

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**RESISTÊNCIA DE ACESSOS DE MAMOEIRO AOS
AGENTES ETIOLÓGICOS DA MANCHA ANELAR E DA
MELEIRA E MÉTODO PRECOCE PARA IDENTIFICAÇÃO
DA MELEIRA**

ANA MARIA PEREIRA BISPO DE CASTRO

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
FEVEREIRO - 2021**

**RESISTÊNCIA DE ACESSOS DE MAMOEIRO AOS AGENTES
ETIOLÓGICOS DA MANCHA ANELAR E DA MELEIRA E MÉTODO
PRECOCE PARA IDENTIFICAÇÃO DA MELEIRA**

ANA MARIA PEREIRA BISPO DE CASTRO

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2013

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutora em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo E. Meissner Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Sebastião de O. e Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

FEVEREIRO - 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

C355r

Castro, Ana Maria Pereira Bispo de.

Resistência de acessos de mamoeiro aos agentes etiológicos da mancha anelar e da meleira e método precoce para identificação da meleira / Ana Maria Pereira Bispo de Castro._ Cruz das Almas, Bahia, 2021.
107f.; il.

Orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo.

Coorientadores: Paulo Ernesto Meissner Filho; Sebastião de Oliveira e Silva, Clovis Pereira Peixoto.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Doutorado em Ciências Agrárias.

1.Mamão – Doenças e pragas. 2.Mamão – Mancha anelar – Vírus em planta. 3.Análise etiológica. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Silva, Sebastião de Oliveira e. III.Peixoto, Clovis Pereira. IV.Título.

CDD: 634.651

Ficha elaborada pela Biblioteca Central de Cruz das Almas - UFRB.
Responsável pela Elaboração - Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615) e
Neubler Nilo Ribeiro da Cunha (Bibliotecário - CRB5/1578)
(os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**RESISTÊNCIA DE ACESSOS DE MAMOEIRO AOS AGENTES ETIOLÓGICOS
DA MANCHA ANELAR E DA MELEIRA E MÉTODO PRECOCE PARA
IDENTIFICAÇÃO DA MELEIRA**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE
ANA MARIA PEREIRA BISPO DE CASTRO**

Realizada em 4 de Fevereiro de 2021

Prof.Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB
Examinador interno (Orientador)

Prof. Dr. Eduardo Chumbinho de Andrade
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador externo

Dra. Cristiane de Jesus Barbosa
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

Profa. Dra. Ana Cristina Vello Loyola Dantas
Universidade Federal do Recôncado da Bahia-UFRB
Examinador externo ao programa

Dra. Hellen Cristina da Paixão Moura
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador externo

À Deus, “O que é, o que era e o que há de vir”.
(Apocalipse 1:8)

Ofereço

À minha amada mãe Josefa Pereira Bispo dos Santos. À memória do meu amado pai Antônio Bispo dos Santos e à memória do meu saudoso avô, José Francisco dos Santos, grandes exemplos de vida, força e coragem. Vocês abriram caminhos para que eu chegasse até aqui.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais uma graça alcançada, por sempre guiar meus passos, iluminar os meus caminhos e por me fortalecer e encorajar durante a jornada.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, pela oportunidade para a realização do curso de doutorado.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura, pelo apoio institucional e infraestrutura necessária para a execução de todas as etapas do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Ao Prof. Dr. Carlos A. da Silva Ledo, pela orientação, dedicação, ensinamentos, contribuições na construção da pesquisa, pelas oportunidades profissionais oferecidas, pela confiança e principalmente pela contribuição a minha formação profissional.

Ao Dr. Paulo E. Meissner Filho, pela coorientação, por ser o meu braço direito durante todo trabalho, pelas valiosas contribuições e total dedicação, por todas as vezes que me acompanhou nas avaliações dividindo seus conhecimentos e experiência e pelos ensinamentos que farão parte da minha vida.

Ao Prof. Dr. Clovis P. Peixoto, pela coorientação, pelos sete anos de orientação da graduação ao mestrado, pela oportunidade de trilhar um novo caminho no doutorado.

Ao Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva, pela coorientação, pelo seu bom humor e por compartilhar sua sabedoria e histórias de vida.

Ao Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança, pelo direcionamento e contribuições essenciais para construção deste trabalho.

A todo corpo docente do Curso de Ciências Agrárias, pelos ensinamentos prestados.

A Josimare Queiroz (Mari) e Malena Nogueira, pela dedicação e empenho em cada tarefa realizada, amizade e leveza que acrescentaram aos meus dias. À Equipe de Mamão da Embrapa, por todo suporte, em especial, Celeste e José Raimundo.

A equipe de trabalhadores da Embrapa, em especial, Sr. Alcides, Amadeu dos santos Ferreira, Sr. Sismil e Sr. Raimundo de Santana.

A Ma. Cícera do Amaral, técnica do laboratório de virologia da Embrapa, por compartilhar seu conhecimento com muita boa vontade e responsabilidade, pelo auxílio prestado durante o desenvolvimento do trabalho sempre com muita dedicação e atenção, pela amizade, bons conselhos e momentos de alegria.

À equipe do Laboratório de Virologia da Embrapa, pelo bom convívio, em especial, Alirio Neto, por dividir seu conhecimento de forma espontânea.

À servidora da UFRB, Deyse, sempre cordial e receptiva, pelo bom atendimento, presteza, atenção e paciência.

Aos amigos Brunelle Andrade, Ademir Trindade e Leandro Silva, pela amizade e valiosas contribuições para conclusão deste trabalho.

A Pós-doutora Karoline Gonçalves, pelo empenho e dedicação na revisão do trabalho e valiosas contribuições.

Aos amigos do curso de Ciências Agrárias, Franklin, Cristiano Silva, Cintia Paula, Priscila Tavares, Priscila Silva, pela parceria, momentos de estudos e diversão.

A Dr. Gisele Machado, por me servir como exemplo. Pela contribuição na minha formação acadêmica, amizade, bons conselhos e conhecimentos transmitidos.

A minha amada mãe Josefa, por sempre me incentivar a estudar e a nunca desistir dos meus sonhos, ser exemplo de força e coragem, e principalmente por todos os anos de luta para me proporcionar uma vida melhor.

À memória do meu pai Antônio, pelos dezessete anos vividos ao meu lado, me educando e incentivando. Por todas as vezes que me levou de bicicleta ou carroça para a escola debaixo de sol ou chuva, garantindo que eu não perdesse um dia de aula sequer. Por ter sido o melhor amigo que alguém poderia ter.

Ao meu marido Beto, por ser meu maior incentivador, por acreditar na minha capacidade, por enxergar além do que meus olhos achavam que era possível. Por ser minha base e meu porto seguro.

A todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para concretização deste trabalho.

Vocês tornaram esse sonho possível. Muito obrigada!

“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.”

(Martin Luther King Jr.)

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

REFERENCIAL TEÓRICO 1

ARTIGO 1

**INCIDÊNCIA DA MANCHA ANELAR EM ACESSOS DE MAMOEIRO SOB
INFECÇÃO NATURAL 19**

ARTIGO 2

**RESISTÊNCIA AO *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) EM ACESSOS DE
MAMOEIRO CULTIVADOS EM CASA DE VEGETAÇÃO..... 39**

ARTIGO 3

**DETECÇÃO PRECOCE, RÁPIDA E DE BAIXO CUSTO DA MELEIRA DO
MAMOEIRO..... 61**

ARTIGO 4

**AVALIAÇÃO PRECOCE DA RESISTÊNCIA DE ACESSOS PARA A MELEIRA DO
MAMOEIRO EM CASA DE VEGETAÇÃO..... 80**

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 95

RESISTÊNCIA DE ACESSOS DE MAMOEIRO AOS AGENTES ETIOLÓGICOS DA MANCHA ANELAR E DA MELEIRA E MÉTODO PRECOCE PARA IDENTIFICAÇÃO DA MELEIRA

Autora: Ana Maria Pereira Bispo de Castro

Orientador: Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo

RESUMO: As viroses têm sido consideradas as principais doenças do mamoeiro, sendo a mancha anelar causada pelo *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) e a meleira causada pelo Papaya Meleira virus (PMeV) as de maior importância. Este trabalho teve como objetivo, avaliar a resistência de acessos de mamoeiro para os agentes etiológicos da mancha anelar e da meleira, e avaliar um método para a detecção precoce da meleira. No primeiro capítulo foi avaliado, em dois experimentos, a incidência de mancha anelar sob infecção natural em 151 acessos de mamoeiro. Foram encontrados acessos promissores ao PRSV-P. No segundo capítulo foram testados 35 acessos para resistência a PRSV-P em casa de vegetação. As mudas foram inoculadas mecanicamente utilizando isolado de PRSV-P. Foram avaliados a incidência e sintomas, utilizando uma escala de notas, foi calculado o índice de doença (ID) e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Não foram identificados acessos resistentes ao PRSV-P. No terceiro capítulo foi avaliada a utilização do glicosímetro portátil na determinação do teor de glicose de plantas de mamoeiro sadias e inoculadas com meleira. As plantas foram submetidas à extração de dsRNA para verificar a presença do PMeV. Os dados foram analisados pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade. As plantas que apresentaram maior teor de glicose, estavam infectadas pelo PMeV. No quarto capítulo 38 acessos foram avaliados para resistência ao PMeV em casa de vegetação. A inoculação foi feita por ferimentos com agulha hipodérmica mergulhada em látex infectado. As plantas foram avaliadas por dsRNA quanto a presença do PMeV e foi feita avaliação do teor de glicose em látex com glicosímetro portátil. Não foram encontrados acessos resistentes ao vírus.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., viroses do mamoeiro, diagnose, PMeV, PRSV-P.

RESISTANCE OF PAPAYA ACCESS TO ETIOLOGICAL AGENTS OF THE RING SPOT DISEASE AND STICKY DISEASE AND EARLY METHOD FOR IDENTIFYING THE STICKY DISEASE

Author: Ana Maria Pereira Bispo de Castro

Adviser: Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo

ABSTRACT: Viruses have been considered the main diseases of papaya, the ring spot caused by *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) and the sticky disease caused by Papaya Meleira virus (PMeV) the most important. This work aimed to evaluate the resistance of papaya accessions to the etiological agents of ring spot and the sticky disease, and to evaluate a method for the early detection of sticky disease. In the first chapter, in two experiments, the incidence of ring spot under natural infection was evaluated in 151 accessions of papaya. Promising accesses to PRSV-P were found. In the second chapter, 35 accessions were tested for resistance to PRSV-P in a greenhouse. The seedlings were mechanically inoculated using a PRSV-P isolate. Incidence and symptoms were assessed using a scale of scores, the disease index (ID) and the area under the disease progress curve (AACPD) were calculated. No resistant accesses to PRSV-P were identified. In the third chapter, the use of the portable glucometer in the determination of the glucose content of healthy papaya plants and inoculated with sticky disease was evaluated. The plants were submitted to dsRNA extraction to verify the presence of PMeV. The data were analyzed using the F test of analysis of variance at 5% probability. Plants with the highest glucose content were infected with PMeV. In the fourth chapter 38 accessions were evaluated for resistance to PMeV in greenhouse. The inoculation was done by wounds with a hypodermic needle dipped in infected latex. The plants were evaluated by dsRNA for the presence of PMeV and the glucose content in latex was evaluated with a portable glucometer. No virus-resistant accesses were found.

Keywords: *Carica papaya* L, papaya viruses, diagnosis, PMeV, PRSV-P.

REFERENCIAL TEÓRICO

Cultura do mamão: Aspectos gerais e econômicos

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma árvore frutífera originária das Américas com maior diversidade genética concentrada na América Central e Bacia Amazônica superior, onde ocorre sua distribuição (BADILLO, 2000). É uma das fruteiras mais comuns em quase todos os países da América Tropical, sendo descoberto pelos espanhóis na região compreendida entre o sul do México e o norte da Nicarágua. Após a descoberta foi amplamente distribuído em várias regiões tropicais com possível introdução no Brasil em 1587 (SERRANO; CATTANEO, 2010).

Pertence a família Caricaceae que apresenta 35 espécies e seis gêneros: Jacarattia (sete espécies), Jarilla (três espécies), Cylicomorpha (duas espécies), Horovitzia (uma espécie) Vasconcellea (21 espécies) e Carica (uma espécie) (BADILLO, 2002; VAN DROOGENBROECK et al., 2002).

O mamoeiro cultivado comercialmente (*Carica papaya* L.) pertence à classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Violales, subordem Caricineae, família Caricaceae e gênero Carica (COSTA; PACOVA, 2003). Considerada uma planta perene, apresenta raiz pivotante e ramificações laterais. O caule é do tipo herbáceo lenhoso, fistuloso nas regiões dos entrenós, suculento, ereto, contendo numerosas cicatrizes foliares, terminando com um grupo denso de grandes folhas na região apical. As folhas são do tipo alternadas com pecíolos do tipo fistulosos e cilíndricos. O embrião é reto com cotilédones ovóides e achatados, circundados por endosperma carnoso, rico em ácidos graxos. A germinação é relativamente rápida e epígea (BADILLO, 1993).

É uma planta considerada dioica e polígama (trioica) e, dependendo da variedade, há presença de flores masculinas, femininas e/ou hermafroditas. As plantas que apresentam flores hermafroditas são preferíveis para o cultivo, pois produzem frutos de formato alongado com variação de piriforme a cilíndrica e pequena cavidade interna. Por outro lado, as plantas que apresentam flores femininas produzem frutos arredondados que têm menor valor comercial (OLIVEIRA et al., 2007). Os frutos apresentam diversos tamanhos e podem ser classificados como ovóides, esféricos ou piriformes (SILVA et al., 2007).

O mamoeiro é considerado uma das fruteiras mais cultivadas e consumidas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (SERRANO; CATTANEO, 2010). Em regiões com clima quente, pluviosidade abundante, solos ricos e bem drenados apresenta ciclo semiperene com pico de produção entre três a cinco anos (MURAYAMA, 1986). Adaptada ao Nordeste brasileiro, com grande expressão na economia da região, contribui expressivamente nos aspectos econômicos e sociais, proporcionando emprego e renda (SÁ et al., 2013).

