

Fatores epidemiológicos de *Phytophthora palmivora* afetando a severidade da podridão-dos-frutos do mamoeiro na pós-colheita

Thiago Alves Santos de Oliveira¹, Luiz Eduardo Bassay Blum², Elizabeth Amélia Alves Duarte³, Giltembergue Macedo Tavares⁴ e Edna Dora Martins Newman Luz⁵

¹Engº Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, Departamento de Fitopatologia, UnB, Brasília-DF. ²Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, Departamento de Fitopatologia, UnB, Brasília-DF. ³Bióloga, Doutora em Genética e Biologia Molecular, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas-BA. ⁴Engº Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), Ilhéus-BA. ⁵Engª Agrônoma, Pesquisadora Científica, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), Ilhéus-BA.

Autor para correspondência: Thiago Alves Santos de Oliveira (oliveira.tas@gmail.com)

Data de chegada: 03/02/2014. Aceito para publicação em: 22/09/2014.

10.1590/0100-5405/1974

RESUMO

Oliveira, T.A.S.; Blum, L.E.B.; Duarte, E.A.A.; Tavares, G.M.; Luz, E.D.M.N. **Fatores epidemiológicos de *Phytophthora palmivora* afetando a severidade da podridão-dos-frutos do mamoeiro na pós-colheita.** *Summa Phytopathologica*, v.40, n.3, p.256-263, 2014.

A podridão de frutos causada por *Phytophthora palmivora* é uma das principais doenças pós-colheita que acomete o mamão e outras culturas de relevância econômica. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da temperatura (15, 20, 25, 30 e 35 °C), do período de molhamento (0, 12, 24, 36, 48, 60, 72 h) e da concentração de inóculo (10^1 a 10^7 zoósporos mL⁻¹) de quatro isolados de *P. palmivora* provenientes do sul da Bahia (PP04 e PP20) e do norte do Espírito Santo (PP15 e PP16) sobre a severidade da podridão-do-fruto em mamão cv. Sunrise Solo na pós-colheita. As mais altas concentrações de inóculo testadas 10^6 e 10^7 zoósporos mL⁻¹ provocaram as maiores áreas de lesão nos

frutos, aumentando a severidade da infecção dos quatro isolados de *P. palmivora* testados. A severidade da podridão-dos-frutos do mamoeiro foi significativamente influenciada pela temperatura de incubação e pelo período de molhamento dos frutos, com maiores áreas de lesão nos frutos expostos a 25 °C e período de molhamento de 72 h. Sob estas condições o isolado PP04 foi o mais agressivo, pois causou maiores lesões nos frutos (7126,29 mm²) que os demais isolados. Houve variação quanto à agressividade entre os isolados da Bahia e do Espírito Santo, tendo os últimos requerido uma concentração de inóculo crítica (CI_{crit}) para causar infecção (10^4 zoósporos mL⁻¹) maior que os primeiros (10^3 zoósporos mL⁻¹).

Palavras-chave adicionais: *Carica papaya*, Condições ambientais favoráveis, Podridão pós-colheita.

ABSTRACT

Oliveira, T.A.S.; Blum, L.E.B.; Duarte, E.A.A.; Tavares, G.M.; Luz, E.D.M.N. **Epidemiological factors of *Phytophthora palmivora* affecting the severity of postharvest papaya fruit rot.** *Summa Phytopathologica*, v.40, n.3, p.256-263, 2014.

Fruit rot caused by *Phytophthora palmivora* is one of the most important postharvest diseases affecting papaya and other economically important crops. The aim of this study was to evaluate the influence of temperature (15, 20, 25, 30 and 35 °C), wetness period (0, 12, 24, 36, 48, 60, 72 h) and inoculum concentration (10^1 to 10^7 zoospores mL⁻¹) of four *P. palmivora* isolates, from the south of Bahia (PP04 and PP20) and from the north of Espírito Santo (PP15 and PP16), on fruit rot severity in papaya cv. Sunrise Solo. The highest inoculum concentrations tested, 10^6 and 10^7 zoospores mL⁻¹, caused the largest lesion areas in the fruits, increasing the infection severity

for all four strains of *P. palmivora* tested. The severity of papaya fruit rot was significantly influenced by incubation temperature and fruit wetness period; the largest lesion areas were found on fruits exposed to 25°C and 72 h wetness period. Under these conditions, the isolate PP04 was the most virulent since it caused larger lesions in the fruits (7126.29 mm²), compared to the remaining isolates. There was variation in virulence between the isolates from Bahia and Espírito Santo; the latter required a critical inoculum concentration (IC_{crit}) to cause infection (10^4 zoospores mL⁻¹), greater than that for the former (10^3 zoospores mL⁻¹).

Additional keywords: *Carica papaya*, favorable environmental conditions, postharvest rot.

O Brasil por sua extensão e localização nas zonas de clima tropical e subtropical é bastante representativo no cenário mundial para o cultivo de diferentes variedades de frutíferas nativas e exóticas, tais como: abacaxi, manga, mamão, banana, citros, melão e outras (19).

O cultivo do mamoeiro, com destaque para as regiões do sul da Bahia e norte do Espírito Santo apresentam diversos problemas fitossanitários, tais como: pragas e várias doenças causadas por fungos, oomicetos, bactérias e vírus. Dentre as doenças importantes da cultura, inclui-se a podridão de raízes e dos frutos causada pelo oomiceto *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler, que ocasiona grandes

perdas na produção (28). Esse patógeno é cosmopolita e patogênico a diversas plantas cultivadas, não só de importância comercial para a Bahia como de grande representatividade no mundo, entre elas, o cacaueiro, a seringueira, o coqueiro, a pupunheira, plantas cítricas e o abacaxizeiro (16).

