, calculou-se também os dias para 5% e 95% do crescimento da área total (Tabela 1).

O parâmetro *b* quando multiplicado por 2.197224578, implica na transição em dias (Figura 3B). Quanto maior o valor de *b*, mais lento será o crescimento micelial e vice-versa. O maior valor ocorreu em pH 4.2 e os menores em pHs 6.5 e 8.8.

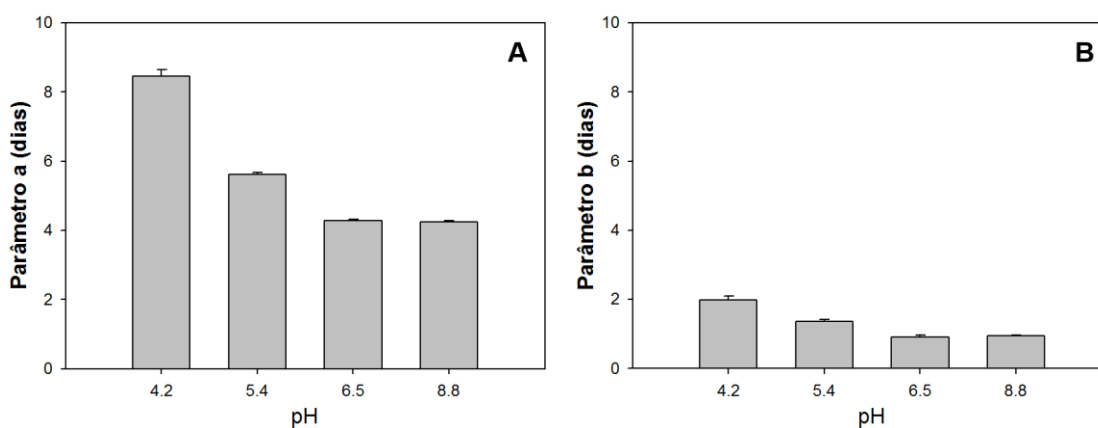


Figura 3. Parâmetros “a” e “b” do crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, em diferentes pHs.

Tabela 1. Número de dias para o crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* atingir 5% e 95% da área total (cm²), em meio de cultura BDA, em função do pH.

pH	5% da área total	95% da área total
4.2	2,62	14,3
5.4	1,57	9,70
6.5	1,57	6,98
8.8	1,48	7,02

O modelo matemático ajustado para esporulação de FOP em diferentes pHs foi $Y = 9,2964 - 100,1327 e^{-x}$ ($R^2 = 0,94$). Estima-se pela equação que 50% da produção de microconídios ocorra em pH 3 e que a produção máxima ocorra em pH 12. Esse comportamento foi semelhante ao do crescimento micelial, em que pH alcalino favorece o patógeno. A variação dos valores das repetições pode ser observada no gráfico menor da figura 4.

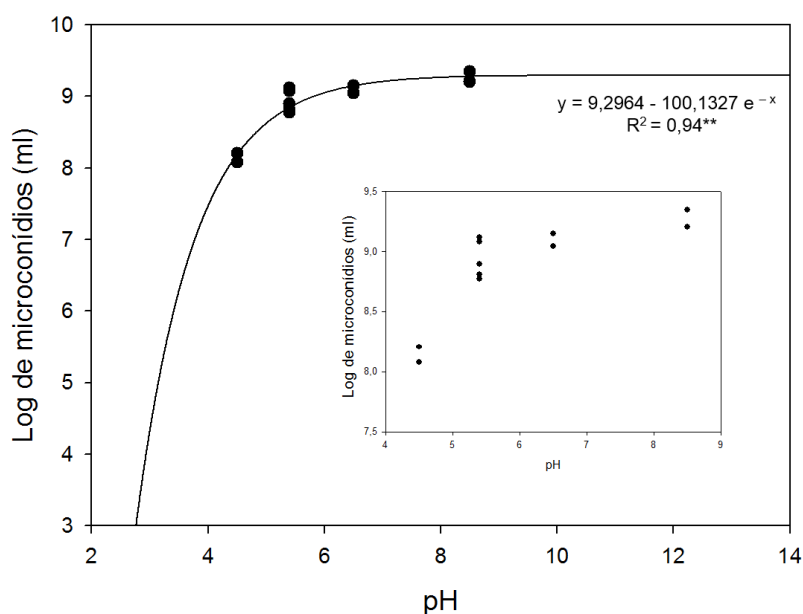


Figura 4. Produção de microconídios de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* em meio de cultura BDA, em função do pH.