A produção concentra-se em cinco países: Índia, Brasil, México, República Dominicana e Indonésia, que juntos alcançaram uma produção de 13 milhões de toneladas em 2018. O Brasil é o segundo maior produtor da fruta, com uma produção anual de 1.060,392 milhões de toneladas (FAO, 2018). A região Nordeste detém 53,3% da produção nacional, da qual a Bahia contribui com a segunda maior produção de 337.151 toneladas. O maior produtor nacional é o Espírito Santo com uma produção de 354.405 toneladas, em 2018 (IBGE, 2018).

Neste contexto, o mamão assume uma importância cada vez maior na fruticultura nacional, como uma das principais frutíferas destinadas ao comércio exterior, pois tem se tornado uma alternativa de consumo atraente no mundo em termos de fruta tropical (REIS, 2015). O fruto *in natura* é exportado para mais de 90 países, dos quais os países europeus são os principais importadores. Os principais destinos das exportações brasileiras de mamão fresco são Portugal (9.784.644 kg), Espanha (8.120.320 kg), Alemanha (7.194.849 kg) e Reino Unido (5.139.617 kg) (COMEX STAT, 2019).

Apesar da importância do mamão para a fruticultura brasileira, toda a produção nacional concentra-se no cultivo de poucas cultivares, sendo estas classificadas em dois grupos, Solo e Formosa. As cultivares do grupo Solo, Golden e Sunrise Solo, popularmente conhecidas como mamão Papaya ou Havaí tem como característica frutos pequenos com peso médio de 0,5 kg e polpa avermelhada. No grupo Formosa, os híbridos Tainung nº 01 (o mais cultivado no Brasil) e Calimosa, produzem frutos maiores com peso superior a 1,0 kg e polpa laranja avermelhada (SERRANO; CATTANEO, 2010; LUZ et al., 2015).

Os frutos do grupo Solo são os preferidos para exportação e os do grupo Formosa são híbridos comerciais que vêm ganhando espaço nos mercados interno e externo, com forte crescimento de vendas para a Europa, o Canadá e para os Estados Unidos (OLIVEIRA et al., 2011). Além disso, em razão dos preços

elevados das sementes dos híbridos, muitos produtores utilizam sementes das gerações F2, F3 e F4 do híbrido Tainung Nº 1 para renovar seus plantios, o que reduz o vigor das plantas e a qualidade dos frutos (OLIVEIRA et al., 2012).

Por ser uma cultura de base genética estreita, com número de cultivares disponíveis limitado, torna-se mais suscetível a uma série de pragas (SILVA et al., 2016) como o vírus da mancha anelar do mamoeiro (*Papaya ringspot virus* – PRSV-P), o vírus da meleira do mamoeiro (Papaya meleira virus - PMeV), a varíola ou pinta reta (*Asperisporium caricae*), a podridão-do-pé (*Phytophthora palmivora*) e a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) (DANTAS; OLIVEIRA, 2009).

As viroses têm sido consideradas como as principais doenças do mamoeiro ocasionando grandes perdas na sua produção (LIMA et al., 2001), capazes de infectar até 100% do pomar em poucos meses caso nenhuma forma de controle seja utilizada (TAVARES et al., 2004). Dentre essas viroses destacam-se a mancha anelar e a meleira que têm afetado drasticamente a produção do mamoeiro causando mudança constante das áreas de plantio, conferindo ao mamoeiro um caráter nômade (VENTURA et al., 2004; ABREU et al., 2015a).

Mancha anelar do mamoeiro

A mancha anelar, causada pelo vírus *Papaya ringspot virus* (PRSV-P), é a mais destrutiva e devastadora doença da cultura do mamão. Tornou-se um grande impedimento para os produtores e também um desafio para pesquisadores de todo o mundo (PUSHPA, et al., 2019). O vírus pertence ao gênero *Potyvirus* à família Potyviridae (PURCIFULL et al., 1984; SHUKLA et al., 1994).

O vírus possui partículas alongadas e flexuosas medindo 780 x 12 nm com genoma composto por uma fita de RNA senso positivo, contendo 10.326 pb. A organização genômica do PRSV consiste em VPg-5, 63K NT, 52K HCPro, 46K, 72K CI, 48K NIa, 59K NIB, 35K cp, 3'-ncr e poly (YEH et al., 1992). Em razão da estratégia genômica usada pelos vírus da família Potyviridae, o PRSV induz a formação de inclusões do tipo cata-vento, no citoplasma das células infetadas, formadas por proteínas de aproximadamente 69 kDa (PURCIFULL; GONSALVES, 1984). De acordo com a morfologia das inclusões induzidas pelo PRSV, o mesmo pode ser classificado no subgrupo I do gênero, caracterizadas por inclusões cilíndricas, cata-ventos e espirais (EDWARDSON, 1974; PURCIFULL et al., 1984).

O PRSV está classificado em dois biótipos distinguíveis por suas características biológicas. O biótipo W, de Watermelon (PRSV-W) e o biótipo P, de Papaya (PRSV-P). O PRSV-W não apresenta relacionamento sorológico com o PRSV-P e infecta somente espécies da família Cucurbitaceae. Já o PRSV-P é capaz de infectar espécies das famílias Caricaceae e Cucurbitaceae (PURCIFULL; HIEBERT, 1979; PURCIFULL et al., 1984).

O primeiro relato da doença ocorreu no Havá em meados da década de 20 (LIMA et al., 2001). No Brasil a ocorrência da mancha anelar foi relatada pela primeira vez no estado de São Paulo em 1969 (COSTA; CARVALHO; KAMADA, 1969) e depois no Ceará (LIMA; GOMES, 1975). Atualmente, a doença ocorre em todas as regiões do Brasil já tendo causado a eliminação da cultura do mamoeiro na região de Monte Alto, São Paulo, e em outras áreas demonstrando sua capacidade destrutiva (REZENDE, 1994).

O PRSV pode ser transmitido experimentalmente por inoculação mecânica e não há evidências da sua transmissão pelas sementes obtidas de plantas infectadas (MEISSNER FILHO et al., 2000). Na natureza é transmitido por mais de 20 espécies de afídeos de forma não persistente (PURCIFULL et al., 1984; MARTINS; VENTURA, 2007; KALLESHWARASWAMY; KRISHNA KUMAR, 2008).

No Brasil, as espécies *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Aphis fabaei*, *Aphis coreopsidis* e *Toxoptera citricidus* Kink são eficientes vetores do vírus (REZENDE; FANCELLI, 1997). Os afídeos não colonizam o mamoeiro, a inoculação do vírus ocorre por picadas de provas e a eficiência da transmissão se deve às constantes movimentações dos vetores no pomar (LIMA et al., 2001).

Todos os estágios de crescimento do mamão são vulneráveis a infecção por PRSV e exibem os sintomas dentro de duas a três semanas após a infecção (PUSHPA et al., 2019). Os sintomas do PRSV se caracterizam pelo aparecimento de mosqueado, mosaico proeminente padrão na lâmina foliar, clareamento das nervuras das folhas, estrias oleosas e úmidas de cor verde escuro nos pecíolos e no caule e completa distorção de folhas jovens. O fruto apresenta saliências e o clássico "ringspot", manchas em forma de anel, redução de produção e da qualidade, levando a 50% ou mais de redução na produção (PURCIFULL et al., 1984; MEISSNER FILHO et al., 2000; GONSALVES et al., 2007; CHALAK; HASBNIS; SUPE, 2017).

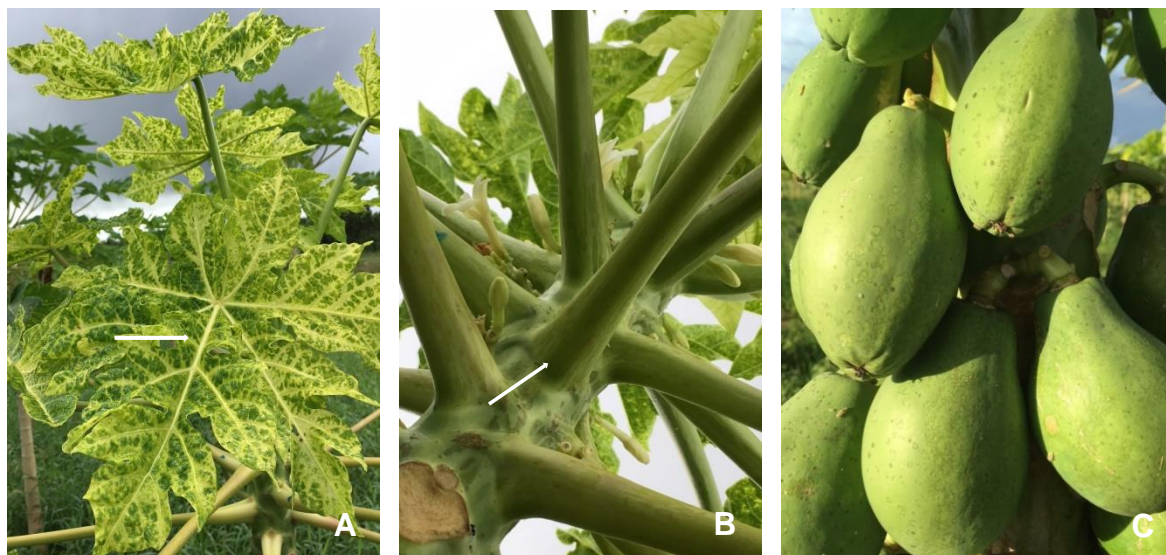


Figura 1. Sintomas característicos da mancha anelar em acessos de mamoeiro no campo. Mosaico proeminente padrão e clareamento das nervuras nas folhas (A); estrias oleosas e úmidas de cor verde escuro nos pecíolos e no caule (B) e clássico "ringspot" e manchas em forma de anel nos frutos (C). Fonte: Autora.

Não há até o momento no mercado brasileiro cultivares de mamoeiro com resistência ao PRSV-P e em função disso, todo o controle utilizado atualmente é baseado em medidas preventivas, como a produção de mudas saudáveis, instalação de plantios em locais isolados e erradicação constante e precoce de plantas infectadas em toda a região produtora (MEISSNER FILHO et al., 2000).

Muitos esforços foram feitos para superar a doença, sendo um deles focado no desenvolvimento de variedades resistentes (HAIREEN et al., 2019). As espécies *Vasconcellea cauliflora*, *V. pubescens*, *V. quercifolia* e *V. stipulata* foram consideradas resistentes, destas a *V. quercifolia* foi considerada resistente ao PRSV-P na Flórida (CONOVER, 1964), no Havaí (MANSHARDT; WENSLAFF 1989) e Austrália (DREW et al., 2006), mas suscetível na Venezuela (HOROVITZ; JIMENEZ 1967).

Pesquisas mais recentes com híbridos de *C. papaya* com *V. cauliflora*, *V. cundinamaricensis* e *V. quercifolia* confirmam a existência de fontes de resistência ao PRSV-P em *Vasconcellea* (DREW et al., 2006; SUDHA et al., 2013). Pesquisas com *Vasconcellea pubescens* teve resistência consistentemente relatada (HAIREEN et al., 2019).

Desde 1958 estudos tem sido desenvolvidos no sentido de transferir a resistência de espécies de *Vasconcellea* para espécies de *C. papaya* (JIMÉNEZ;

HOROVITZ 1958; SAWANT, 1958), no entanto, há dificuldades na obtenção de híbridos de cruzamentos com espécies do gênero *Carica* (SUDHA et al., 2013), uma vez que a obtenção de híbridos intergenérico entre *C. papaya* e espécies de *Vasconcellea* apresentam problema de fertilidade impedindo os posteriores retro cruzamentos com *C. papaya* (CHEN et al., 1991).

Plantas transgênicas também foram obtidas na tentativa de controle da mancha anelar. O primeiro mamoeiro transgênico (linha 55-1) foi obtido no início da década de 90 e expressava o gene da capa proteica de um isolado havaiano de PRSV-P (FITCH et al., 1992). Essa planta transgênica mostrou-se resistente a diferentes isolados havaianos, mas susceptível a isolados de outras regiões geográficas, principalmente brasileiras (TENNANT et al., 1994).

No Brasil, nos estados da Bahia e do Ceará, foram avaliadas plantas transgênicas produzidas pela Embrapa em parceria com a Universidade de Cornell (SOUZA JÚNIOR; NICKEL; GONSALVES, 2005), observando um retardo na infecção da doença, assim como produção cerca de 50% superior a das convencionais. No entanto, pesquisas com transgênicos na Embrapa foram descontinuadas devido à política da Empresa e a critérios como a ausência de genes marcadores para resistência a antibióticos, uma vez que sua presença poderia dificultar sua liberação comercial pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) e demais órgãos regulamentadores (MEISSNER FILHO, 2011).

Devido às limitações no uso de transgênicos é necessário esforço para analisar materiais de mamão silvestres e verificar a disponibilidade do genoma do mamão completo identificando marcadores genéticos e genes de tolerância ou resistência em materiais de *Carica papaya* (PORTER et al., 2013), o que pode ser sistematizado de forma rápida e eficiente nos programas de desenvolvimento de resistência dos genótipos a este e outros vírus (FLORES-BAUTISTA, 2019).

Os estudos para obtenção de fontes de resistência dentro do gênero *Carica* não têm obtido grande sucesso. Magdalita et al. (1988) avaliaram 44 acessos de *Carica papaya* e três outras espécies da família Caricaceae em relação à reação ao PRSV-P encontrando reação de suscetibilidade em todos os genótipos avaliados. Gonsalves et al. (2010) não identificaram resistência natural a esse vírus em *C. papaya*. Rodríguez et al. (2013) mencionaram que todos os acessos

de mamão avaliadas em campo eram suscetíveis ao PRSV-P com diferenças no tempo de infecção.

No entanto, selecionar acessos com índices de transmissão inferiores a 100% podem garantir a produção de frutas no pomar; esse fator, embora não seja o mais forte, pode fornecer resistência ao vírus. Sendo provável que as diferenças de resistência dos acessos tenham origem genética (FLORES-BAUTISTA, 2019). Além disso, as variedades de mamão resistentes a PRSV-P devem ser desenvolvidas individualmente para várias regiões de cultivo de mamão, sendo considerado a melhor estratégia para o controle eficiente da doença em longo prazo (FERMIN; CASTRO; TENNANT, 2010).

Meleira do mamoeiro

O PMeV é considerado um importante problema fitossanitário para a cultura do mamão no Brasil, principalmente no norte do Espírito Santo e no sul da Bahia, podendo atingir até 100% de incidência se não forem feitas as medidas de prevenção e contenção necessárias (VENTURA et al., 2003).