O processo infeccioso nas doenças causadas por fungos e oomicetos tem início com a germinação do esporo sob condições favoráveis, envolvendo temperatura, umidade relativa, nível adequado de pH, presença de nutrientes e oxigênio, entre outros (2, 12, 34). As doenças pós-colheita, de modo geral, são favorecidas por temperaturas médias

de 20 a 25 °C e umidade relativa em torno de 90%. A ausência desses fatores influi na germinação e crescimento micelial dos patógenos, limitando a ocorrência de doenças, pois patógenos pós-colheita requerem alta umidade e água livre (sob forma de gotículas) para germinação e penetração do tubo germinativo no hospedeiro. Esses fatores podem contribuir também para aumentar a suscetibilidade das plantas a certos patógenos e afetando a incidência e a severidade das doenças (2, 18). Em contrapartida, altos teores de umidade são benéficos ao fruto na cultura do mamão, pois influenciam na manutenção da turgidez e na redução da perda de água (1, 14, 19, 30).

Outro fator preponderante no processo infeccioso é a quantidade de inóculo viável, cujo aumento na concentração geralmente é proporcional ao aumento do nível ou da taxa de infecção, embora existam fungos causadores de podridões pós-colheita que mesmo em baixa concentração de inóculo atingem o nível máximo de doença (12, 29, 30). Para testes de patogenicidade, bem como para estudos genéticos, citológicos e epidemiológicos torna-se necessário o estabelecimento da concentração ideal de propágulos para permitir a adequada reprodução dos sintomas. A falta de padronização da concentração das suspensões de inóculo tem sido apontada como a principal causa da alta variabilidade de dados obtida em experimentos realizados sob condições de ambiente controlado (22).

Existem poucos estudos sobre o desenvolvimento da podridão-dos-frutos de mamoeiro, principalmente relacionando os fatores ambientais (temperatura e umidade) com a concentração de inóculo do patógeno e a severidade da doença. Como são estudos fundamentais para o entendimento do progresso das podridões pós-colheita, bem como para o estabelecimento de estratégias de manejo da doença (3, 18, 30), procurou-se neste trabalho avaliar a influência da temperatura, do período de molhamento e da concentração de inóculo de dois isolados provenientes do sul da Bahia e dois isolados do norte do Espírito Santo sobre a severidade na pós-colheita da podridão-dos-frutos de mamão cv. Sunrise Solo causada por *P. palmivora*.

MATERIAL E MÉTODOS

Inóculo e inoculação

Os experimentos foram realizados no Laboratório de "Phytophthora", Seção de Fitopatologia do Centro de Pesquisa do Cacau da CEPLAC, Ilhéus, Bahia, Brasil. Foram utilizados os isolados de *P. palmivora* PP04 e PP20, provenientes da Bahia, e PP15 e PP16, provenientes do Espírito Santo, todos isolados de mamão, da Coleção "Arnaldo Medeiros" da Seção de Fitopatologia do CEPEC.

Os isolados ao serem retirados da coleção foram repicados para placas de Petri, contendo meio seletivo PARPH (11), acondicionados por cinco dias no escuro a 25 ± 2 °C. Depois, foram repicados discos de 5 mm de diâmetro das culturas para o meio de cultivo cenoura-ágar (CA). As placas foram mantidas sob luz contínua a 25 ± 2 °C durante nove dias para a esporulação. Após a inoculação em frutos de mamoeiro e manifestação dos sintomas, todos os quatro isolados foram re-isolados em meio seletivo e as culturas mantidas em tubos de ensaio contendo CA e preservadas pelo método de Castellani (4) para estudos posteriores.

As suspensões de *P. palmivora* foram obtidas a partir de 20 placas contendo esporângios do patógeno. A cada placa foram adicionados 8 mL de água destilada esterilizada e gelada. Para liberação dos zoósporos as placas foram submetidas a choque térmico (5 ± 2 °C) por 20 min seguidos de (25 ± 2 °C) por 25 min. Posteriormente, a concentração de zoósporos foi determinada e padronizada utilizando câmara de Neubauer (Hemocitômetro), adicionando de 20 µL de solução fixadora

FAA (formol, álcool e ácido acético) para a paralisação da motilidade dos zoósporos, e assim permitir a sua contagem.

Em todos os experimentos foram utilizados frutos sadios de mamão da variedade Sunrise Solo no estádio II de maturação (27), provenientes de pomares da Fazenda Alegria, localizada no município de Vera Cruz - BA. Para todos os tratamentos os frutos de mamão foram previamente lavados com sabão e água corrente e desinfetados superficialmente com solução em hipoclorito de sódio (NaClO) a 1% e secos a temperatura ambiente.

Influência da concentração de inóculo

As frutas foram inoculadas na região equatorial com epiderme intacta, com as suspensões dos quatro isolados de *P. palmivora* nas concentrações 10¹, 10², 10³, 10⁴, 10⁵, 10⁶ e 10⁷ zoósporos mL⁻¹ e testemunha (com água destilada esterilizada), utilizando disco de papel filtro (DPF) embebidos nas suspensões. Depois de inoculados os frutos foram colocados em câmara úmida, no interior de sacos plásticos com papel toalha umedecidos com água destilada esterilizada (ADE) e acondicionados em BOD a 25 ± 2 °C por 72 h. Após a retirada da câmara úmida os frutos foram mantidos na mesma temperatura e avaliados durante seis dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com oito concentrações de inóculo e quatro isolados do patógeno com dez repetições por tratamento. A unidade experimental foi representada por uma fruta.

Influência da temperatura e do período de molhamento

Os frutos após a secagem foram colocados sobre tampas de placas de Petri e armazenados em bandejas plásticas medindo 26 x 40 cm forradas com quatro camadas de papel toalha embebidas em ADE. As inoculações foram feitas com DPF esterilizados de 5 mm de diâmetro embebidos em suspensões dos isolados de *P. palmivora* ajustadas para a concentração de 10⁶ zoósporos mL⁻¹, conforme descrito anteriormente e, depositados na região equatorial da superfície intacta das frutas. As frutas inoculadas com cada um dos quatro isolados de *P. palmivora* foram submetidas a diferentes períodos de molhamento: 0, 12, 24, 36, 48, 60 e 72 h em câmara úmida, sendo incubados em BOD com temperatura controlada para 15, 20, 25, 30 e 35 ± 2 °C. As testemunhas foram submetidas às mesmas condições, sendo o inóculo substituído por ADE.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro isolados de *P. palmivora* e sete períodos de molhamento e cinco temperaturas, com dez repetições cada. A unidade experimental foi constituída por uma fruta inoculada em um ponto. O experimento foi repetido após 30 dias.