Não houve produção de macroconídios e clamidósporos em nenhum dos tratamentos, fato esse que pode ser atribuído ao BDA ser um meio rico em nutrientes e que a formação de estruturas de sobrevivência exija algum tipo de estresse.

Os dados gerados nesse primeiro ensaio, corroboram com a correlação positiva entre o pH e a incidência da doença, obtida no capítulo um. A alta incidência da doença em pH alcalino pode ser explicada pelo maior crescimento e reprodução do fungo. pHs com tendência alcalina parecem estimular o FOP. Talvez nessas condições exista maior disponibilidade de nutrientes e, por conseguinte, energia exógena para o desenvolvimento saprofítico do micro-organismo.

Crescimento micelial e produção de esporos de FOP em diferentes fontes e níveis de nitrogênio inorgânico

No sétimo dia de avaliação, os tratamentos com nitrato de cálcio nas dosagens 100 e 150 mg/L⁻¹ alcançaram crescimento máximo (área total) em relação aos demais tratamentos. Os níveis de 200 e 250 mg/L⁻¹ de sulfato de amônia proporcionaram os menores crescimentos observados, tanto em relação as outras fontes de nitrogênio inorgânico adicionadas, quanto a testemunha (BDA) (Figura 5).

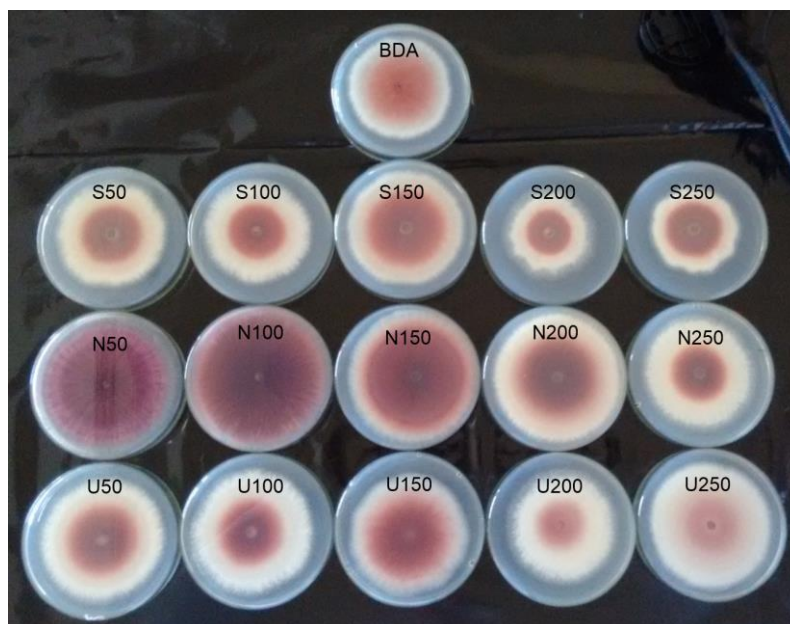


Figura 5. Crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* em meio BDA com diferentes fontes de nitrogênio inorgânico. (S= sulfato de amônio/ N= nitrato de cálcio/ U= uréia/ 50, 100, 150, 200 e 250 mg/L)

Nos gráficos abaixo é possível observar a quantidade de dias para que cada tratamento atinja 50% do crescimento com base no parâmetro a (Figura 6). Quando adicionado sulfato de amônio ou nitrato de cálcio ao meio de cultura, as maiores dosagens, retardaram o crescimento do fungo, porém o número de dias no meio com sulfato foi maior, quando comparado ao nitrato. Evidenciando a maior supressividade do nitrato dentre todas as fontes utilizadas. Nenhuma tendência foi observada para as doses de uréia, de modo que nenhum modelo matemático se ajustou ($p=0,65$).