A meleira foi relatada pela primeira vez na década de 80 afetando pomares em Teixeira de Freitas no Sul da Bahia e logo após no Norte do Espírito Santo (NAKAGAWA; TAKAYAMA; SUZUKAMA, 1987; RODRIGUES et al., 1989). Rapidamente disseminou-se para outras regiões produtoras nos estados de Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Minas Gerais (DALTRO et al., 2014). Além do Brasil, a doença foi confirmada somente no México (PEREZ-BRITO et al., 2012).

Inicialmente acreditava-se que havia envolvimento de fatores abióticos na etiologia da doença, atribuíam-se os sintomas da doença à deficiência na absorção de cálcio e, ou, boro, resultante da falta de água no solo ou do desbalanceamento desses elementos no solo (NAKAGAWA; TAKAYAMA; SUZUKAMA, 1987; CORREA et al., 1988), mas posteriormente foram observadas em microscópio eletrônico de transmissão a presença de partículas isométricas no látex extraído de frutos e folhas de plantas com os sintomas e a detecção de dsRNA em tecidos de plantas sintomáticas indicando uma etiologia viral (KITAJIMA et al., 1993). Isso foi confirmado após a purificação das partículas virais presentes no látex, seguida de inoculação em mamoeiros sadios que se tornaram doentes. Também se confirmou que o material genético viral extraído é

composto de RNA fita dupla (dsRNA) (MACIEL-ZAMBOLIN, 2000; MACIEL-ZAMBOLIM et al., 2003).

O agente etiológico da meleira foi nomeado de Papaya meleira virus (PMeV) e classificado como um vírus de genoma de dsRNA com cerca de 12kb (MACIEL-ZAMBOLIN, 2000; MACIEL-ZAMBOLIM et al., 2003). O sequenciamento do genoma foi descrito com 8,8kb (ABREU et al., 2015b). Possui capa proteica com proteínas de 14,4 a 45 kDa e partículas isométricas de 38-42 nm (ANTUNES et al., 2016; MACIEL-ZAMBOLIM et al., 2003). O PMeV possui regiões conservadas características das RNA polimerase dependente de RNA (RdRp) de micovírus da família Totiviridae (ARAÚJO et al., 2007; DALTRO et al., 2014; ABREU et al., 2015b), mas não foi enquadrado em nenhum gênero, sendo necessários mais estudos para definir se ele pertence a essa família ou a uma nova família (ANTUNES et al., 2016; DALTRO et al., 2014).

Recentemente foi identificado o Papaya meleira virus 2 (PMeV-2) em plantas com meleira. Ele possui genoma de RNA fita simples (ssRNA) com tamanho aproximado de 4,5 kb, sendo encapsidado pela capa protéica do PMeV e está relacionado a espécies do gênero *Umbravirus* (ANTUNES et al., 2016). Este vírus não tem nenhuma relação com o PMeV e está correlacionado a isolados mexicanos (PMeV-Mx) analisados e ao *Papaya vírus Q* (PpVQ), um vírus descrito recentemente no Equador (QUITO-AVILA et al., 2015; ANTUNES et al., 2016).

O vírus é transmitido por ferramentas utilizadas nos tratos culturais (COSMI et al., 2017). A transmissão experimental da meleira por mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn) biótipo B confirmaram o inseto como vetor do vírus (VIDAL et al., 2000; HABIBE et al., 2001). Experimentalmente, em trabalhos desenvolvidos por Barbosa et al. (2000), Martins et al. (2014) e Meissner Filho et al. (2017) a meleira foi transmitida por ferimentos realizados com agulha hipodérmica.

Os primeiros sintomas surgem antes da frutificação, aproximadamente aos seis meses de idade, nas extremidades das folhas novas provocando queima e alterações na forma. Também pode ocorrer exsudação e oxidação de látex nos bordos das pétalas das flores em fase de floração e/ou frutificação, seguida de necrose, exsudação e oxidação do látex nas nervuras das folhas do ápice e terço mediano das plantas. Também podem ocorrer manchas zonadas verde claras nos frutos verdes (HABIBE, 2003; RODRIGUES et al., 2009).

O sintoma mais característico é a exsudação espontânea de látex nos frutos, que oxidam ficando com aparência borrada e melada, o que dá o nome a doença. Essa exsudação é consequência da ruptura dos laticíferos pelo aumento da turgência devido aos níveis de potássio e o equilíbrio osmótico nos vasos laticíferos serem modificados, levando à ruptura celular e exsudação de látex e das alterações do látex em função da presença do vírus. Pode também estar relacionada à estratégia de movimentação do vírus na planta, sugerindo que o PMeV utiliza-se da fluidez do látex para deslocar-se na planta (VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2004; RODRIGUES et al., 2009).

Em estágio mais avançado da doença os frutos apresentam má formação e alteração no sabor e consistência da polpa depreciando seu valor comercial (HABIBE, 2003; VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2004; RODRIGUES et al., 2009). Além disso, a meleira aumenta a suscetibilidade dos frutos à infestação pelas moscas-das-frutas (*Ceratitis capitata*) que, quando encontrada numa concentração acima da permitida, pode inviabilizar a exportação (MARTINS et al., 2012).

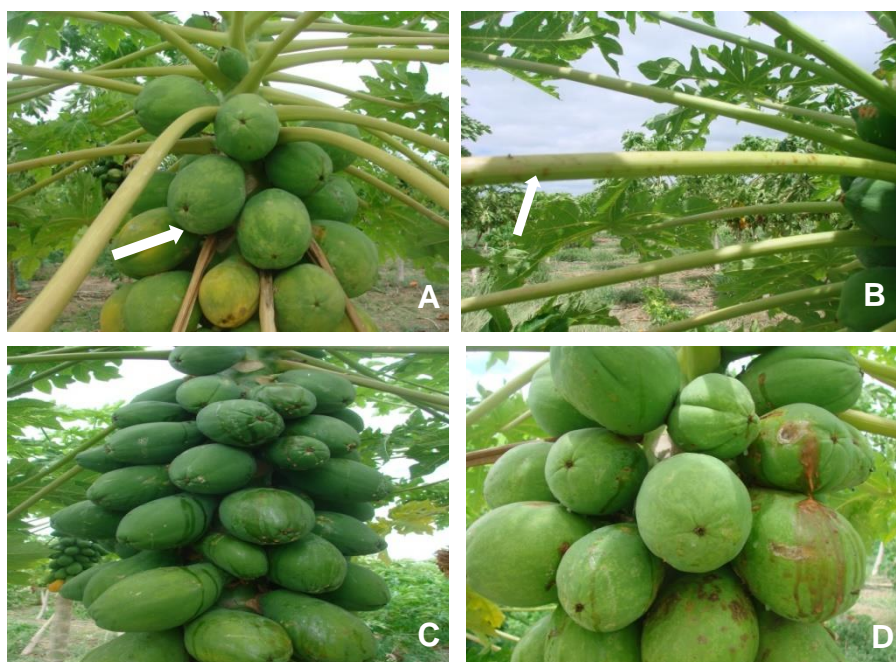


Figura 1. Sintomas característicos da meleira em mamoeiro no campo manchas zonadas verde claras nos frutos verdes (A); exsudação de látex nos pecíolos (B); exsudação espontânea de látex nos frutos (C); látex oxidado nos frutos (D).
Fonte: Autora.

As medidas preventivas utilizadas para minimizar os efeitos danosos da doença são baseadas na escolha de áreas distantes de pomares com histórico da

doença, desinfestação das ferramentas utilizadas nos tratos culturais, redução dos ferimentos das plantas, eliminação de lavouras sadias ou doentes após o fim do ciclo econômico e eliminação de plantas doentes logo que detectados os primeiros sintomas, sendo essa, até o momento, a estratégia mais eficiente no manejo da virose (VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2001). Entretanto, como os sintomas somente são visíveis após a floração, plantas infectadas podem permanecer no campo constituindo uma importante e contínua fonte de vírus (ABREU et al., 2015a).

Para detectar a meleira em mamoeiros alguns métodos foram desenvolvidos, entre eles a extração de dsRNA do PMeV e sua visualização em gel de agarose. No entanto, esse método exige uma grande quantidade de látex e alta carga viral para visualização em gel de agarose (HABIBE; NASCIMENTO, 2002; TAVARES et al., 2004; RODRIGUES et al., 2005). Outro método utilizado é a transcrição reversa da reação em cadeia da polimerase (*reverse transcription polymerase chain reaction* – RT-PCR) (ARAUJO et al., 2007) e o PCR em tempo real (qRT-PCR) para a detecção precoce da meleira do mamoeiro (ABREU et al., 2012).

Os métodos de RT-PCR permitiram a identificação precoce de plantas infectadas pelo PMeV no campo antes mesmo de apresentarem os sintomas típicos da doença, além disso, tratam-se de técnicas muito mais sensíveis para detecção do vírus em qualquer tipo de tecido vegetal (ABREU et al., 2012; LÓPEZ-OCHOA; MORENO-VALENZUELA; ZAMUDIO-MORENO, 2013). No entanto, o látex de mamoeiros possui uma alta concentração de proteínas o que pode resultar no baixo rendimento da RT-PCR. Além disso, a forte ligação entre a partícula viral e os polímeros do látex pode diminuir a quantidade de RNA disponível para a transcrição reversa (ARAUJO et al., 2007). Outro ponto importante a ser considerado é que a coleta de látex em maior quantidade pode se tornar inviável quando se trabalha com mudas de mamoeiro (ABREU et al., 2017).

Uma das principais medidas de controle para meleira é o desenvolvimento de cultivares resistentes. No entanto, estudos com diferentes genótipos de mamoeiro ainda não identificaram a existência de um cultivar resistente ao PMeV (MEISSNER FILHO et al., 2017). Assim, a identificação dos sintomas e a

subsequente erradicação das plantas doentes (*roguing*) é atualmente a única estratégia de controle da doença no campo.

A continuidade e expansão da cultura do mamoeiro dependem do surgimento de novas variedades com resistência aos agentes etiológicos das principais doenças que assolam a cultura, dentre elas a mancha anelar e a meleira. Para isso, se faz necessário explorar todo o potencial genético disponível no Banco Ativo de Germoplasma- BAG da espécie e também desenvolver novas tecnologias de detecção precoce da meleira do mamoeiro. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar acessos de mamoeiro do BAG da Embrapa em relação à mancha anelar e a meleira buscando resistência e desenvolver um método precoce para identificação da meleira do mamoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, E.F.M.; DALTRO, C.B.; NOGUEIRA, E.O.P.L.; ANDRADE, E.C.; ARAGÃO, F. J.L. Sequence and genome organization of papaya meleira virus infecting papaya in Brazil. **Archives of Virology**, v. 160, p. 3143-3147, 2015b. doi: 10.1007/s00705-015-2605-x

ABREU, P.M. do V. de; VAZ, A.B.; VAZ, A.B.; FERNANDES, P.M.B. Enfoque biotecnológico para o controle de vírus de plantas. **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria**, v. 4, p. 709-734, 2017.

ABREU, P.; PICCIN, J.G.; RODRIGUES, S.P.; BUSS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P. Molecular diagnosis of Papaya meleira virus (PMeV) from leaf samples of *Carica papaya* L. using conventional and real-time RT-PCR. **Journal of Virological Methods**, v. 180, p. 11–17, 2012.

ABREU, P.M.V.; ANTUNES, T.F.S.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIATUSSELL, R.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, A.A.R.; FERNANDES, P.M.B. A Current Overview of the Papaya meleira virus, an Unusual Plant Virus. **Viruses**, v. 7, n. 4, p. 1853-1870, 2015a.

ANTUNES, T.F.; AMARAL, R.J.V.; VENTURA, J.A.; GODINHO, M.T.; AMARAL, J.G.; SOUZA, F.O.; ZERBINI, P.A.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B. The dsRNA Virus Papaya Meleira Virus and an ssRNA Virus Are Associated with Papaya Sticky Disease. **PLoS ONE**, v. 11, n. 5, e0155240, 2016.

ARAUJO, M.M.M.; TAVARES, E.T.; SILVA, F.R.; MARINHO, V.L.A.; JUNIOR, M.T.S. Molecular detection of Papaya meleira virus in the latex of *Carica papaya* by RT-PCR. **Journal of Virological Methods**, v. 146, p. 305-310, 2007.

BADILLO, M.V. *Carica* L. VS. *Vasconcella* St. Hil (caricaceae) com la rehabilitacion deste ultimo. **Ernstia**, v. 10, p. 70-72, 2002.

BADILLO, V.M. *Carica* L. vs. *Vasconcella* St. Hil. (Caricaceae): con la rehabilitacion de este ultimo. **Ernstia**, v. 10, p. 74-79, 2000.

BADILLO, V.M. Caricaceae Segundo esquema. **Revista de la Facultad de Agronomía - Universidad Central de Venezuela**, v. 43, p. 1-111, 1993.

BARBOSA, C.J.; PATROCÍNIO, E.; HABIBE, T.C.; NASCIMENTO, A.S.; MATRANGOLO, W.J.R. Detecção de formas replicativas de vírus em plantas de mamoeiro inoculadas com látex de plantas infectadas pela meleira. **Biotemas**, v. 3, n. 2, p. 47-53, 2000.

CHALAK, S.U.; HASBNIS, S.N.; SUPE, V.S. Papaya ring spot disease management: A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**; v. 6, n. 5, p. 1911-1914, 2017.

CHEN, M.W.; CHEN C.C.; WANG D.N.; CHEN, F.C. Somatic embryogenesis and plant regeneration from immature embryos of *Carica papaya* 9 *Carica cauliflora* cultured in vitro. **Canadian Journal Botany**, v. 69, p. 1913-1918, 1991.

COMEX STAT: Estatísticas de comércio exterior do Brasil. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>>. Acesso em: abr. 2020.

CONOVER, R.A. Distortion ringspot, a severe virus disease of papaya in Florida. **Florida State Horticultural Society**, v. 77, p. 447-448, 1964.

CORREA, F.J.F.; FRANCO, B.J.D.C.; WATANABE, H.S.; SAKAY, M.Y.; YAMASHITA, E.M. Estudo preliminar sobre a exsudação do látex do mamoeiro. *In*: Simpósio Brasileiro sobre a cultura do mamoeiro, 2., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: 1988, p. 405-428.