Avaliação e Análises estatísticas

Os experimentos foram realizados em duplicata com intervalo de 30 dias para comprovação dos resultados. Para avaliar a concentração de inóculo, a influência da temperatura e o período de molhamento na severidade da podridão de frutos de mamoeiro procedeu-se à medida com paquímetro digital do diâmetro das lesões externas, em dois sentidos diametralmente opostos com intervalo de 24 h durante seis dias após retirada da câmara úmida. A área lesionada (severidade) foi calculada pela fórmula: $s = \frac{(\pi \times D1 \times D2)}{4}$ $s = \frac{(\pi \times D1 \times D2)}{4}$; sendo: S = área da lesão; D1 = diâmetro 1; D2 = diâmetro 2.

As áreas médias das lesões obtidas para todos os tratamentos foram submetidas à análise de regressão linear, não-linear e múltipla, para selecionar os modelos com os melhores ajustes às curvas de severidade da podridão-do-fruto, com base no coeficiente de determinação (R²) e no quadrado médio do resíduo (QMR), enquanto a significância das

regressões foi verificada pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises de regressão foram efetuadas com o auxílio do programa SigmaPlot Versão 11.0. Para análise de variância, os dados foram submetidos à agrupamento de médias efetuada pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$) utilizando o programa SISVAR Versão 5.1 (8).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando comparados os resultados dos dois experimentos (cada um com 10 repetições), realizados em intervalo de 30 dias, verificou-se a homogeneidade dos quadrados médios residuais relativos a ambos. Assim, foi possível utilizar análise de variância conjunta, aplicando o teste F ($p \leq 0,05$) e, não havendo diferença estatística entre eles, foi possível utilizar 20 repetições por tratamento (25).

Influência da concentração de inóculo

A concentração de inóculo de *P. palmivora* influenciou significativamente na severidade da podridão-dos- frutos, sendo que a maior concentração aplicada (10^7 zoósporos mL^{-1}) ocasionou as maiores áreas de lesão nos frutos dos quatro isolados testados (Figura 1), apresentando valores entre 4414,12 mm^2 (PP15) a 6312,45 mm^2

(PP04) (Tabela 1). Para os isolados PP04, PP15 e PP20 as áreas de lesão provocadas nos frutos quando inoculados nas concentrações 10^6 e 10^7 zoósporos mL^{-1} não diferiram significativamente pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$), enquanto para o isolado PP16 houve diferença entre estas concentrações, sendo mais severos os sintomas obtidos à concentração mais alta utilizada no experimento (Tabela 1), como verificado nas infecções de *Botrytis cinerea* em pera por Spotts & Cervantes (31), em tomate por Eden et al. (7) e O'Neill et al. (20), e com *Amphobotrys ricini* em racemos de mamona (*Ricinus communis*), como relatado por Sussel et al. (32).

Na análise de variância a interação entre concentrações de inóculo e isolados foi significativa. Não foram observados sintomas da doença nos frutos inoculados com todos os isolados nas concentrações 10 e 10^2 zoósporos mL^{-1} . Contudo, os isolados PP04 e PP20 (Tabela 1), apresentaram sintomas da doença a partir da concentração de 10^3 zoósporos mL^{-1} . O modelo polinomial cúbico ($y = y_0 + ax + bx^2 + cx^3$, onde y = área lesionada e x = concentração de inóculo) proporcionou excelente ajuste das curvas de progresso da severidade da doença em função das concentrações de inóculo, com coeficientes de determinação (R^2) próximos a 100% (98,4% para o isolado PP16) e 99,07% para o isolado PP04 (Tabela 2). Foi observado que os dois isolados provenientes do estado da Bahia, assim como os dois do Espírito Santo