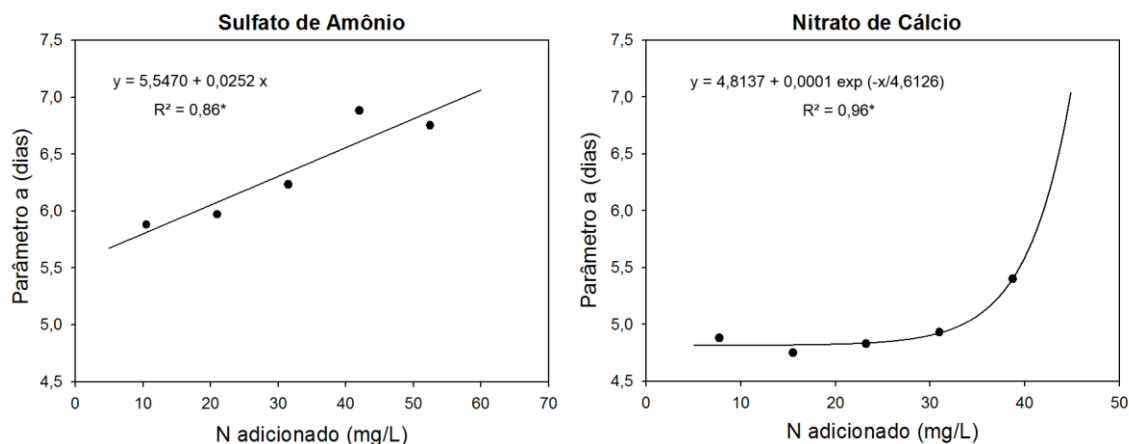


Figura 6. Parâmetro a do crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, em diferentes fontes de nitrogênio inorgânico.

Quanto maior for a quantidade de dias para atingir 5% e 95% da área total, menor será a taxa de crescimento. Esse comportamento foi verificado em altas dosagens de sulfato de amônio, evidenciando assim o efeito supressivo desse fertilizante no crescimento do fungo. Baixas quantidades de nitrato de cálcio parecem acelerar o crescimento saprofítico do fungo (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade de dias para o crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* atingir 5% e 95% da área total (cm²), em meio de cultura BDA, em função das fontes de nitrogênio inorgânico.

Tratamento	5% da área total	95% da área total
BDA	1,46	10,99
N50	1,21	8,54
N100	1,27	8,22
N150	1,34	8,32
N200	1,31	8,55
N250	0,59	10,21
S50	1,31	10,44
S100	1,09	10,86
S150	1,22	11,23
S200	0,89	12,86
S250	1,24	12,26
U50	1,20	9,86
U100	1,34	9,52

U150	1,29	9,97
U200	0,94	10,39
U250	1,39	9,20

As taxas das relações entre os parâmetros “a” e “b”, foram calculadas em função da razão entre cada tratamento e a testemunha (Figuras 7 e 8). Os tratamentos com valor menor que um, cresceram mais rápido que a testemunha, induzindo assim a expansão das hifas no meio. Os tratamentos com as taxas maiores que um, tiveram crescimento reduzido, sendo mais supressivos ao aumento das estruturas vegetativas do fungo (S200 e S250)(Figura 7).

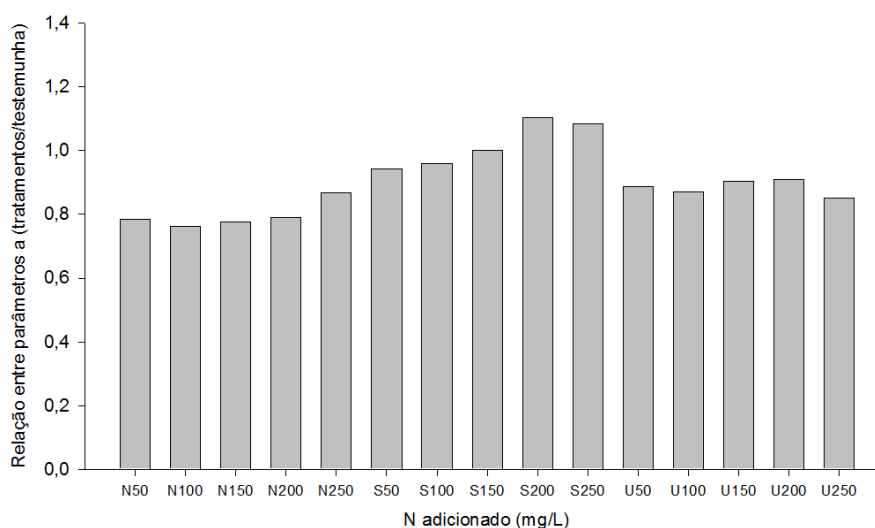


Figura 7. Relação entre parâmetros a (tratamentos/testemunha) do crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, em diferentes fontes de nitrogênio inorgânico.