COSMI, F.C.; ALVES, K. dos S.; MORAES, W. B.; VENTURA, J. A.; MORAES, S. de P. C. B.; MORAES Willian Bucker; JESUS JÚNIOR, W. C. de. Análise epidemiológica da evolução temporal da meleira do mamoeiro. **Summa phytopathologica**, v. 43, n. 4, p. 303-309, 2017.

COSTA, A.S.; CARVALHO, A.M.; KAMADA, S. Constatado o mosaico do mamoeiro em São Paulo. **O Agrônomo**, v. 21, p. 38-43, 1969.

COSTA, A.F.S.; PACOVA, B.E.V. **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória, ES: Incaper, 2003.

DALTRO, C.B.; ABREU, E.F.M.; ARAGÃO, F.J.L.; ANDRADE, E.C. Genetic diversity studies of Papaya meleira virus. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, p 104-108, 2014.

DANTAS, J.L.L.; OLIVEIRA, E.J. O melhoramento genético do mamoeiro: avanços, desafios e perspectivas. *In*: I Simpósio Nordeste de Genética e Melhoramento de Plantas. O melhoramento genético no contexto atual: **Embrapa Agroindústria Tropical**, v. 1, p. 151-180, 2009.

DREW, R.A.; SIAR, S.V.; O'BRIEN, C.M.; MAGDALITA, P.M., SAJISE, A.G.C. Breeding for papaya ringspot virus resistance in *Carica papaya* L. via hybridization with *Vasconcella quercifolia*. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 46, p. 413-418, 2006.

EDWARDSON, J.R. Some properties of the potato Virus YGroup. Florida Agricultural Experiment Stations. Monograph Series N. 4. 1974.

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations for a world without hunger. The agricultural production. 2018. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: abr. 2020.

FERMIN A, CASTRO LT, TENNANT PF. CP-transgenic and non-transgenic approaches for the control of papaya ringspot: current situation and challenges. **Transgenic Plant Journal**. 2010; 4(S1):1-15.

FITCH, M.M.M.; MANSHARDT, R.M.; GONSALVES, D.; SLIGHTOM, J.L.; SANFORD, J.C. Virus resistant papaya plants derived from tissue bombarded with the coat protein gene of papaya ringspot virus. **BioTechnology**, v.10, p.1466-1472, 1992.

FLORES-BAUTISTA, R.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J.A.; NAVA-DÍAZ, C.; BECERRA-LEOR, E.N. Performance of native accessions of *Carica papaya* inoculated with PRSV-P using *Aphis nerii*. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 37, n. 1, p. 147-158. 2019.

GONSALVES, D.; SUZUKI, J.Y.; TRIPATHI, S.; FERREIRA, S.A. Papaya ringspot virus (Potyviridae). In: MAHY, B.W.J.; VAN REGENMORTEL, M.H.V. (Eds.). **Encyclopedia of Virology**, Vol. 5. Oxford, UK: Elsevier Ltd, 2007.

GONSALVES, D; TRIPATHI, S; CARR, J.B.; SUZUKI, J.Y. Papaya ringspot virus. The Plant Health Instructor, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2010-1004-01>

HABIBE, T.C. **A meleira do mamoeiro no trópico semiárido**. 2003. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Bahia, Cidade.

HABIBE, T C.; NASCIMENTO, A. S.; VIDAL, C. A. Transmissão da meleira para mamoeiros inoculados com macerado de mosca-branca *Bemisia tabaci* GENN. biótipo B. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 34., 2001, São Pedro. Resumos... São Paulo: UNESP, 2001. p.526.

HABIBE, T.C.; NASCIMENTO, A.S. **Diagnose precoce da meleira do mamoeiro**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. P 77. (EMBRAPA-CNPMPF. Comunicado Técnico).

HAIREEN, M.R.R.; ZULKHAIRI, A.M.; RAZALI, M.; ROGAYAH, S.; SHUKRI, M.A.M.; AZHAR, H.M.; AIN, A.N. Rastreo da resistência ao PRSV-P e perfil de Metabolitos secundários defensivos em *Carica* mamão Híbrido Interespecífico de *Vasconcellea*. **Asian Journal of Biotechnology and Genetic Engineering**, v. 2, n. 4, p. 1-11, 2019.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Banco de Dados Agregados: produção agrícola municipal**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: abr. 2020.

JIMÉNEZ H.; HOROVITZ S. Cruzabilidad entre especies de *Carica*. **Agronomía Tropical**, v. 7, p. 207-215, 1958.

KALLESHWARASWAMY, C.M.; KRISHNA KUMAR, N.K. Transmission efficiency of *Papaya ringspot virus* by three aphid species. **Phytopathology**, v. 98, p. 541-546, 2008.

KITAJIMA, E.W.; RODRIGUES, C.; SILVEIRA, J.; ALVES, F.; VENTURA, J.A.; ARAGÃO, F.J.L.; OLIVEIRA, L.H.R. Association of isometric virus-like particles, restricted to laticifers, with .meleira. (sticky disease) of papaya (*Carica papaya*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 8, p. 118-122, 1993.

LIMA, J.A.A; GOMES, M.N.S. Identificação de papaya ringspot virus no Ceará. **Fitossanidade**, v. 1, p. 56-59, 1975.

LIMA, R.C.A.; LIMA, J.A.A.; SOUZA JUNIOR, M.T.; PIO-RIBEIRO, G.; ANDRADE, G.P. Etiologia e estratégias de controle de viroses do mamoeiro no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 689-702, 2001.

LÓPEZ-OCHOA, L.A.; MORENO-VALENZUELA, O.A.; ZAMUDIO-MORENO, E. **Secuencia parcial y metodo de diagnóstico por RT-PCR del virus de la meleira de la papaya**. Mx Patent 2012000081A, 2013.

LUZ, L.N. da; PEREIRA, M.G.; BARROS, F.R.; FERREGUETTI, G.A. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 159-171, 2015.

MACIEL-ZAMBOLIM, E. Identification and partial characterization of papaya meleira virus. **Virus: Review & Research**, v. 11, p. 198, 2000.

MACIEL-ZAMBOLIM, E.; KUNIEDA-ALONSO, S.; MATSUOKA, K.; CARVALHO, M.G.; ZERBINI, F.M. Purification and some properties of Papaya meleira virus, a novel virus infecting papayas in Brazil. **Plant Pathology**, v. 52, p. 389-394, 2003.

MAGDALITA, P.M.; DREW, R.A.; GODWIN, I.D.; ADKINS, S.W. An efficient interspecific hybridisation protocol for *Carica papaya* L. x *C. cauliflora* Jacq. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 38, p. 523-530, 1998.

MANSHARDT, R.M.; WENSLAFF, T.F. Zygotic polyembryony in interspecific hybrids of *Carica papaya* and *C. cauliflora*. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 114, p. 684-689, 1989.

MARTINS, D. D. S. MARTINS, D. dos S.; VENTURA, J. A.; LIMA, R. de C. A.; CULIKA, M. P.; COSTA, H.; FERREIRA, P. S. F. Interaction between Papaya meleira virus (PMeV) infection of papaya plants and Mediterranean fruit fly infestation of fruits. **Crop Protection**, v. 36, p. 7-10, 2012.

MARTINS, D.S.; VENTURA, J. Á. Vetores de doenças do mamoeiro: monitoramento e controle. **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória, ES: Incaper, 115-128p. 2007.

MARTINS, M.V.V.; MEISSNER FILHO, P.E.; LIMA, J.S.; VIDAL NETO, F. das C.; DANTAS, J.L.L. Avaliação de genótipos quanto à resistência ao Vírus da Meleira do mamoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 23., 2014, Cuiabá. **Anais...** Fruticultura: oportunidades e desafios para o Brasil. Cuiabá: SBF, 1 CD-ROM. 2014.

MEISSNER FILHO, P.E.; NETO, F. P. L.; OLIVEIRA, C. L. B. de; SANTANA, S. P. B.; DANTAS, J. L. L. Avaliação da resistência de genótipos de mamoeiro ao vírus da meleira no Semiárido. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2017.

MEISSNER FILHO, P.E. Mamoeiro transgênico no Brasil: resultados obtidos e legislação para sua liberação. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. Inovação e sustentabilidade. **Anais...** Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 1 CD-ROM.

MEISSNER FILHO, P.E.; BARBOSA, C. de J.; NASCIMENTO, A.S. do. Vírus. In: RITZINGER, C.H.S.P.; SOUZA, J. da S. (Org.). **Mamão – Fitossanidade**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical; Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 47-51.

MURAYAMA, S.J. Fruticultura: 2. ed. Campinas: Instituto de Ensino Agrícola, 1986.

NAKAGAWA, J.; TAKAYAMA, Y.; SUZUKAMA, Y. Exsudação de látex pelo mamoeiro. Estudo de Ocorrência em Teixeira de Freitas, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas, SP, 1987. p. 555-559.

OLIVEIRA, E. J.; CASTELLEN, M.S.; LIMA, D.S.; BARBOSA, H.S.; MOTTA, T.B.N. Marcadores moleculares na predição do sexo em plantas de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 12, p. 1747-1754, 2007.

OLIVEIRA, E. J. de; COSTA, J. L.; SANTOS, L. F. dos; CARVALHO, F. M.; SILVA, A. S.; DANTAS, J. L. L. Molecular characterization of papaya genotypes using AFLP markers. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.849-858, 2011.

OLIVEIRA, E.J. de; OLIVEIRA, G.A.F.; COSTA, J.L.; OLIVEIRA, V.J. dos S. de; DANTAS, A.C.V.L.; DANTAS, J.L.L.; PÁDUA, J.G. Genetic diversity and marker-assisted inbreeding in papaya. **Scientia Horticulturae**, v. 147, p. 20-28, 2012.

PEREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; CORTES-VELAZQUEZ, A.; QUIJANO-RAMAYO, A.; NEXTICAPA-GARCEZ, A.; MARTÍN-MEX, R. First report of Papaya melevirus (PMeV) in México. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 71, p. 13564-13570, 2012.

PORTER, B.W.; CHRISTOPHER, D.A.; ZHU, Y.J. The phylogeny of Caricaceae. In: MING, R.; MOORE, P.H. (Eds.) **Genetics and Genomics of Papaya**. Springer, New York, p. 277-307, 2013. Doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8087-7_15.

PURCIFULL, D.E.; HIEBERT, E. Serological distinction of watermelon mosaic virus isolates. **Phytopathology**, v. 19, p. 116-122, 1979.

PURCIFULL, D.E., GONSALVES, D. Papaya ringspotvirus. Descriptions of Plant Viruses. Kew Surrey: CMI/ AAB. n. 292. 1984.

PURCIFULL, D.E.; EDWARDSON, J.; HIEBERT, E.; GONSALVES, D. Papaya ringspot virus. Descriptions of Plant Viruses. Kew Surrey: CMI/AAB, n. 292. 1984.

PUSHPA, R.N.; NAGARAJU, N.; SUNIL, J.; JAGADISH, K. S. Epidemiology of *Papaya ringspot virus-P* (PRSV-P) infecting papaya (*Carica papaya* Linn.) and influence of weather parameters on population dynamics of predominant aphid species. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 7, n. 2, p. 434-439, 2019.

QUITO-AVILA, D.F.; ALVAREZ, R.A.; IBARRA, M.A.; MARTIN, R.R. Detection and partial genome sequence of a new umbra- like virus of papaya discovered in Ecuador. **European Journal of Plant Pathology**, v. 143, p. 199-204, 2015.

REIS, R. C.; et al., Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.50, n.3, p.210-217, mar. 2015.

REZENDE, J.A.M.; FANCELLI, M.I. Doenças do mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM Filho, A.; CAMARGO L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Eds.) **Manual de Fitopatologia**. Volume 2: Doenças das plantas cultivadas, p. 486-496, 1997.

REZENDE, J.A.M. Situação atual do mosaico do mamoeiro e do endurecimento dos frutos do maracujazeiro em Taiwan e na Austrália. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Boletim Técnico, 47. 1994.

RODRIGUES, C.H.; ALVES, F.L.; MARIN, S.L.D.; MAFFIA, L.A.; VENTURA, J.A.; GUTIERREZ, A.S.D. Meleira do mamoeiro no estado do Espírito Santo: enfoque fitopatológico. Linhares: EMCAPA, In: Selecta de Trabalhos sobre a meleira do mamoeiro, 1989.

RODRIGUES, S. P.; CUNHA, M.; VENTURA, J. A.; FERNANDES, P. M. B. Effects of the Papaya meleira vírus on papaya latex structure and composition. **Plant Cell Reports**., v. 28, p. 861-871, 2009.

RODRIGUES, S.P.; GALVÃO, O.P.; ANDRADE, J.S.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Método molecular simplificado para o diagnóstico da meleira do mamoeiro em látex e tecido de plantas infectadas. **Summa Phytopathologica**, v. 31, :273-275, 2005.

RODRÍGUEZ, D.; ALONSO, M.; TORNET, Y.; VALERO, L.; LORENZETTI, E.R.; PÉREZ, R. Assessment of Cuban papaya (*Carica papaya* L.) accessions against ringspot. **Summa Phytopathologica**, v. 39, p. 24-27, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052013000100004>

SÁ, F.V. da S.; MARCOS, E.B.B.; MELO, A.S. de; NETO; P.A.; FERNANDES, P.D.; FERREIRA, I.B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina, Revista Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v. 17, n. 10, p. 1047–1054, 2013

SAWANT, A. Relationships in the genus *Carica*. **Evolution**, v. 12, p. 263-266, 1958.

SERRANO, L.A.L.; CATTANEO, L.F.O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 657-959, 2010.

SHUKLA, D.D.; WARD, C.W.; BRUNT, A.A. **The Potyviridae**. Wallingford: CAB International, 1994.