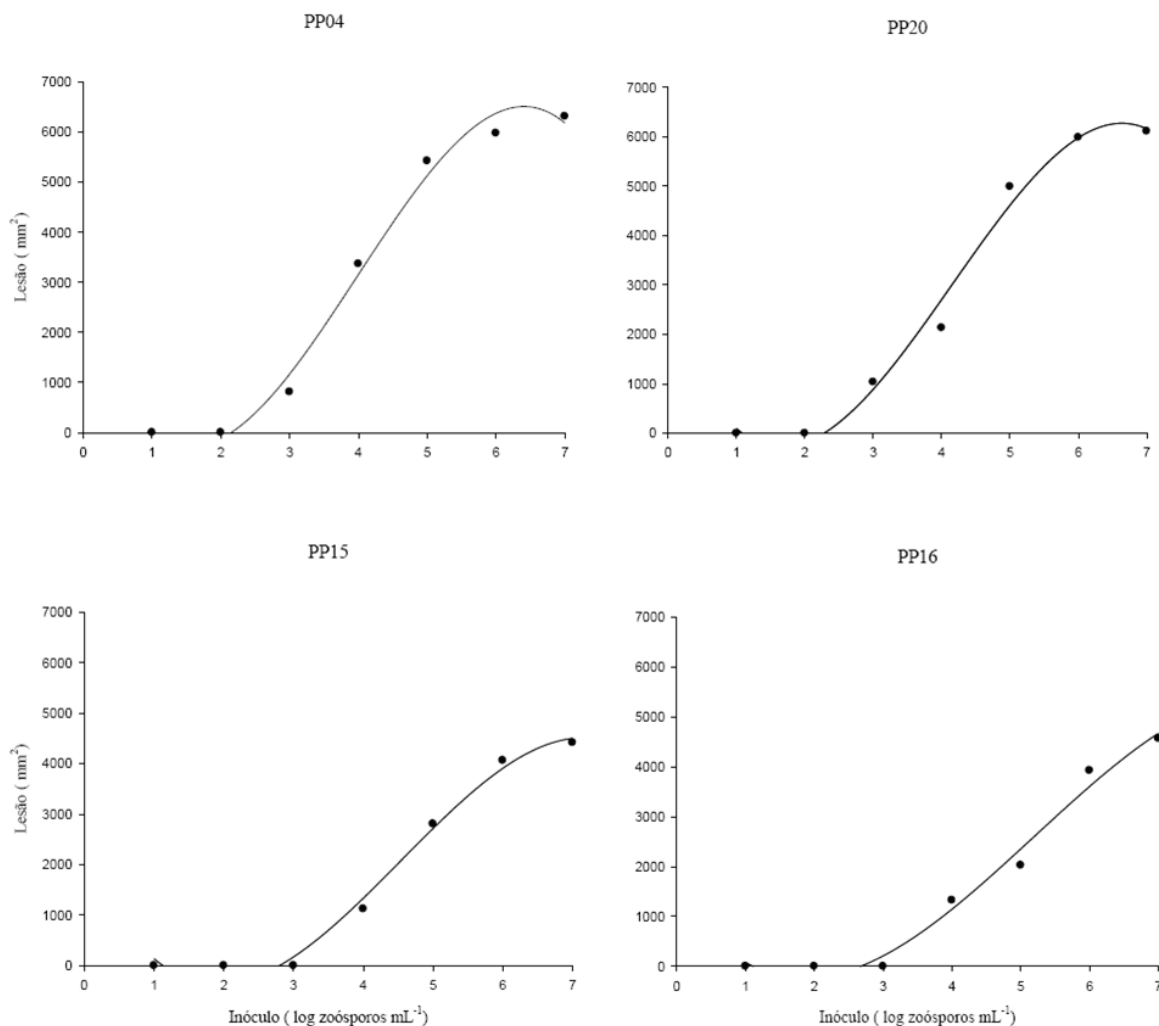


Figura 1. Influência da concentração de inóculo de quatro isolados de *Phytophthora palmivora* provenientes do sul da Bahia (PP04 e PP20) e norte do Espírito Santo (PP15 e PP16) na severidade (área lesionada) da podridão-dos-frutos de mamoeiro, seis dias depois da retirada da câmara úmida.

Tabela 1. Efeito da concentração de inóculo de isolados de *Phytophthora palmivora* na severidade da podridão-dos-frutos em mamão na pós-colheita seis dias depois da retirada da câmara úmida.

Log zoósporo mL ⁻¹	Área lesionada (mm ²)			
	PP04	PP15	PP16	PP20
1	0,00 ⁽¹⁾ aA ⁽²⁾	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA
2	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA
3	809,87 bB	0,00 aA	0,00 aA	1034,32 bB
4	3367,40 cC	1122,15 bA	1323,32 bA	2133,78 cB
5	5424,71 dD	2804,06 cB	2023,34 cA	4989,45 dC
6	5977,46 eB	4061,37 dA	3923,90 dA	5984,59 eB
7	6312,45 eB	4414,12 dA	4567,32 eA	6112,32 eB
C.V.(%)	10,79			

⁽¹⁾Área média de crescimento micelial de *P. palmivora* em mm² referente a 20 repetições; ⁽²⁾Valores seguidos pela mesma letra minúscula em cada coluna e mesma letra maiúscula em uma linha, não diferem estatisticamente, segundo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

comportaram-se entre si de maneira semelhante.

As áreas lesionadas aumentaram com o incremento da concentração de inóculo de *P. palmivora* (Figura 1), entretanto, a presença de sintomas em baixas concentrações variou sensivelmente entre os isolados estudados, visto que para ocorrer o processo da infecção é necessário que exista uma quantidade mínima viável de inóculo.

Os dois isolados provenientes do estado da Bahia (PP04 e PP20) foram mais virulentos e agressivos do que os dois isolados provenientes do Espírito Santo (PP15 e PP16). Os grupos ficaram estatisticamente bem definidos quanto ao grau de semelhança e diferença da agressividade dentre e entre os estados de origem (Tabela 1).

Tal comportamento foi evidenciado quando comparadas as concentrações críticas (CI_{crit}) entre os isolados que foram de 10³ zoósporos mL⁻¹ para os isolados PP04 e PP20 e 10⁴ zoósporos mL⁻¹ para os isolados PP15 e PP16 (Tabela 2). Isto demonstra que os isolados da Bahia necessitaram de menor quantidade de propágulos (zoósporos mL⁻¹) para iniciar o processo de infecção.

O aumento da severidade da podridão-dos-frutos com a elevação da concentração de inóculo do patógeno destaca a importância da redução do inóculo para minimizar os riscos de epidemias na pós-colheita (18), uma vez que a disponibilidade e a quantidade de inóculo são pré-requisitos para o surgimento de infecções. Em vários patossistemas a ocorrência de epidemias em um curto espaço de tempo está diretamente ligada ao número de propágulos do patógeno dentro ou próximo dos campos com plantas hospedeiras (33).

Variações na agressividade entre isolados podem ser explicadas

por fatores externos, como diferenças edafoclimáticas das regiões de procedência ou por fatores internos, sendo as diferenças entre espécies ou isolados da mesma espécie resultado de suas características genéticas (19, 23, 26).

Influência da temperatura e do período de molhamento

As maiores lesões características da podridão-dos-frutos causada por *P. palmivora*, foram observadas para os quatro isolados quando submetidos ao período de molhamento entre 60 às 72 h e a temperatura variando de 25 a 30 °C (Figura 2), ou seja, a alta umidade estimulou o processo de infecção por *P. palmivora* e, ou aumentou a suscetibilidade do hospedeiro, influenciando na taxa de progresso da doença.

A perda de umidade de produtos frescos é determinada pela umidade relativa do ambiente. Embora o elevado teor de umidade relativa ajude a manter a turgidez e reduzir as perdas de água no fruto, ela também pode ser favorável ao desenvolvimento de doenças (6). A maioria dos fungos e oomycotas fitopatogênicos requer água livre sobre a superfície do tecido hospedeiro para iniciar o processo de infecção uma vez que a umidade é indispensável para o início do ciclo de infecção (2). Em campo, a podridão-dos-frutos, causada por *P. palmivora* pode ser favorecida pela formação de orvalho e pelas diferenças de temperatura entre o dia e a noite que também propiciam períodos de molhamento nas primeiras horas do dia. Além disso, a interrupção dos períodos de molhamento pelos dias secos pode ser compensada pela umidade proveniente da irrigação por aspersão, que é comumente usada na cultura do mamão.