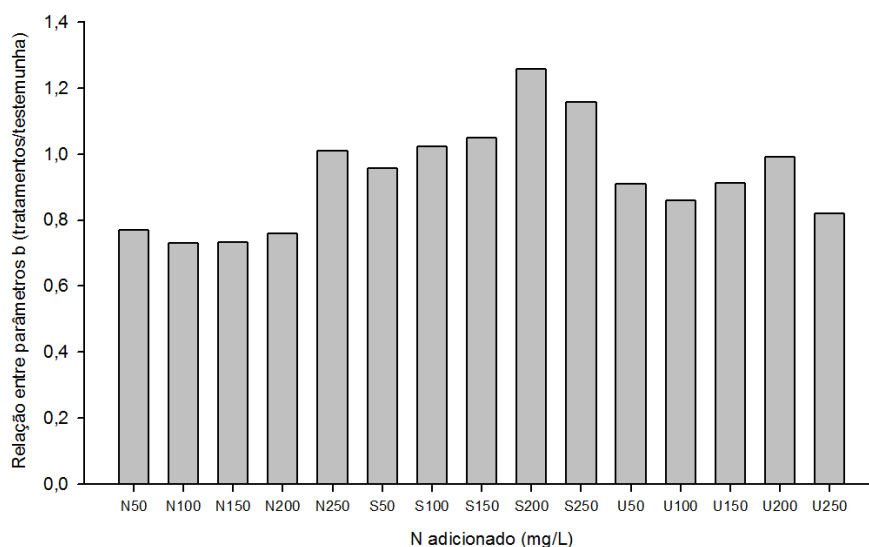


Figura 8. Relação entre parâmetros b (tratamentos/testemunha) do crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, em diferentes fontes de nitrogênio inorgânico.

Nenhum dos tratamentos apresentou produção de macroconídios e clamidósporos. A quantidade de microconídios não foi diretamente proporcional a quantidade de nitrogênio adicionado, e sim variou conforme a fonte utilizada (Figura 9).

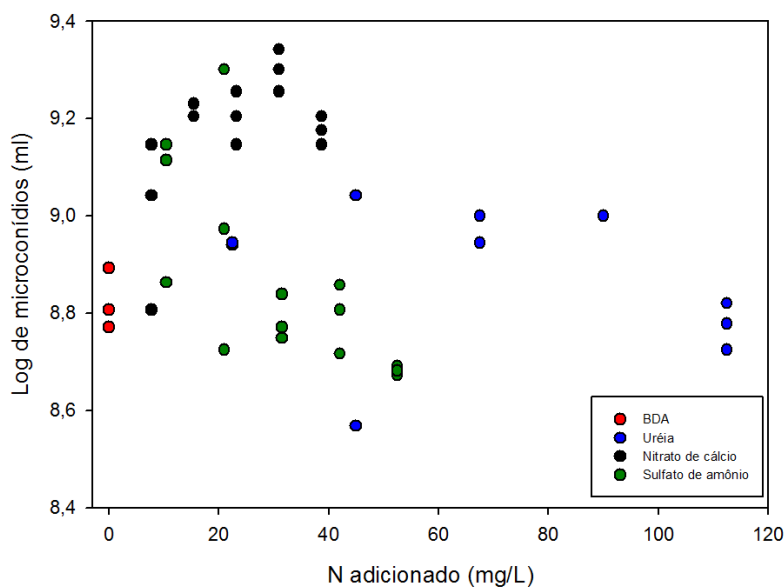


Figura 9. Produção de microconídios (mL/\log^{-1}) de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, em diferentes fontes de nitrogênio inorgânico.