SILVA, C.A. da; SCHMILDT, E.R.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R.S.; CATTANEO, L.F.; FERREIRA, J.P.; NASCIMENTO, A.L. Correlações fenotípicas e

- análise de trilha em caracteres morfoagronômicos de mamoeiro. **Revista Agro@ambiente**, On-line, v. 10, n. 3, p. 217-227, 2016.
- SILVA, J.A.T.; RASHID, Z.; NHUT, D.T.; SIVAKUMAR, D.; GERA, A.; SOUZA JUNIOR, M.T.; TENNANT, P.F. Papaya (*Carica papaya* L.). *Tree and Forestry. Science and Biotechnology*, v. 1, n. 1, p. 47-73, 2007.
- SOUZA JUNIOR, M.T.; NICKEL, O.; GONSALVES, D. Development of virus resistant transgenic papayas expressing the coat protein gene from a Brazilian isolate of Papaya ringspot virus. **Fitopatologia brasileira**, v. 30, n. 4, p. 357-365, 2005.
- SUDHA, R.; BALAMOCHANB, T.N.; SOORIANATHASUNDARAMC, K.; MANIVANNAND, N.; RABINDRANE, R. Evaluation of F2 intergeneric population of papaya (*Carica papaya* L.) for resistance to papaya ringspot virus (PRSV). **Scientia Horticulturae**, v. 158, p. 68-74, 2013.
- TAVARES, E.T.; TATAGIBA, J.S.; VENTURA, J.A.; SOUZA JUNIOR, M.T. Dois novos sistemas de diagnose precoce da meleira do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 563-566, 2004.
- TENNANT, P.F.; GONSALVES, C.; LING, K.S.; FITCH, M.M.M.; MANSCHARDT, R.; SLIGHTOM, J.L.; GONSALVES, D. Differential protection against papaya ringspot virus isolates in coat protein gene transgenic papaya and classically cross-protected papaya. **Phytopathology**, v. 84, n. 11, p. 1359-1366, 1994.
- VAN DROOGENBROECK, B.; BREYNE, P.; GOTGHEBEUR, P.; ROMEIJN-PEETERS, E.; KYNDT, T.; GHEYSEN, G. AFLP analysis of genetic relationships among papaya and its wild relatives (*Caricaceae*) from Ecuador. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 105, p. 289-297, 2002.
- VENTURA, J.A., COSTA, H., TATAGIBA, J.S. Papaya Diseases and Integrated Control. **Diseases of Fruits and Vegetables**: Volume II, p. 201-268, 2004. Doi: https://doi.org/10.1007/1-4020-2607-2_7.
- VENTURA, J.A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J.S.; ANDRADE, J.S. Meleira do Mamoeiro: Etiologia, Sintomas e Epidemiologia. In: MARTINS, D. S. **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória, ES: Incaper, 2003. p. 267-289.
- VENTURA, J.A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J.S. Sintomatologia da meleira do mamoeiro e sua importância para o *roguing*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 1. p. 536-536, 2001.
- VIDAL, C. A. et al. Experimental transmission of " Sticky disease" of papaya by *Bemisia argentifolli* Bellows & Perring. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 18., 2000. Foz do Iguaçu. Abstract book II... Foz do Iguaçu: SEB, 2000, p. 819.
- YEH, S.D., JAN, F.J., CHIANG, C.H., DOONG, T.J., CHEN, M.C., CHUNG, P.H.; BAU, H.J. Complete nucleotide sequence and genetic organization of papaya ringspot virus RNA. **Journal of General Virology**, v. 73, n. p. 2531-2541, 1992.

ARTIGO 1

INCIDÊNCIA DA MANCHA ANELAR EM ACESSOS DE MAMOEIRO SOB INFECÇÃO NATURAL¹

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico da Revista Brasileira de Ciências Agrárias.

INCIDÊNCIA DA MANCHA ANELAR EM ACESSOS DE MAMOEIRO SOB INFECÇÃO NATURAL

RESUMO: A mancha anelar é a mais destrutiva e devastadora doença da cultura do mamão. Esse trabalho visou avaliar a incidência da mancha anelar em acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura (BAG-Mamão) e identificar possíveis acessos resistentes ao PRSV-P sob infecção natural. Para tanto, Foram estabelecidos dois experimentos. O primeiro foi instalado em dezembro de 2016, o delineamento experimental foi em blocos casualizados com 30 acessos divididos em 4 blocos, sendo cada parcela experimental composta por 6 plantas. As plantas foram avaliadas mensalmente quanto a incidência da mancha anelar, foram observados os sintomas de: clareamento das nervuras, mosaico, distorção das folhas jovens, estrias nos pecíolos e anéis nos frutos. O segundo experimento foi desenvolvido no BAG-Mamão, implantado em julho de 2016, no qual foram avaliados 117 acessos e 4 cultivares (Golden, Rubi, Sunrise solo e Tainung nº 1) de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa, compostos por uma fileira de 11 plantas. Os dados de incidência obtidos foram submetidos à análise multivariada de agrupamento, considerando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade a partir dos dados padronizados. Os agrupamentos hierárquicos a partir da matriz de distância foram obtidos pelo método UPGMA. A validação dos agrupamentos foi determinada por meio do coeficiente de correlação cofenético e o critério para definição do número de grupos foi baseado no pacote “NbClust” do programa R. Os resultados mostraram haver acessos do BAG-Mamão promissores para pesquisas posteriores. Os acessos CMF002, CMF004, CMF005, CMF011, CMF115, CMF118, CMF123 são promissores para realização de pesquisas posteriores testando a resistência, bem como para o melhoramento genético por meio de cruzamentos.

Palavras-chave: PRSV-P, *Carica papaya* L., viroses.

INCIDENCE OF THE RING STAIN ON PAPAYA ACCESSES UNDER NATURAL INFECTION

ABSTRACT: Ring spot is the most destructive and devastating disease of papaya culture. This work aimed to evaluate the incidence of the ring spot in papaya accessions of the Active Bank of Germplasm of Embrapa Mandioca and Fruticultura (BAG-Mamão) and to identify possible accessions resistant to PRSV-P under natural infection. For this, two experiments were established. The first was installed in December 2016, the experimental design was in randomized blocks with 30 accessions divided into 4 blocks, with each experimental plot consisting of 6 plants. The plants were evaluated monthly for the incidence of the ring spot, the following symptoms were observed: whitening of the veins, mosaic, distortion of young leaves, streaks on the petioles and rings on the fruits. The second experiment was carried out at BAG-Mamão, implanted in July 2016, in which 117 accessions and 4 cultivars (Golden, Rubi, Sunrise solo and Tainung nº 1) of papaya of the groups Solo and Formosa, composed of a row of 11 plants. The obtained incidence data were submitted to multivariate cluster analysis, considering the Euclidean distance as a measure of dissimilarity based on standardized data. Hierarchical groupings from the distance matrix were obtained using the UPGMA method. The validation of the clusters was determined by means of the cophenetic correlation coefficient and the criterion for defining the number of groups was based on the “NbClust” package of the R program. The results showed that BAG-Mamão's accessions are promising for further research. The accessions CMF002, CMF004, CMF005, CMF011, CMF115, CMF118, CMF123 are promising for carrying out further research testing resistance, as well as for genetic improvement through crosses.

Key words: PRSV-P, *Carica papaya* L., viruses.

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma cultura de grande importância para o Brasil, que representa o segundo maior produtor mundial da fruta com uma produção anual de 1,6 milhões de toneladas e área cultivada de aproximadamente 32 mil hectares (FAO, 2017). Sua produção concentra-se nos Estados da Bahia e Espírito Santo, sendo que a Bahia possui a segunda maior produção com 337.151 toneladas (IBGE, 2018).

A mancha anelar é a mais destrutiva e devastadora doença da cultura do mamão. Tornou-se um grande impedimento para os produtores e também um desafio para pesquisadores de todo o mundo (PUSHPA et al., 2019). É causada pelo vírus *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) que é transmitido de forma não persistente por afídeos (COSTA, 2003; VENTURA et al., 2004).

Todos os estágios de crescimento do mamão são vulneráveis e exibem sintomas dentro de duas a três semanas após a infecção por PRSV-P (PUSHPA et al., 2019). Os sintomas nas folhas consistem em mosaico proeminente e clorose, com estrias oleosas nos pecíolos e na parte superior do tronco. Sintomas severos incluem distorção das folhas jovens, que podem resultar em deformações em formato de cordões de sapato que se assemelham a danos ocasionados por ácaros, anéis nos frutos e redução da produção e qualidade dos frutos (MEISSNER FILHO et al., 2000; GONSALVES et al., 2010).

A redução do rendimento comercial do fruto de mamão fez com que os estudos de resistência a vírus focassem principalmente no PRSV-P exigindo alternativas para o desenvolvimento de variedades resistentes a esses vírus (ORDAZ-PÉREZ et al., 2017). Ainda não há resistência conhecida ao PRSV, embora certas variedades sejam mais sintomáticas que outras e também não existe uma medida de controle curativo absoluto disponível por métodos convencionais (CHALAK; HASBNIS; SUPE, 2017).

No Brasil as tentativas de controle pelo uso de variedades resistentes e com a proteção cruzada não têm apresentado sucesso no controle amplo e duradouro da doença. A melhor solução encontrada para evitar a disseminação da virose e para o seu controle tem sido a erradicação precoce das plantas infectadas, amparada por Legislação nacional (MAPA, 2010).

Além disso, a incidência da doença é afetada por diversos fatores, entre eles o genótipo do hospedeiro, a severidade das estirpes virais, as condições climáticas, a presença de vetores e as culturas associadas (RODRÍGUEZ et al., 2011). Portanto, as variedades de mamão resistentes a PRSV devem ser desenvolvidas individualmente para as várias regiões de cultivo, sendo considerada a melhor estratégia para o controle eficiente da doença a longo prazo (FERMIN; CASTRO; TENNANT, 2010).

A melhor forma de garantir o melhoramento para a cultura é contar com um banco genético procedente de materiais locais e introduzidos do exterior é (ALONSO et al., 2009). Que permitiria selecionar e obter genótipos promissores resistentes ao PRSV-P e com características morfo-agronômicas favoráveis (RODRÍGUEZ et al., 2011).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a incidência da mancha anelar em acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura e identificar possíveis acessos resistentes ao PRSV-P em condições de campo e infecção natural pelo vírus.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em áreas distintas do Campo Experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas, Bahia. O experimento 1 foi implantado em dezembro de 2016. Foram avaliados, duas cultivares (Golden e Rubi), sete linhagens L33, L36, L45, L54, L60, L72, L74 e os híbridos H10x26, H10x54, H10x83, H26x72, H33x36, H33x56, H52x54, H52x72, H52x83, H54x74, H54x78, H56x52, H56x60, H56x74, H58x74, H60x74, H60x83, H78x 84, VIGx54, VIGx72, VIGx78, totalizando 30 acessos (Tabela 1). Três mudas com aproximadamente 20 cm de altura foram plantadas em cada cova para assegurar que, após a sexagem, houvesse pelo menos uma planta hermafrodita por cova. No plantio foi utilizado o espaçamento 3m x 2m, totalizando 720 plantas e perfazendo uma área total de 4320 m². O delineamento experimental em blocos casualizados ficou constituído de 30 acessos, sendo 13 do grupo Formosa e 17 do grupo Solo com 4 blocos, totalizando 52 parcelas para o experimento do grupo Formosa e 68 parcelas do grupo Solo, sendo cada

parcela experimental composta por 6 plantas. As avaliações da incidência foram realizadas mensalmente no período de abril de 2017 (4 meses após transplântio) a dezembro de 2017 (11 mês após transplântio).

O experimento 2 foi conduzido no Banco Ativo de Germoplasma de Mamão (BAG-Mamão) implantado em julho de 2016. Foram avaliados 117 acessos de mamoeiro dos grupos Solo e Formosa e 4 cultivares (Golden, Rubi, Sunrise, Tainung nº 1) (Tabela 2). Três mudas com aproximadamente 20 cm de altura foram plantadas em cada cova para assegurar que, após a sexagem, houvesse pelo menos uma planta hermafrodita por cova. Os acessos e as cultivares foram dispostos em fileiras de 11 plantas, totalizando 1.331 plantas. As avaliações da incidência foram realizadas mensalmente no período de abril de 2017 (9 meses após o transplântio) a março de 2018 (20 meses após transplântio).

Tabela 1. Acessos pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético de Mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura, avaliados em campo para resistência a mancha anelar, experimento 1, Cruz das Almas-BA.

Acesso	Grupo	Acesso	Grupo
10x54	Formosa	10x26	Solo
10x83	Formosa	26x72	Solo
33x36	Formosa	52x54	Solo
36x56	Formosa	52x72	Solo
56x74	Formosa	52x83	Solo
58x74	Formosa	54x74	Solo
L33	Formosa	54x78	Solo
L36	Formosa	56x52	Solo
L45	Formosa	56x60	Solo
VIGx54	Formosa	60x74	Solo
VIGx72	Formosa	60x83	Solo
VIGx78	Formosa	78x84	Solo
Rubi	Formosa	L54	Solo
		L60	Solo
		L72	Solo
		L74	Solo
		Golden	Solo

Tabela 2. Descrição dos acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura avaliados em campo para resistência a mancha anelar, experimento 2, Cruz das Almas-BA.