Tabela 2. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R²), concentrações ótimas (CI_{opt}) e concentrações críticas (CI_{crit}) estimadas para a relação entre concentração de inóculo (CI) de *Phytophthora palmivora* na severidade (área lesionada=AL) da podridão-dos-frutos de mamoeiro, considerando as interações com o hospedeiro e os isolados do patógeno.

Interação	Equação de regressão	R ² (%)	CI _{opt} (zoósporos mL ⁻¹)	CI _{crit}
	Isolado/Mamão			
PP04	AL = 2247,5 - 3548CI + 1419,3CI ² - 118,88CI ³	99,07	10 ⁶ /10 ⁷	10 ³
PP20	AL = 2391,5 - 3512CI + 1322,9CI ² - 106,32CI ³	98,81	10 ⁶ /10 ⁷	10 ³
PP15	AL = 2080,2 - 2801,9CI + 926,27CI ² - 68,092CI ³	98,86	10 ⁷	10 ⁴
PP16	AL = 1342,5 - 1822,4CI + 596,56CI ² - 38,331CI ³	98,40	10 ⁶ /10 ⁷	10 ⁴

A temperatura influenciou significativamente na severidade da podridão-dos-frutos. O incremento da temperatura de 15 °C para 25 °C proporcionou um aumento na severidade da doença, enquanto a partir de 30 °C, na maioria das situações, ocorreu uma redução na área lesionada (Figuras 2 e 3).

Alguns trabalhos têm demonstrado que em outros patossistemas, o aumento do período de molhamento foliar não está relacionado a uma maior severidade da doença e que a temperatura influencia nesses resultados (12, 13, 17), porém, houve influência da temperatura nos resultados (12, 13). O contrário ocorreu para o patossistema deste trabalho, onde o aumento do período de molhamento no fruto foi diretamente proporcional ao aumento da severidade da doença, com sensível influência da temperatura. Portanto, o aumento de temperatura combinado com períodos de molhamento está diretamente associado ao

aumento da infecção, e a temperatura é um fator preponderante neste patossistema, como verificado nas infecções de *P. cactorum* em frutos de maçã e pera (9) e em frutos de morango (10). Influência semelhante foi observada acelerando o estágio de maturação e, conseqüentemente, as perdas provocadas pelo patógeno em banana (5, 24).

Foram verificadas interações significativas entre temperatura, período de molhamento e severidade para os quatro isolados de *P. palmivora* utilizados neste trabalho. O modelo Gaussiano 3D:

$$z = ae^{-0,5\left[\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2 + \left(\frac{y-y_0}{c}\right)^2\right]} \quad z = ae^{-0,5\left[\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2 + \left(\frac{y-y_0}{c}\right)^2\right]}$$

onde z = área lesionada (AL), x = temperatura (T) e y = período de molhamento (PM), proporcionou excelente ajuste da severidade da doença (área de lesão) em função da temperatura e período de molhamento, com coeficientes de determinação (R²), variando entre