Todos os níveis de nitrato de cálcio proporcionaram alta produção de microconídios, indicando que independentemente da quantidade utilizada, a presença do composto é capaz de induzir a formação desse tipo de esporo. O sulfato de amônio em altas dosagens teve efeito supressivo na multiplicação do fungo (Figura 10).

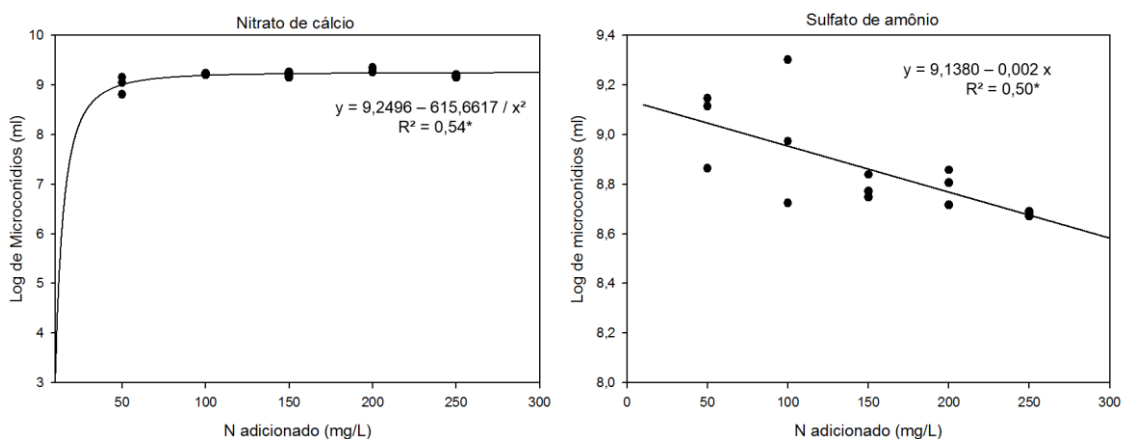


Figura 10. Produção de microconídios (mL/log⁻¹) de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, em nitrato de cálcio e sulfato de amônio.

Contrariamente a outros patossistemas com *F. oxysporum*, o do maracujá apresentou comportamento divergente em relação aos compostos nitrogenados utilizados. A literatura relata que o sulfato de amônia, tende a aumentar a incidência das fusarioses em geral. No caso de FOP, a fase do ciclo do patógeno estudada foi a reprodução e o efeito observado foi inverso, o comportamento verificado foi supressivo. Possivelmente, uma hipótese seja que a presença de enxofre (S) nesse fertilizante esteja tendo efeito fungicida, afetando diretamente a reprodução do fungo. Segundo Zambolim (2012), compostos à base de S, inibem diretamente a germinação de conídios, e conseqüentemente afetam o processo de infecção.

Freqüentemente, os efeitos do nitrato de cálcio e sulfato de amônio são atribuídos a alcalinização e acidificação do meio, respectivamente. No entanto,

nessas condições experimentais a variação do pH foi mínima (5,25 a 6,14). O que aponta outros fatores envolvidos, como o efeito isolado do S.

REFERÊNCIAS

BASTOS, C. N. Produção de metabólitos tóxicos por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* causando murcha de plântulas de maracujá (*Passiflora edulis* Sims). **Turrialba**, San José, v.26, n.4, p.371-373, 1976.

CASTIGLIONI, G. L.; BERTOLIN, T. E.; COSTA, J. A. V. Produção de biossurfactante por *Aspergillus fumigatus* utilizando resíduos agroindustriais como substrato. **Química Nova**, v. 32, p. 292-295, 2009.

GRAHAM, R. D. Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**, v. 10, p. 221-276, 1983.

GRIFFING, D.H. Fungal physiology. New York: Wiley-Liss.1994.458p

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve: curve fitting software**. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, p. 280, 1991.

LESLIE J. F; SUMMERELL B.A. **The Fusarium Laboratory Manual**. Blackwell Publishing Ltd, Iowa, 2006.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: maracujá**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 151. 1981.