Cód. Local	Nome científico	Nome comum	Origem	Grupo
CMF002	<i>C. papaya</i> L. ¹	DCG439-1	Costa Rica	Formosa
CMF003	<i>C. papaya</i> L.	DCG423-5	Taiwan	Formosa
CMF004	<i>C. papaya</i> L.	DCG424-4	Havaí	Formosa
CMF005	<i>C. papaya</i> L.	Solo Linha IX	Havaí	Solo
CMF006	<i>C. papaya</i> L.	Solmar	Havaí/Taiwan	Solo
CMF008	<i>C. papaya</i> L.	DCG593-10	Malasia	Formosa
CMF011	<i>C. papaya</i> L.	DCG440-3	Costa Rica	Formosa
CMF012	<i>C. papaya</i> L.	DCG595-6	Malasia	Solo
CMF014	<i>C. papaya</i> L.	DGC590-8	Malasia	Solo
CMF015	<i>C. papaya</i> L.	DCG586-3	Malasia	Formosa
CMF017	<i>C. papaya</i> L.	DCG424-7	Taiwan	Formosa
CMF018	<i>C. papaya</i> L.	DCG424-6	Taiwan	Formosa
CMF020	<i>C. papaya</i> L.	DCG424-4 x 439-1	x	Formosa
CMF021	<i>C. papaya</i> L.	Solsun	x	Solo
CMF022	<i>C. papaya</i> L.	DCG590-3 - Sunrise	Malasia	Solo
CMF023	<i>C. papaya</i> L.	DCG590-2	Malasia	Formosa
CMF024	<i>C. papaya</i> L.	Conchita	Costa Rica	Formosa
CMF026	<i>C. papaya</i> L.	DCG422-4	Taiwan	Formosa
CMF027	<i>C. papaya</i> L.	DCG432	x	Solo
CMF028	<i>C. papaya</i> L.	DCG439	Costa Rica	Formosa
CMF030	<i>C. papaya</i> L.	DCG434-4	x	Formosa
CMF031	<i>C. papaya</i> L.	DCG441	Costa Rica	Formosa
CMF033	<i>C. papaya</i> L.	DCG539	x	Formosa
CMF035	<i>C. papaya</i> L.	F.R.F&GPSILVA 200	x	Formosa
CMF036	<i>C. papaya</i> L.	GuineaGoldxSel.Mexi.	Brasil	Solo
CMF037	<i>C. papaya</i> L.	HelenaxRedsolo	x	Solo
CMF038	<i>C. papaya</i> L.	JS3 OU JSE	Brasil	Formosa
CMF041	<i>C. papaya</i> L.	JS12	Brasil	Formosa
CMF044	<i>C. papaya</i> L.	JS21	Brasil	Formosa
CMF046	<i>C. papaya</i> L.	S3	Brasil	Formosa
CMF047	<i>C. papaya</i> L.	S15	Brasil	Formosa
CMF050	<i>C. papaya</i> L.	S7	Brasil	Solo
CMF051	<i>C. papaya</i> L.	S14	Brasil	Solo
CMF052	<i>C. papaya</i> L.	SOLO	Brasil	Solo
CMF054	<i>C. papaya</i> L.	PR-10-65 x Tailândia	Havaí	Formosa
CMF055	<i>C. papaya</i> L.	Tailândia	Brasil	Formosa
CMF056	<i>C. papaya</i> L.	72-12 x Maradol	Brasil	Solo
CMF058	<i>C. papaya</i> L.	K77	Havaí	Solo
CMF060	<i>C. papaya</i> L.	Sunrise Cross 2	Havaí	
CMF065	<i>C. papaya</i> L.	K77xJSI2	Brasil	Solo
CMF066	<i>C. papaya</i> L.	WARWICK	x	Formosa
CMF067	<i>C. papaya</i> L.	JS17	Brasil	Formosa
CMF069	<i>C. papaya</i> L.	S19	Brasil	Formosa
CMF072	<i>C. papaya</i> L.	FERREIRA 87	x	Solo
CMF075	<i>C. papaya</i> L.	Galpão	Brasil	
CMF076	<i>C. papaya</i> L.	Manga-Mourão	x	Formosa
CMF077	<i>C. papaya</i> L.	Hawai-Mirim	Havaí	Solo
CMF078	<i>C. papaya</i> L.	Baixinho de S. Amália	x	Solo

Continua...

...continuação.

Cód. Local	Nome científico	Nome comum	Origem	Grupo
CMF079	<i>V. cauliflora</i> J. ²	Cauliflora	x	x
CMF082	<i>C. papaya</i> L.	Hortus Gold	África do Sul	Solo
CMF087	<i>C. papaya</i> L.	Waimanalo	x	Solo
CMF088	<i>C. papaya</i> L.	Kapoho purple	x	Solo
CMF090	<i>C. papaya</i> L.	CP	x	Solo
CMF092	<i>C. papaya</i> L.	Kapoho Green	x	
CMF094	<i>C. papaya</i> L.		Brasil	
CMF099	<i>V. quercifolia</i> Il ³		Brasil	
CMF102	<i>C. papaya</i> L.		Brasil	
CMF104	<i>C. papaya</i> L.		África do Sul	
CMF108	<i>C. papaya</i> L.	SEED546	África do Sul	
CMF114	<i>C. papaya</i> L.	SEED1216	África do Sul	
CMF115	<i>C. papaya</i> L.	SEED1250	África do Sul	
CMF116	<i>C. papaya</i> L.	SEED1291	África do Sul	
CMF120	<i>C. papaya</i> L.	Faz. Caminhoá	Brasil	
CMF121	<i>C. papaya</i> L.		x	
CMF123	<i>C. papaya</i> L.	Vermelho Thai	Tailândia	
CMF129	<i>C. papaya</i> L.		Brasil	
CMF130	<i>C. papaya</i> L.		x	
CMF131	<i>C. papaya</i> L.		x	
CMF132	<i>C. papaya</i> L.		Hawai.	
CMF133	<i>C. papaya</i> L.	Line 356	Hawai	
CMF135	<i>C. papaya</i> L.		x	
CMF139	<i>C. papaya</i> L.	Sergipe Verde x 17	Brasil	
CMF142	<i>C. papaya</i> L.	16x17	x	
CMF145	<i>C. papaya</i> L.	Sergipe Verde x 6	x	
CMF146	<i>C. papaya</i> L.	16x6	x	
CMF150	<i>C. papaya</i> L.	Golden	Brasil	
CMF152	<i>C. papaya</i> L.		x	
CMF157	<i>C. papaya</i> L.	FRF1423	Brasil	
CMF164	<i>J. spinosa</i> ⁴	FRF1434	Brasil	
CMF165	<i>J. spinosa</i>	FRF1435	Brasil	
CMF166	<i>C. papaya</i> L.	FRF1436	Brasil	
CMF172	<i>C. papaya</i> L.	FRF1442	Brasil	
CMF175	<i>C. papaya</i> L.	FRF1445	Brasil	Formosa
CMF176	<i>C. papaya</i> L.	FRF1446	Brasil	
CMF177	<i>J. spinosa</i>	FRF1447	Brasil	Formosa
CMF180	<i>C. papaya</i> L.	FRF1421	Brasil	
CMF183	<i>C. papaya</i> L.	FRF1427	Brasil	
CMF185	<i>C. papaya</i> L.	FRF1431	Brasil	
CMF186	<i>C. papaya</i> L.	FRF1434	Brasil	
CMF187	<i>C. papaya</i> L.	FRF1435	Brasil	
CMF188	<i>C. papaya</i> L.	FRF1436	Brasil	
CMF204	<i>C. papaya</i> L.	FRF1473	Brasil	
CMF207	<i>C. papaya</i> L.	FRF1479	Brasil	
CMF210	<i>C. papaya</i> L.	FRF1484	Brasil	
CMF211	<i>C. papaya</i> L.	FRF1485	Brasil	
CMF219	<i>C. papaya</i> L.	FRF1507	Brasil	
CMF220	<i>C. papaya</i> L.	FRF1508	Brasil	
CMF223	<i>C. papaya</i> L.	FRF1520	Brasil	
CMF230	<i>C. papaya</i> L.	Ouromel	Brasil	Solo
CMF232	<i>C. papaya</i> L.	M5	Brasil	Solo

Continua...

...continuação.

Cód. Local	Nome científico	Nome comum	Origem	Grupo
CMF233	<i>C. papaya</i> L.	BS – Gondo	Brasil	Solo
CMF234	<i>C. papaya</i> L.	BS – Faz. SF	Brasil	Solo
CMF235	<i>C. papaya</i> L.	–JTA	Brasil	Solo
CMF245	<i>C. papaya</i> L.	Híbrido Tainung 1	Nicaragua	
CMF246	<i>C. papaya</i> L.		Brasil	
CMF247	<i>C. papaya</i> L.		Brasil	

¹*Carica papaya* L. ²*V. cauliflora* J. ³*V. quercifolia* Il. ⁴*Jaracatia spinosa*

Todas as plantas foram monitoradas visualmente para identificação dos sintomas característicos do PRSV-P. Os sintomas observados foram clareamento das nervuras, mosaico, distorção das folhas jovens, estrias nos pecíolos e anéis nos frutos. Foram feitas avaliações observando a presença e ausência de sintomas de mancha anelar nas plantas determinando, para cada acesso, o percentual de plantas que apresentaram sintomas da virose.

Com os dados das porcentagens de plantas afetadas por acesso durante os meses de avaliação foi realizada a análise multivariada de agrupamento, considerando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade a partir dos dados padronizados. Os agrupamentos hierárquicos a partir da matriz de distância foram obtidos pelo método UPGMA – *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (SNEATH; SOKAL, 1973), a validação dos agrupamentos foi determinada por meio do coeficiente de correlação cofenético (SOKAL; ROHLF, 1962). O critério para definição do número de grupos do experimento 1 foi o índice pseudot2 e para o experimento 2 foi baseado no pacote “NbClust” do programa estatístico R (CHARRAD et al., 2014). As análises foram realizadas com auxílio do programa R (R CORE TEAM, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sintomas observados nas plantas durante as avaliações mensais coincidem com os descritos para a mancha anelar por outros autores (PURCIFULL et al., 1984; PEÑA, 2008; RODRÍGUEZ et al., 2011). A planta foi considerada doente quando apresentava os sintomas de mosaico e clareamento de nervuras na maior parte das folhas, principalmente nas folhas novas no ápice

da planta. Além destes sintomas, foram observadas estrias no caule e pecíolo e manchas em forma de anel nos frutos (Figura 1).

O dendograma do experimento 1 obtido pela análise de agrupamento dos acessos de mamoeiro pelo método UPGMA encontra-se representado na Figura 2. O critério para definição do número de grupos foi eficiente, separando os acessos em dois grupos. O coeficiente de correlação cofenético (CCC) foi de 0,78. Não foram observados sintomas em nenhuma planta dos 30 acessos estudados durante os dois primeiros meses de avaliação.

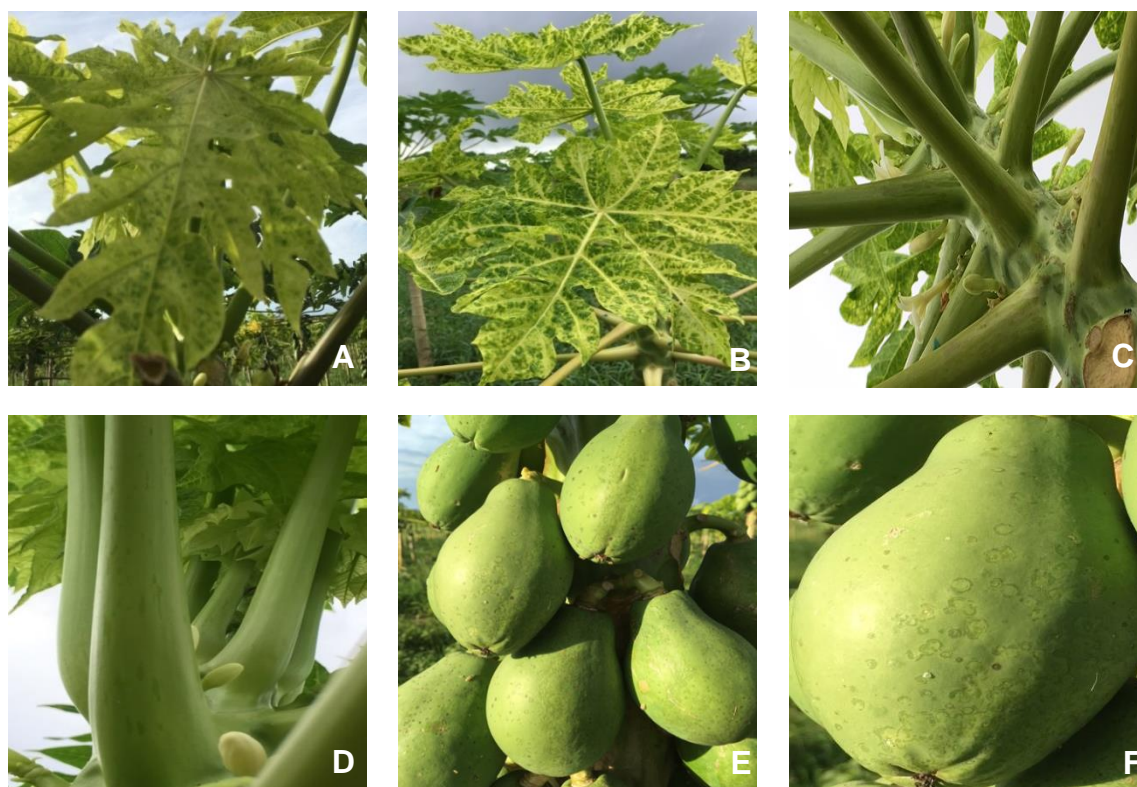


Figura 1. Sintomas característicos da mancha anelar em acessos de mamoeiro no campo. Clorose das folhas e clareamento das nervuras das folhas no ápice da planta (A); mosaico nas folhas (B); estrias no caule e pecíolo (C) e (D); mancha em forma de anel nos frutos (E) e (F).

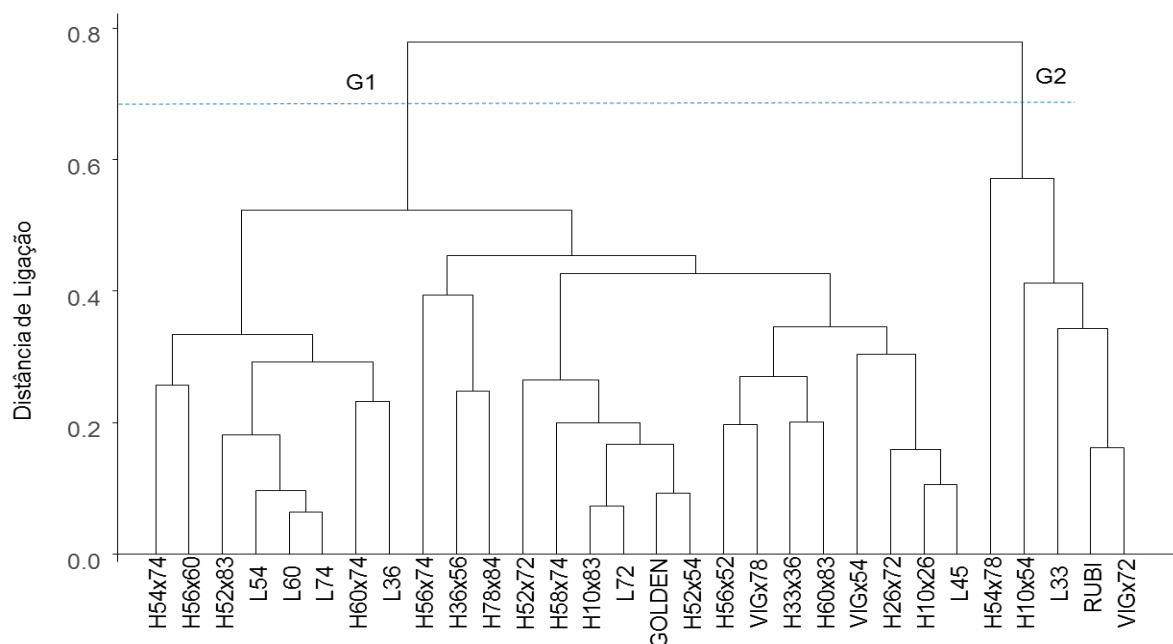


Figura 2. Dendrograma baseado na distância euclidiana e método de agrupamento UPGMA de acessos de mamoeiro quanto à reação ao PRSV-P em condições de campo.