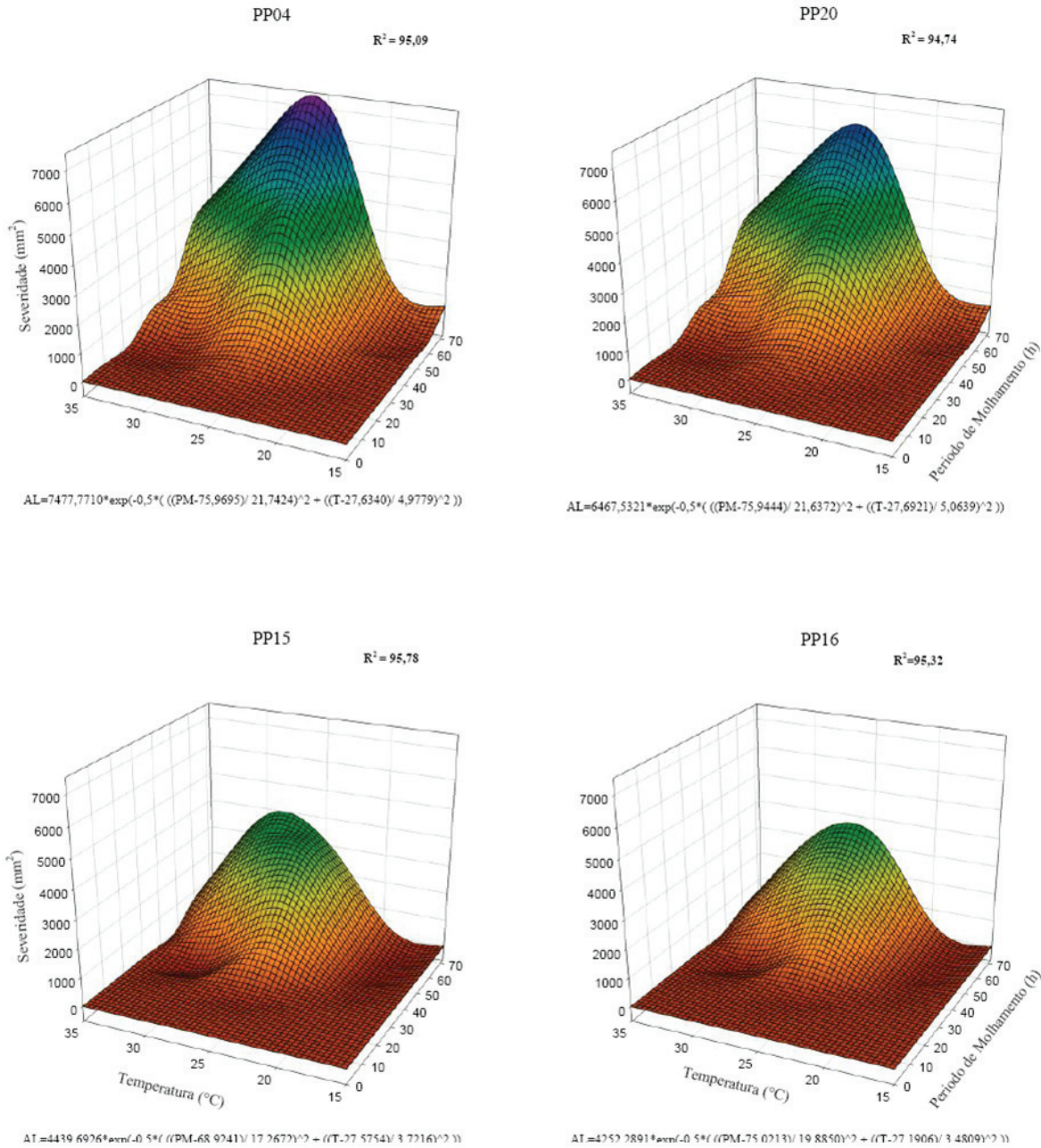


Figura 2. Efeito da temperatura e do período de molhamento na severidade da podridão-dos-frutos de mamoeiro em frutos de mamoeiro inoculados com quatro isolados de *Phytophthora palmivora* provenientes do sul da Bahia (PP04 e PP20) e norte do Espírito Santo (PP15 e PP16), seis dias depois da retirada da câmara úmida.

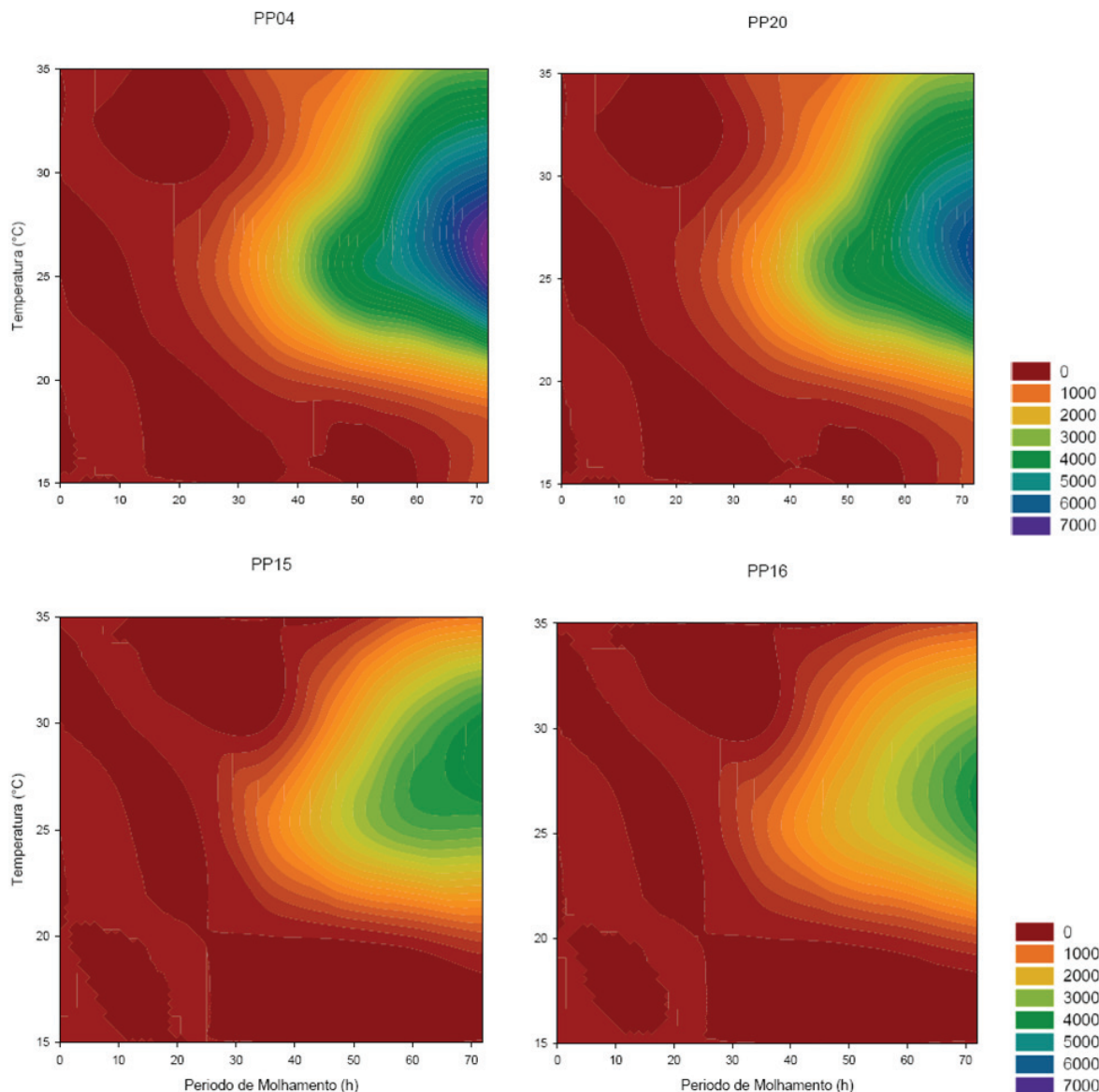


Figura 3. Gráfico de contornos para o efeito da temperatura e período de molhamento em frutos de mamão inoculados com quatro isolados de *Phytophthora palmivora* provenientes do sul da Bahia (PP04 e PP20) e norte do Espírito Santo (PP15 e PP16) na severidade da podridão-dos-frutos de mamoeiro, seis dias depois de retirada da câmara úmida.

94,74% para o isolado PP20 e 95,78% para o isolado PP15 (Figura 2).

Este modelo permitiu estimar temperaturas ótimas na faixa de 27 a 28 °C para o desenvolvimento da doença entre os isolados PP04 (27,63 °C), PP15 (27,57 °C), PP16 (27,19 °C) e PP20 (27,69 °C) respectivamente (Figura 3). Este resultado corrobora com o observado para o crescimento micelial e a esporulação de *P. palmivora* na superfície dos frutos de cacaueteiro e mamoeiro, cuja temperatura ótima para crescimento e esporulação variou entre 25 e 30 °C, o que geralmente tem influência na severidade da doença (15, 28). As pequenas variações observadas entre os isolados testados são explicadas pela possível variabilidade intra-específica (19).