MELO, I. S. Potencialidades de utilização de *Trichoderma* spp. no controle biológico de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. (Org.) **Controle Biológico de Doenças de Plantas**. Jaguariúna/SP: EMBRAPA – CNPDA, p. 7-23, 1991.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, São Paulo/SP, v. 24, n. 4, p. 467-469, 1997.

OLIVEIRA, J. C.; NAKAMURA, K.; RUGGIERO, C.; FERREIRA, F. R. Determinação de fonte de resistência em passifloráceas quanto a morte prematura de plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7, Brasília/DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Fruticultura, p.403-408, 1986.

SOUZA, A. L.; HOSOKAWA, R. T.; KIRCHNER, F.F.; MACHADO, S. A. Análises multivariadas para o manejo de floresta natural, na Reserva Florestal de Linhares, Espírito Santo: análises de agrupamento e discriminante. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v. 14, n. 2, p. 85-101, 1990.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2004.

ZAMBOLIM L.; COSTA, H.; VALE, F.X.R. Nutrição mineral e patógenos radiculares. In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E. G.T.; MENEZES, M. (Ed.) **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE – Imprensa Universitária, p. 153 – 181, 2005.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A.; ZANÃO, L.A. **Efeito da Nutrição Mineral no Controle de Doenças de Plantas**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa. Soil Science, ed.1, v. 1, p. 321, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível identificar os fatores abióticos relacionados à incidência da fusariose do maracujá e ao crescimento, reprodução e sobrevivência do agente causal. Através das análises utilizadas, os elementos e relações: pH, Fe, saturação de bases, acidez potencial, silte e areia muito fina, se mostraram condutivos ou supressivos à ocorrência da doença. Sendo a areia o único identificado como fator de risco.

Em pHs ácidos e na utilização de sulfato de amônio como fonte de nitrogênio inorgânico, o crescimento saprofítico e a produção de conídios de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* foram inibidos em condições *in vitro*.

O estudo dos fatores abióticos que influenciam na fusariose do maracujazeiro ainda está em fase inicial. No entanto, os dados gerados nesta análise exploratória devem servir de base para experimentos futuros que visem descobrir em que fase da relação patógeno-hospedeiro, cada fator está interferindo. E assim tomar as medidas cabíveis para o manejo deste problema da passicultura.

ANEXOS

DIRETRIZES PARA AUTORES
REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA

Preparação de originais

Os **ARTIGOS, REVISÕES DE LITERATURA e NOTAS CIENTÍFICAS** devem ser encaminhados, exclusivamente, via Online, editados nos idiomas Português ou Inglês. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 (210 x 297 mm), com margens ajustadas em 2cm (superior, inferior, esquerda e direita) , texto em duas colunas, espaçamento simples entre linhas, indentação de 1,25 cm no início de cada parágrafo, fonte Times New Roman, tamanho 11 em todo o texto. Os títulos devem estar em fonte 12 e os subtítulos (quando existirem) devem estar em itálico. O manuscrito deve ser submetido formatado seguindo modelo dos artigos publicados no último volume da RBGF publicado online.

Todas as Figuras (imagens e/ou gráficos) devem ser incluídas no corpo do texto e também submetidas em separado e isoladamente (uma a uma) em documentos suplementares. As figuras para documentos suplementares devem possuir 300dpi.

O número mínimo de páginas será de 15 para Artigos, 20 para Revisão de Literatura e 8 para Nota Científica, incluindo tabelas, gráficos e ilustrações. Um número mínimo de páginas diferente das quantidades recomendados pela revista serão aceitos apenas mediante consulta prévia ao Editor Chefe.

Os **Artigos, Revisões de Literatura** ou **Notas científicas** deverão ser iniciados com o título do trabalho e, logo abaixo, os nomes completos dos autores, com o cargo, o local de trabalho dos autores e endereço eletrônico. A condição de bolsista poderá ser incluída. Como chamada de rodapé referente ao título, deve-se usar número-índice que poderá indicar se foi trabalho extraído de tese, ou apresentado em congresso e entidades financiadoras do projeto.

O **ARTIGO** deverá conter, obrigatoriamente, os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução** com revisão de literatura e objetivos; **Material e Métodos; Resultados, Discussão; Conclusão, Agradecimentos e Referências.** Os capítulos de **Resultados e Discussão** poderão ser inseridos juntos ou em separado no artigo.