O grupo 1, formado por vinte e cinco acessos apresentou incidência de mancha anelar em todos os acessos a partir do terceiro mês de avaliação. Boa parte dos acessos deste grupo apresentou incidência superior a 15% já no terceiro mês. Apesar da gradativa incidência os híbridos H36x56 e H78x84 foram os únicos que não apresentaram 100% de incidência até o oitavo mês de avaliação. No entanto, os acessos deste grupo podem ser considerados como o mais suscetível, pois apresentaram sintomas mais precoces e uma maior incidência de mancha anelar durante as avaliações (Figura 2), (Apêndice 1).

O grupo 2 foi formado por cinco acessos, RUBI, H10x54, VIGx72, H54x78, L33. Este grupo foi caracterizado principalmente por apresentar incidência da mancha anelar, praticamente em todos os acessos, apenas a partir do sexto mês de avaliação, podendo ser considerados os acessos mais tardios estudados no experimento 1. Apesar da diferença do tempo de aparição dos sintomas, no final do período de avaliação todos os acessos apresentaram sintomas. (Figura 2), (Apêndice 1).

Os sintomas observados no experimento 2 foram similares aos encontrados nas plantas do experimento 1 (Figura 1). O dendrograma do

experimento 2 obtido pela análise de agrupamento dos acessos de mamoeiro pelo método UPGMA encontra-se representado na Figura 3. O método de agrupamento UPGMA permite o estabelecimento dos grupos de forma que exista heterozigosidade entre grupos e homozigosidade dentro do grupo (CRUZ; CARNEIRO, 2003). O coeficiente de correlação cofenético (CCC) foi de 0,94 valor que está de acordo ao citado por Rohlf e Fisher (1968).

Desta forma, constatou-se a formação de sete grupos entre os acessos avaliados, o que indica a existência de variabilidade entre os acessos para incidência da doença (Figura 3), (Apêndice 2). O grupo 1 foi constituído por 17 acessos, sendo eles o CMF 86, CMF 77, CMF 78, CMF 76, CMF 52, CMF 108, CMF 102, CMF 92, CMF 254, CMF 90, CMF 99, CMF 114, CMF 70, CMF 79, CMF 235, CMF 246, CMF 253 e dentre eles as cultivares mais conhecidas (Golden, Rubi e Sunrise). Neste grupo o aparecimento da doença foi constatado no segundo mês de avaliação, na cultivar Rubi, que teve 5% de plantas doentes. No terceiro mês (junho) a doença foi observada na maioria dos acessos, com exceção dos acessos CMF 52, CMF 99, CMF 92, CMF 102, CMF 108, CMF 114, CMF 254 e da cultivar Sunrise. No quarto mês de avaliação apenas o CMF 52 não apresentava a virose. Em julho (quarto mês) todos os acessos já apresentavam a doença com 31,8% de plantas afetadas. Em outubro (sétimo mês), observou-se 88,6% de plantas doentes e 11 acessos já apresentavam 100% de plantas afetadas e em fevereiro (11º mês) as plantas de todos os acessos deste grupo estavam afetadas (Apêndice 2). Barreto et al. (2002) ao estudar genótipos de mamão em infecção natural pelo vírus no Ceará constataram que o CMF 77 e a cultivar Sunrise, ambos pertencentes a este grupo, foram susceptíveis, não sendo encontradas plantas assintomáticas.

O grupo 2 foi o maior grupo, formado por 89 acessos e a cultivar Tainung nº1. Neste grupo foi observada menor incidência da doença e aumentos menos acelerados de plantas afetadas. Além disso, a incidência da doença iniciou tardiamente na maioria dos acessos. Plantas sintomáticas foram observadas no terceiro mês de avaliação em três acessos, CMF 8 com 9%, CMF 69 com 10% e CMF 116 com 9% de plantas doentes. Apesar de terem sido os primeiros a apresentarem plantas afetadas, o acesso CMF 116 chegou ao final da avaliação com uma incidência da doença de 20% e os acessos CMF 8 e CMF 69 com uma incidência inferior a 100%, tendo este último, o sexto mês como avaliação final,

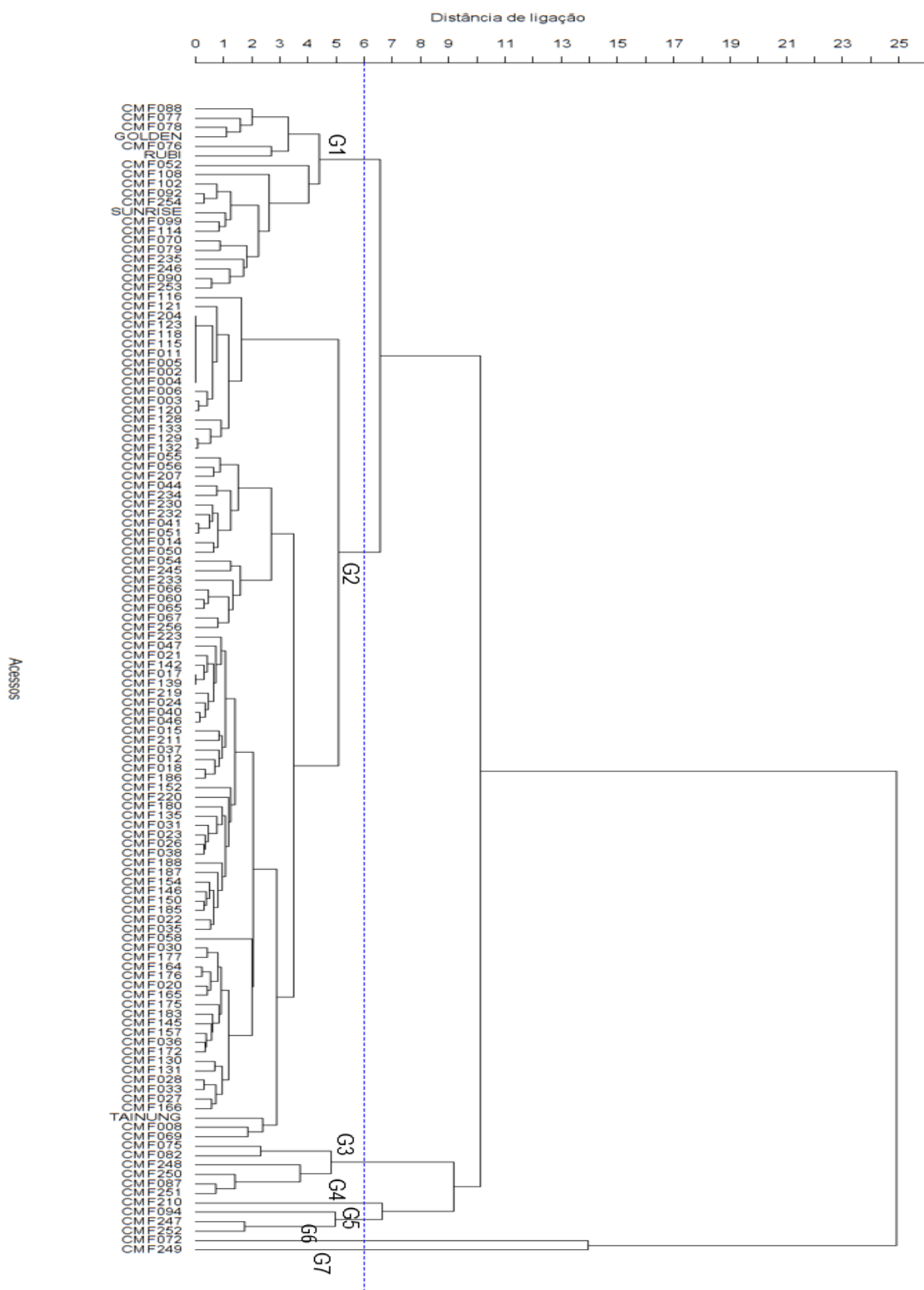


Figura 3. Dendrograma baseado na distância euclidiana e método de agrupamento UPGMA de acessos de mamoeiro quanto à reação em campo ao PRSV-P.

por apresentar perda de parcela devido a uma outra doença de origem fúngica. Os acessos CMF060, CMF065, CMF 66 e CMF 67 apresentaram as primeiras plantas doentes no quinto mês de avaliação. Apesar disso, atingiram uma incidência de 100% no oitavo mês de avaliação (Figura 3), (Apêndice 2).

Ainda no grupo 2, a doença iniciou tardiamente em alguns acessos, observada no 9º, 10º e 11º mês de avaliação. O acesso considerado mais tardio foi o CMF006 que apresentou 10% de incidência no 11º mês de avaliação. Destes, 24 acessos, a exemplo CMF 8, CMF 20, CMF 23, CMF 28, CMF 26, CMF 36, CMF 47, CMF 130, CMF 176 apresentaram plantas afetadas no 9º mês e 14 acessos, CMF 3, CMF 27, CMF 30, CMF 31, CMF 145, CMF 177, CMF 120, CMF 129, CMF 131, CMF 132, CMF 133, CMF 157, CMF 166, CMF 180 no 10º mês. Este fato pode ser considerado positivo, uma vez que um atraso do surgimento de sintomas de pelo menos cinco semanas no início do desenvolvimento da planta pode gerar diferenças de desempenho superiores a 50%, mesmo em materiais suscetíveis (HERNÁNDEZ-CASTRO- et al., 2010).

Alguns acessos apresentaram menos de 15% de plantas sintomáticas até o final do período de avaliação, sendo estes o CMF 3 (9%), CMF 6 (14%) e CMF 120 (11%). Outros apresentaram menos de 40% de incidência da doença no final da avaliação, são eles: CMF 116 (20%), CMF 129 (25%), CMF 132 (25%), CMF 133 (36%). Além de apresentarem baixa incidência da doença, esses acessos também apresentaram as primeiras plantas afetadas tardiamente, a maioria no décimo mês de avaliação, sendo o acesso mais tardio o CMF006 (Figura 3).

A variedade híbrida Tainung nº 1 dentro do grupo Formosa é a mais cultivada no Brasil (MARIN et al., 2006) e apresentou uma incidência de 50% no final da avaliação. Vinte e dois acessos apresentaram incidência inferior a 100% após 12 meses de avaliação, 22 acessos a exemplo dos acessos CMF 8 (80%), CMF 27 (73%), CMF 31 (60%) e CMF 166 (83%), o que é considerada uma porcentagem razoável, visto a quantidade de acessos avaliados e a severidade da doença, cujo vírus é capaz de infectar até 100% do pomar em poucos meses caso nenhuma forma de controle seja utilizada (TAVARES et al., 2004; SARAIVA et al., 2006). Além disso, selecionar acessos com índices de transmissão inferiores a 100% podem garantir a produção de frutas no pomar (FLORES-BAUTISTA, 2019).

Uma incidência da doença de 100% foi observada em 55,5% dos acessos do grupo 2 ao término da avaliação. Apesar disso, houve atraso no aparecimento de sintomas mais severos da doença, o que pode permitir a ocorrência de frutas com qualidade no pomar (HERNÁNDEZ-CASTRO et al. 2015). Trabalhos com acessos de plantas de mamão em campo mencionaram que todos os acessos avaliados foram susceptíveis ao PRSV-P (BARRETO et al., 2002; GONSALVES et al., 2010) com diferenças no tempo de infecção entre eles (RODRÍGUEZ et al., 2013). Esta diferença pode ser considerada um critério na escolha de acessos promissores para controle da doença.

No grupo 2 também houve acessos que não apresentaram sintomas da doença até o último mês de avaliação, tendo 0% de incidência da doença, sendo eles CMF 2, CMF 4, CMF 5, CMF 11, CMF 115, CMF 118, CMF 123 (Figura 3). Estes acessos são promissores para serem usados em pesquisas posteriores testando resistência.

O grupo 3 foi formado por 6 acessos, o CMF 75, CMF 82, CMF 87, CMF 250, CMF 251 e CMF 248. No segundo mês de avaliação, em maio quando as plantas apresentavam 11 meses após transplante, a doença foi observada em todos os acessos, com 10,83% das plantas afetadas e em novembro, 100% das plantas dos seis acessos já estavam com a virose (Figura 3), (Apêndice 2).

O grupo 4 foi formado por um único acesso, o CMF 210. Em abril, primeiro mês de avaliação, foi observado 9% de plantas afetadas e em janeiro de 2018, 10º mês de avaliação, 100% das plantas apresentaram a doença. O Grupo 5, formado por três acessos (CMF 94, CMF 247 e CMF 252) também foi infectado no primeiro mês de avaliação e em novembro 100% das plantas tinham sido afetadas (Figura 3), (Apêndice 2).

Os grupos 6 e 7 também foram formados por um acesso, o CMF 72 e o CMF 249, respectivamente. Os dois grupos apresentaram plantas doentes no primeiro mês de avaliação, com 22 e 27% de incidência de mancha anelar, respectivamente. No entanto, em outubro, sétimo mês de avaliação, as plantas do grupo 6 foram acometidas por *Phytophthora*, o que causou perda da parcela interrompendo as avaliações para esse acesso. As plantas do grupo 7 (CMF 249) apresentaram 100% de infecção no sexto mês de avaliação (Figura 3), (Apêndice 2).

O aumento progressivo da incidência da doença observados neste trabalho corresponde a estudos similares desenvolvidos em regiões produtoras (RIVAS VALENCIA et al., 2003; 2008, RODRÍGUEZ et al., 2011). No entanto, observar plantas assintomáticas após o período de um ano de avaliação não corresponde a cultivares de mamoeiro suscetíveis ao PRSV-P, o que, segundo Rodríguez et al. (2011) pode sugerir uma menor severidade da doença nos acessos avaliados. Contudo, tratando-se de condições de infecção natural pelo vírus em campo, pode ser que o período de avaliação não tenha contemplado o tempo necessário para o progresso total da doença, sendo necessário que tal desempenho seja confirmado pela inoculação do vírus por método apropriado nestes materiais.