Os quatro isolados de *P. palmivora* causaram lesões nas frutas em todas as temperaturas e períodos de molhamento as quais foram submetidas. Porém, PP04 foi o mais agressivo, pois causou maiores lesões nos frutos (7126,29 mm²) a temperatura de 25 °C e período de molhamento de 72 h (Figuras 1 e 2). Os isolados provenientes do estado da Bahia (PP04 e PP20) e do Espírito Santo (PP15 e PP16) causaram

lesões nas frutas à temperatura de 15 °C e no período de molhamento de 72 h. Com o incremento da temperatura para 25 °C (temperatura ótima) foram observadas lesões no período de molhamento de 24 h para os isolados PP04 e PP20 e 36 h para os isolados PP15 e PP16, indicando novamente variações no comportamento dos isolados em função das condições de temperatura e umidade. Como também houve variação na severidade dos sintomas causados pelos quatro isolados utilizados neste trabalho que são provenientes de estados próximos geograficamente, podemos inferir que existem diferentes níveis de virulência e agressividade entre os isolados, possivelmente relacionados à variabilidade genética existente entre eles, o que precisa ser melhor elucidado.

Como os frutos de mamoeiro estão fisiologicamente adaptados à faixa de temperatura testada (15 - 35 °C), não houve estresse e, por conseguinte, predisposição à infecção pelo patógeno. Portanto, os resultados sugerem que a temperatura exerceu grande influência sobre o metabolismo de *P. palmivora* e, possivelmente, sobre a cinética das

enzimas envolvidas no processo de infecção, que podem ter aumentado ou reduzido suas atividades conforme as condições predominantes. Temperaturas mínimas e máximas para o desenvolvimento do patógeno normalmente não são letais, no campo ou após a colheita, o que pode ocorrer é a inibição temporária de epidemias ou do desenvolvimento das lesões, mas não, a erradicação do patógeno, a menos que predominem por períodos prolongados. Em regiões como nos polos produtores de mamão, no sul da Bahia e norte do Espírito Santo a inibição da epidemia se deve principalmente às altas temperaturas e baixa umidade do ar (diurnas), pois as temperaturas noturnas, geralmente mais baixas, associadas à alta umidade do ar, favorecem os processos de esporulação e infecção. Temperaturas diurnas altas prejudicam a dispersão dos esporos, diminuem o potencial de esporulação e podem também diminuir o período infeccioso de *P. palmivora*.

Para o desenvolvimento de estratégias de manejo de doenças de plantas é necessário obter conhecimentos sobre aspectos epidemiológicos, dentre os quais, as exigências de temperatura, umidade e concentração mínima de inóculo necessárias para o estabelecimento de altos níveis de doença em cada associação patógeno-hospedeiro. Neste trabalho a umidade, a temperatura e a concentração de inóculo de *P. palmivora* exerceram influência significativa na severidade da podridão-dos-frutos de mamoeiro.

Portanto, baseado nos resultados obtidos neste estudo, sugerimos algumas medidas que podem ser adotadas para reduzir os riscos de epidemias em campo e na pós-colheita, tais como: evitar ciclos de plantio em períodos de elevada precipitação pluviométrica; evitar alta umidade na superfície dos frutos que normalmente é proporcionada por irrigações frequentes e em alto volume; aplicar agentes biocontroladores ao solo; coletar e destruir frutos com sintomas, visando à redução do inóculo de *P. palmivora* na área, pois, a disseminação dentro da plantação é feita tanto através do vento como dos respingos de água.

Este tipo de estudo fornece informação útil sobre como a temperatura, o período de molhamento e a concentração de inóculo podem afetar a podridão-dos-frutos causada por *P. palmivora* na pós-colheita. Pesquisas adicionais envolvendo as interações entre esses fatores são necessários para o melhor entendimento da epidemiologia dessa doença. Estes resultados podem ser utilizados para prever a ocorrência da podridão dos frutos com base na temperatura mínima e no período de molhamento, condições necessárias para a infecção dos frutos de mamoeiro pelo patógeno na pós-colheita.

CONCLUSÕES

As mais altas concentrações de inóculo utilizadas 10^6 e 10^7 zoósporos mL^{-1} , provocaram as maiores áreas de lesão em fruta de mamoeiro aumentando a severidade dos quatro isolados de *P. palmivora* avaliados;

Os isolados de *P. palmivora* demonstraram maior severidade aos frutos quando expostos à temperatura de 25 °C e período de molhamento de 72 h;

Os isolados da Bahia apresentaram maior agressividade aos frutos de mamoeiro que os do Espírito Santo necessitando menor CI_{crit} para infecção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de estudos.