Agradecimentos devem aparecer sempre antes das **Referências**. Todos estes tópicos devem ser escritos com apenas a primeira letra maiúscula, fonte Times New Roman, tamanho 11 e negrito, com exceção do TÍTULO que deverá estar em tamanho 12 e apenas com a primeira letra das principais palavras em maiúscula, por exemplo: "Estrutura do Componente Lenhoso de uma Restinga no Litoral Sul de Alagoas, Nordeste, Brasil (Structure of the Woody Component of a Restinga on the South Coast of Alagoas, Northeastern Brazil)", com exceção dos nomes científicos e autores das espécies.

A **REVISÃO DE LITERATURA** deverá conter os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords;**

Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; Agradecimentos e Referências. Os **Agradecimentos** devem aparecer antes das **Referências**.

A **NOTA CIENTÍFICA** deverá conter os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords;** Texto (sem subdivisão, porém com **Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão** (podendo conter Tabelas ou Figuras); **Conclusão; Agradecimentos e Referências**.

Os **Agradecimentos** devem aparecer antes das referências. **As seções devem ser constituídas de: TÍTULO** – apenas com a primeira letra em maiúscula, deve ser conciso e indicar o seu conteúdo. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) em caixa alta e baixa, todos em seguida, com números sobrescritos que indicarão a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios, etc.).

Créditos de financiamentos devem vir em **Agradecimentos**, assim como vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos, e não no rodapé. Os Autores devem fornecer os endereços completos, evitando abreviações, elegendo apenas um deles como Autor para correspondência. Se desejarem, todos os autores poderão fornecer E-mail para correspondência.

Os **RESUMO** e **ABSTRACT** devem conter no máximo 250 palavras, escritos no seguinte formato estruturado: Motivação do estudo (porque o trabalho foi realizado, quais as principais questões a serem investigadas e porque isso é importante para o público da RBGF), Métodos (texto explicativo dos métodos utilizados para a realização do estudo), Resultados (principais resultados obtidos) e Conclusões (afirmativas curtas que respondam os objetivos apresentados na Introdução). Serão seguidos da indicação dos termos de indexação, diferentes daqueles constantes do título. A tradução do **RESUMO** para o inglês constituirá o **ABSTRACT**, seguindo o limite de até 250 palavras. Ao final do **RESUMO**, citar até cinco **Palavras-chave**, à escolha do autor, em ordem de importância, evitando palavras no plural e abreviaturas. A mesma regra se aplica ao **ABSTRACT** em Inglês para as **Keywords**.

Resumo e Abstract NÃO devem conter citações bibliográficas.

Introdução - deve ser breve ao expor, evitando abreviaturas, fórmulas e nomes dos autores de espécies vegetais/animais:

- a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado;
- b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e finalizar com a indicação do objetivo.

Introdução NÃO deve conter Figuras, Gráficos ou Quadros.

Material e Métodos - devem ser reunidas informações necessárias e suficientes que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em **Resultados** deve, obrigatoriamente, estar descrito no item **Material e Métodos**.

Resultados - devem conter uma apresentação concisa dos dados obtidos. As Figuras devem ser numeradas em sequência, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da Figura e/ou Quadro. As Tabelas devem ser numeradas em sequência, em arábico e com numeração independente das Figuras. Tanto as Figuras quanto os Quadros devem ser inseridos no texto o mais próximo possível de sua primeira citação.

Itens da Tabela, que estejam abreviados, devem ter suas explicações na legenda. As Figuras e as Tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa (Figura e Tabela). Todas as Figuras e Tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto e ser submetidas como documentos suplementares, em separado. As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

Usar unidades de medida de modo abreviado (Ex.: 11 cm; 2,4 μ m), e com o número separado da unidade, com exceção de percentagem (Ex.: 90%). Os números de um a dez devem ser escrito por extenso (não os maiores), a menos que seja medida. Ex.: quatro árvores; 6,0 mm; 1,0 4,0 mm; 125 amostras. O nome científico de espécies deve estar sempre em itálico, seguido do nome do autor.