Ao proprietário da Fazenda Alegria pelo fornecimento dos frutos utilizados neste trabalho e a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), pelo apoio logístico e técnico que permitiu a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adaskaveg, J.A.; Förster, H.; Sommer, N.F. Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. In: Kader, A.A. **Postharvest technology of crops**. 3rd ed. California: University of California Agriculture and Natural, 2002. p.163-193.
- Agrios, G.N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 2005. 922p.
- Borges Neto, C.R.; Melo, S.C.M.; Ribeiro, Z.M.A.; Ávila, Z.R.; Maly, J.; Fontes, E.M.G. Influência da idade da planta, período de molhamento de umidificação e concentração de inóculo no desenvolvimento de sintomas provocados por *Cercospora caricis* em tiririca. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.25, n.2, p.138-142, 2000.
- Castellani, A. The "water cultivation" of pathogenic fungi. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, London, v.66, p.283-284, 1963.
- Chillet, M.; Hubert, O.; Rives, M.J.; Lapeyre de Bellatre, L. Effects of the physiological age of bananas on their susceptibility to wound anthracnose due to *Colletotrichum musae*. **Plant Disease**, St. Paul, v.90, n.9, p.1181-1185, 2006.
- Chitarra, M.I.F.; Chitarra, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. v.1, 785p.
- Eden, M.A.; Hill, R.A.; Beresford, R.; Stewart, A. The influence of inoculum concentration, relative humidity, and temperature on infection of greenhouse tomatoes by *Botrytis cinerea*. **Plant Pathology**, St. Paul, v.45, n.4, p.795-806, 1996.
- Ferreira, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- Grove, G.G.; Boal, R.J.. Influence of temperature and wetness duration on infection of immature apple and pear fruit by *Phytophthora cactorum*. **Phytopathology**, St. Paul, v.81, n.11, p.1465-1471, 1991.
- Grove, G.G.; Madden, L.V.; Ellis, M.A.; Schmitthenner, A.F. Influence of temperature and wetness duration on infection of immature strawberry fruit by *Phytophthora cactorum*. **Phytopathology**, St. Paul, v.75, n.2, p.165-169, 1985.
- Kannwischer, M.E.; Mitchell, D.J. The influence of a fungicide on the epidemiology of black shank of tobacco. **Phytopathology**, St. Paul, v.68, p.1760-1765, 1978.
- Kurt, S.; Tok, F.M. Influence of inoculum concentration, leaf age, temperature, and duration of leaf wetness on *Septoria blight* of parsley. **Crop Protection**, Gildford, v.25, n.6, p.556-561, 2006.
- Latorre, B.A.; Rioja, M.E.; Lillo, C.; Munoz, M. The effect of temperature and wetness duration on infection and a warning system for European canker (*Nectria galligena*) of apple in Chile. **Crop Protection**, Gildford, v.21, n.4, p.285-291, 2002.
- Lima Filho, R.M.; Oliveira, S.M.A.; Menezes, M. Caracterização enzimática patogênicidade cruzada de *Colletotrichum* associados a doenças pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.28, n.6, p.620-625, 2003.
- Luz, E.D.M.N.; Campelo, A.M.F.L. Dinâmica populacional de três espécies de *Phytophthora* na região cacaueira da Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.10, p.1-8, 1985.
- Luz, E.D.M.N.; Matsuoka, K. *Phytophthora*: fungo protista ou cromista?. In: Luz, E.D.M.N.; Santos, A.F.; Matsuoka, K.; Bezerra, J.L. **Doenças causadas por Phytophthora no Brasil**. Campinas: Rural, 2001. p.1-21.
- Nechet, K.L.; Halfeld-Vieira, B.A. Efeito do inóculo, período de molhamento foliar e do estágio fenológico do feijão-caupi no desenvolvimento da mel. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v.36, n.2, p.104-109, 2011.
- Oliveira, S.M.A.; Terao, M.; Dantas, S.A.F.; Tavares, S.C.C. H. **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 855p.
- Oliveira, T.A.S.; Oliveira, S.M.A.; Michereff, S. J.; Câmara, M.P.S.; Costa, V.S.O.; Lins, S.R.O. Efeito do estágio de maturação, tipo de inóculo e local de inoculação na severidade da podridão peduncular em manga. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF. v.33, n.6, p.409-414, 2008.

20. O'Neill, T.M.; Shtienberg, D.; Elad, Y. Effect of some host and microclimate factors on infection of tomato stems by *Botrytis cinerea*. **Plant Disease**, St. Paul, v.81, n.1, p.36-40, 1997.
21. Paim, M.C.A.; Luz, E.D.M.N.; Souza, J.T.; Cerqueira, A.O.; Lopes, J.R.M. Pathogenicity of *Phytophthora* species to *Anthurium andraeanum* in Brazil. **Australasian Plant Pathology**, Dordrecht, v.35, n.2, p.275-277, 2006.
22. Pereira, J.C.R.; Batista, U.G.; Guimarães, F.B.; Misubuti, E.S.G. Efeito de diferentes meios de cultura sobre a esporulação e o potencial de inóculo de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.24, p.186-188, 1998.
23. Pereira, A.L.; Silva, G.S.; Ribeiro, V.Q. Caracterização fisiológica, cultural e patogênica de diferentes isolados de *Lasiodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.31, n.6 p.572-578, 2006.
24. Pessoa, W.R.L.S.; Oliveira, S.M.A.; Dantas, S.A.F.; Tavares, S.C.C.H.; Santos, A.M.G. Efeito da temperatura e período de molhamento sobre o desenvolvimento de lesões de *Colletotrichum musae* em banana. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.33, n.2, p.147-151, 2007.
25. Pimentel-Gomes, F. **Curso de Estatística Experimental**, 13 ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
26. Ram, C. Características culturais, esporulação e virulência do "strain" do *Botryodiplodia theobromae*, agente causal da queima-das-folhas do coqueiro (*Cocos nucifera*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.18, p.143-146, 1993.
27. Ritzinger, C.H.S.P.; Souza, J.S. (Org.) **Mamão: fitossanidade**. Cruz das Almas: Embrapa, 2000. 91p.
28. Silva, G.S. Podridão das raízes e dos frutos do mamoeiro. In: Luz, E.D.M.N.; Santos, A.F.; Matsuoka, K.; Bezerra, L.J. **Doenças causadas por Phytophthora no Brasil**. Campinas: Rural, 2001. p.413-432.
29. Silveira, N.S.S.; Michereff, S.J.; Mariano, R.L.R. Severidade da mancha-aquosa em meloeiro sob diferentes condições de molhamento foliar e concentração de inóculo de *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.28, n.2, p.171-175, 2003.
30. Silveira, N.S.S.; Michereff, S.J.; Mariano, R.L.R.; Maia, L.C.; Oliveira, S.M.A. Hongos fitopatógenos associados a frutos comercializados em Recife, Pernambuco (Brasil). **Boletín Micológico**, Valparaíso, v.16, p.41-47, 2001.
32. Spotts, R.A.; Cervantes, L.A. Disease incidence inoculum dose relationships for *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* and decay of pear fruit using dry, airborne conidia. **Plant Disease**, St. Paul, v.85, n.7, p.755-759, 2001.
33. Sussel, A.A.B.; Pozza, E.A.; Castro, H.A.; Lasmar, E.B.C. Incidência e severidade do mofo-cinza-da-mamoneira sob diferentes temperaturas, períodos de molhamento e concentração de conídios. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.1, p.30-34, 2011.
34. Vale, F.X.R.; Jesus Junior, W.C.; Zambolim, L. Natureza das epidemias. In: Vale, F.X.R.; Jesus Junior, W.C.; Zambolim, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil, 2004. p.21-48.
35. Zambolim, L.; Vale, F.X.R.; Monteiro, A.J.A.; Costa, H. **Controle de doenças de fruteiras**. Viçosa: UFV, 2002. v.1, 674 p.