Os títulos das Figuras, Tabelas e/ou Quadros devem ser autoexplicativos e seguir o exemplo a seguir: **Figura 1**. Localização, drenagem e limite da bacia hidrográfica do Rio Capiá. Subdivisões dentro de **Material e Métodos** ou de **Resultados** e/ou **Discussão** devem ser escritas em caixa alta e baixa, seguida de um traço e o texto segue a mesma linha. Ex.: Área de Estudo - localiza se ...

Discussão - deve conter os resultados analisados, levando em conta a literatura, mas sem introdução de novos dados.

Conclusões - devem basear-se somente nos dados apresentados no trabalho e deverão ser numeradas.

Agradecimentos - Item obrigatório no artigo. Devem ser sucintos e não aparecer no texto ou em notas de rodapé.

Referências - Seguir instruções abaixo.

Citação no texto

Todas as referências citadas no texto devem também está presente na lista de referências e vice-versa.

As citações podem ser feitas diretamente ou entre parênteses

Segundo Pimentel (2013), ...

Moura (2012) e Galvíncio (2014) constataram...

Galvíncio e Moura (2012), trabalhando com ...,

Galvíncio et al. (2004) constataram...

No final ou no meio de uma sentença

(Pimentel, 2013)

(Galvíncio e Moura, 2012)

(Galvíncio et al., 2004)

Grupos de referências devem ser listadas em ordem cronológica

...como demonstrado por alguns autores (Galvêncio et al., 2004; Galvêncio e Moura, 2012; Pimentel, 2013).

Referências:

Periódicos

Autor, Ano. Título. Periódico volume, páginas.

Foley, J.A., Botta, M.T., Coe, M.H.C., 2002. The el niño/southern oscillation and the climate, ecosystems and rivers of amazon. Global Biogeochemical Cycles 2, 1-5.

Periódicos eletrônicos

Autor, Ano. Título. Periódico [Online] volume. Disponível: URL. Acesso: Dat.

Amanajás, J.C., Braga, C.C., 2012. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia oriental utilizando análise multivariada. Revista Brasileira de Meteorologia [online] 27. Disponível: [http:// dx.doi. org/ 10.1590/ s0102 – 77862012000400006](http://dx.doi.org/10.1590/s0102-77862012000400006). Acesso: 23 jun. 2014.

Livro

Autor, Ano. Título, edição. Editora, Cidade. Sem número de páginas.

Mota, S., 2008. Gestão Ambiental de Recursos Hídricos, 3 ed. ABES, Rio de Janeiro.

Capítulo de livro

Autor, Ano. Título do capítulo, in: Editores (Eds.)/(Org.), Título do livro. Editora, Cidade, pp. Páginas.

Oliveira, T.H., Galvêncio, J.D., Silva, B.B., 2012. Balanço de radiação e de energia, in: Galvêncio, J.D. (Org.), Sensoriamento Remoto e Análise Ambiental. 1 ed. Editora Universitária da UFPE, Recife, pp. 31-37.

Tese

Autor, Ano. Título. Tese (Doutorado). Cidade, Instituição. Sem número de páginas.

Obregon, G., 2001. Dinâmica da variabilidade climática da precipitação sobre a América do sul. Tese (Doutorado). São José dos Campos, INPE.

Leis

Entidade, Ano. Lei.

BRASIL, 1993. Lei nº 8629, de 25 de fevereiro.

Normas

Sigla. Entidade, Ano. Título. Cidade.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2002. NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro.

Instituição**Sigla. Entidade, Ano. Título. Cidade.**

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2001. Caracterização de Ambientes na Chapada dos Veadeiros/Vale do Rio Paranã: uma contribuição para a Classificação Brasiléria de Solos. Planaltina.

Documentos eletrônicos**Autor/Entidade, Ano. Título. Disponível: URL. Acesso: Data.**

ENVI. Environment for Visualizing Images , 2013. Classification tutorial. Disponível:<http://www.exelisvis.com/portals0/pdfs/envi/ClassificationTutorial.pdf>. Acesso: 13 set. 2013.

Matérias em jornais**Sigla. Entidade, Ano. Título. Cidade. Data.**

AdUFRJ. Jornal da Seção Sindical dos Docentes da UFRJ, 2010. Na UFRJ, temporal afetou HUCFF, CT e reitoria. Rio de Janeiro. 13 abr. 2010.