CONCLUSÕES

1. Não foram encontrados híbridos e linhagens promissoras como fonte de resistência dentre os acessos de mamoeiro pertencentes ao programa de melhoramento genético da Embrapa;
2. Os acessos CMF 2, CMF 4, CMF 5, CMF 11, CMF 115, CMF 118, CMF 123 são promissores para realização de pesquisas testando resistência

REFERÊNCIAS

ALONSO, M.; BAUTISTA, M.; ORTIZ, M.; QUIROZ, A.; ROHDE, W.; SÁNCHEZ, L.F. Caracterización de accesiones de papaya (*Carica papaya* L.) através de marcadores AFLP en Cuba. **Revista Colombiana de Biotecnología**, v. 11, p. 31-39, 2009.

BARRETO, P.D.; SANTOS, A. dos; DANTAS, J.L.L. Genótipo de mamão sob infecção natural pelo vírus da mancha anelar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 33, n.2, p. 43-47, 2002.

CHALAK, S.U.; HASBNIS, S.N.; SUPE, V.S. Papaya ring spot disease management: A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 5, p. 1911-1914, 2017.

CHARRAD, N.; GHAZZALI, N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A.; NbClust: NbClust package for determining the best number of clusters. R package version 2.0.1. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=NbClust>>. 2014.

COSTA, C.L. As inter-relações vírus-afídeos vetores e o controle da mancha anelar do mamoeiro causada pelo Papaya ringspot virus-p. In: MARTINS, D. dos S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória, ES: Incaper, 2003. p. 183-191.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 2003 v. 2, p.585.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical division. Disponível em: [www://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E](http://www.fao.org/faostat3/browse/Q/QC/E).. Acesso em: junho 2020.

FLORES-BAUTISTA, R., ÁVILA-RESÉNDIZ, C.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J.A.; NAVA-DÍAZ, C.; BECERRA-LEOR, E.N. Performance of native accessions of *Carica papaya* inoculated with PRSV-P using *Aphis nerii*. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 37, n. 1, p. 147-158, 2019. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1808-5

GONSALVES, D.; SAVARNI, T.; CARR, J.B; SUZUKI, J.Y. Papaya Ringspot virus. **The Plant Health Instructor**. 2010. DOI: 10.1094/PHI-I-2010-1004-01.

HERNÁNDEZ-CASTRO, E.; NAVA, D.A.; MORA, A.J.A.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J.A.; VARGAS, A.D.; PALEMÓN, F.A. Incidence of the *papaya ringspot virus* (PRSV-P) and management in the state of Guerrero, Mexico. In: DIMITROV, T.S.; VITANOVA, I.I. **Tropical Fruits**. Nova Science Publishers Inc., 2015. p. 119-127. Disponível em: <https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=54114>. Acesso em: Julho de 2020.

HERNÁNDEZ-CASTRO, E.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J.A.; MORA-AGUILERA, J.A. e NAVA-DÍAZ, C. Barreras de maíz en una estrategia de manejo integral para controlar epidemias del virus mancha anular del papayo (PRSV-P). **Revista Agrociencia** v.44, n.3, p339-349, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Nacional e Mundial, 2017. Disponível em: <www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/mamao/b1_mamao.pdf>. Acesso em: junho de 2020.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 17, de 27 de maio de 2010, 2010. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em: fevereiro de 2021.

MARIN, S.L.D.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; MARTELLETO, L.A.P.; IDE, C.D. Partial diallel to evaluate the combining ability for economically important traits of papaya. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 540-546, 2006.

MEISSNER FILHO, P.E.; BARBOSA, C. de J.; NASCIMENTO, A.S. do. Vírus. In: RITZINGER, C.H.S.P.; SOUZA, J. da S. (Org.). **Mamão – Fitossanidade**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical; Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. p. 47-51. 2000.

ORDAZ-PÉREZ, D.; GÁMEZ-VÁZQUEZ, J., HERNÁNDEZ-RUIZ, J., ESPINOSA-TRUJILLO, E., RIVAS-VALENCIA, P., CASTRO-MONTES, I. *Vasconcellea cauliflora* resistance to *Papaya ringspot potyvirus* (PRSV-P) and its introgression in *Carica papaya*. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 35, n. 3, p. 571-590. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1703-4.2017.

PEÑA, I. Enfermedades virales en el cultivo del papayo (*Carica papaya* L.). **Revista CitriFrut**, v. 25, p. 13-23, 2008.

PURCIFULL, D.E.; EDWARDSON, J.R.; HIEBERT, E.; GONSALVES, D. *Papaya ringspot virus*. CMI/AAB. **Description of plant viruses**, 292, 8p. 1984.

PUSHPA, R.N.; NAGARAJU, N.; SUNIL, J.; JAGADISH, K.S. Epidemiology of *Papaya ringspot virus-P* (PRSV-P) infecting papaya (*Carica papaya* Linn.) and influence of weather parameters on population dynamics of predominant aphid species. **Journal of Entomology and Zoology Studies**. v. 7, n. 2, p. 434-439, 2019.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2018. Disponível em: URL <<https://www.R-project.org/>>.

RIVAS-VALENCIA, P.; MORA-AGUILERA, G; TÉLIZ-ORTIZ D e MORA-AGUILERA A. Influencia de variedades y densidades de plantación de papayo (*Carica papaya* L.) sobre las epidemias de mancha anular. **Revista Mexicana de Fitopatología** v. 21, n. 2 p.109-116. 2003.

RIVAS-VALENCIA, P.; MORA-AGUILERA, G.; TÉLIZ-ORTIZ, D. e MORA-AGUILERA A. Evaluación de barreras vegetales en el manejo integrado de la mancha anular del papayo en Michoacán, México. **Summa Phytopathologica** v.34, n.4, p.307-312, 2008.

RODRÍGUEZ, M.D.; ALONSO, M.; TORNET, Y.; VALERO, L.; LORENZETTI, E.R. e PÉREZ, R. Evaluación de accesiones cubanas de papaya (*Carica papaya*) ante la mancha anular. **Summa Phytopathologica**, v. 39 n.1, p.24-27, 2013.

RODRÍGUEZ, D., ALONSO, M., TORNET, Y.; VALERO, L.; LORENZETTI, E.R.; PÉREZ, R. Assessment of Cuban papaya (*Carica papaya* L.) accessions against ringspot. **Summa Phytopathologica**, v. 39, p. 24-27, 2013.

RODRÍGUEZ, D.; TORNET, Y.; ALONSO, M.; VALERO, L.; PEÑA, I.; FIGUEIRA, A.R.; RAMOS, R. Severidade da mancha anelar do mamoeiro em diferentes genótipos do grupo solo introduzidos em Cuba. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 4, p. 28-36, 2011.

ROHLF, F.J.; FISHER D.L. Test for hierarchical structure in random data sets. **Systematic Zoology**, v. 17, p. 407-412, 1968.

SARAIVA, A.C.M.; PAIVA, W.O.; RABELO FILHO, F.O.A.C.; LIMA, J.A.A. Transmissão por mãos contaminadas e ausência de transmissão embrionária do vírus do amarelo letal do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 79-83, 2006.

SNEATH, P.H.; SOKAL, R.R. Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification. San Francisco: W.H. Freeman, 1973. 573p.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v.11 p. 33-40, 1962.

TAVARES E.T.; TATAGIBA, J.S.; VENTURA, J.A., SOUZA JÚNIOR, M.T. Two new systems of early diagnosis of papaya sticky disease. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 563-566, 2004.

VENTURA, J.A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. da S. Papaya diseases and integrated control. In: NAQVI, S.A.M.H (ed.) **Diseases of fruits and vegetables: diagnosis and management**. London: Klumer Academic Publishers. 2004. p. 201-268.

VENTURA, J.A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J.S. Manejo das doenças do mamoeiro. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da (eds.). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: Incaper, 2003. p. 231- 308.

ARTIGO 2

RESISTÊNCIA AO *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) EM ACESSOS DE MAMOEIRO CULTIVADOS EM CASA DE VEGETAÇÃO¹

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciências Agrárias.

RESISTÊNCIA AO *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) EM ACESSOS DE MAMOEIRO CULTIVADOS EM CASA DE VEGETAÇÃO

RESUMO: A mancha anelar, causada pelo *Papaya ringspot virus* (PRSV-P), é uma das principais viroses do mamoeiro no Brasil, sendo o uso de plantas resistentes à forma mais econômica e eficiente para seu controle. O objetivo deste trabalho foi avaliar acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa, quando a sua resistência ao vírus da mancha anelar em casa de vegetação. Foram avaliados 36 acessos de mamoeiro previamente selecionados e a cultivar Aliança do grupo Solo. Após dois meses da semeadura, doze plantas de cada acesso foram inoculadas mecanicamente duas vezes em intervalo de quinze dias utilizando isolado de PRSV-P, sendo que quatro plantas de cada acesso foram deixadas como controle negativo. Aos quinze dias após a primeira inoculação os acessos foram avaliados quanto à presença de sintomas do PRSV-P e o número de plantas com sintomas. As plantas foram avaliadas quanto aos sintomas a cada cinco dias, durante dois meses, utilizando uma escala de notas. As notas obtidas para as plantas de cada acesso foram transformadas em índices de doença (ID). A incidência e o índice de doença foram apresentados em gráficos radar elaborados no Excel. A análise de agrupamento dos acessos para área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi apresentada no formato heatmap utilizando a distância euclidiana e o método de agrupamento UPGMA, utilizando o software R. Não foram identificados acessos imunes ao PRSV-P, sendo possível observar diferentes níveis de resistência à mancha anelar. O acesso CMF011 foi considerado moderadamente resistente à mancha anelar.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., *Papaya ringspot virus* (PRSV-P), mosaico.

RESISTANCE TO *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) IN PAPAYA ACCESSES CULTIVATED IN GREENHOUSE

ABSTRACT: The ring spot, caused by *Papaya ringspot virus* (PRSV-P), is one of the main viruses of papaya in Brazil, and the use of plants resistant to the most economical and efficient way for its control. The objective of this work was to evaluate papaya accessions of Active Germplasm Bank of Embrapa, when its resistance to the ring spot virus in a greenhouse. Were evaluated 36 previously selected papaya accessions and the cultivar Aliança from the Solo group. After two months of sowing, twelve plants from each access were mechanically inoculated twice every fifteen days using PRSV-P isolate, four plants from each access were left as a negative control. Fifteen days after the first inoculation, accessions were evaluated for the presence of PRSV-P symptoms and the number of plants with symptoms. The plants were evaluated for symptoms every five days, for two months, using a rating scale. The scores obtained for the plants of each access were transformed into disease indexes (ID). The incidence and disease index were presented in radar charts prepared in Excel. The access cluster analysis for the area below the disease progress curve (AACPD) was presented in the heatmap format using the distance euclidean and the UPGMA cluster method, using the software R. Were not identified accesses immune to PRSV-P, being possible to observe different levels of resistance to the ring stain, The access CMF011 was considered moderately resistant to the ring stain.

Key words: *Carica papaya* L., *Papaya ringspot virus* (PRSV-P), mosaic.

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das fruteiras mais importantes no agronegócio e seu cultivo está amplamente distribuído nos países tropicais e subtropicais (KUMAR et al., 2013). A produção do Brasil em 2018 foi de aproximadamente 1.6 milhões de toneladas (FAO, 2018). A Bahia destaca-se como o segundo maior produtor nacional, com produção de 337.151 toneladas, em primeiro está o Espírito Santo com uma produção de 354.405 toneladas, em 2018 (IBGE, 2018).

Um dos principais problemas no cultivo comercial do mamoeiro é a mancha anelar, causada pelo *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) (DAMASCENO JR. et al., 2015). Essa virose possui ampla distribuição geográfica e têm afetado drasticamente a produção do mamoeiro, causando a mudança constante das áreas de plantio (REZENDE; FANCELLI, 1997; ABREU et al., 2015).

O PRSV-P pertence à família *Potyviridae*, e ao gênero *Potyvirus*. (PURCIFULL et al., 1984; SHUKLA et al., 1994). Possui partículas alongadas e flexuosas medindo 780 x 12nm com genoma composto por uma fita de RNA senso positivo, contendo 10.326 pb (YEH et al., 1992).

Na natureza o PRSV é transmitido de forma não persistente por mais de vinte espécies de afídeos (MARTINS e VENTURA, 2007; KALLESHWARASWAMY, 2008). Experimentalmente é transmitido por inoculação mecânica e não há evidências da sua transmissão pelas sementes obtidas de plantas infectadas (MEISSNER FILHO et al., 2000).

O PRSV manifesta-se inicialmente, com o clareamento das nervuras, amarelecimento das folhas mais novas, posteriormente ocorre mosaico, distorção foliar, anéis oleosos nos frutos e manchas oleosas nos pecíolos. O vírus causa redução da produção e da qualidade dos frutos. Plantas que são infectadas em estádios jovens de desenvolvimento permanecem atrofiadas e não chegam a ser economicamente produtivas (MEISSNER FILHO et al., 2000; GONSALVES et al., 2010).

Muitos esforços têm sido feitos para superar a doença, sendo um deles focado no desenvolvimento de variedades resistentes (HAIREEN, et al., 2019). Apesar disso, ainda não há cultivares de mamoeiro com resistência ao PRSV-P no mercado brasileiro. Em função disso, todo o controle utilizado atualmente é

baseado em medidas preventivas, como a produção de mudas sadias, a instalação de plantios em locais isolados e a erradicação constante e precoce de plantas infectadas em toda a região produtora (MEISSNER FILHO et al., 2000).

Os estudos para obtenção de fontes de resistência dentro do gênero *Carica* não têm obtido sucesso, uma vez que todos os acessos testados até o momento foram susceptíveis (MAGDALITA et al. 1998; BARRETO et al., 2002; GONSALVES et al., 2010; RODRÍGUEZ et al., 2013). No entanto, Rodríguez et al. (2013) observaram diferença no tempo de infecção entre os acessos. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência de acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura ao PRSV-P, em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de janeiro a maio de 2019, em casa de vegetação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas, Bahia, sem controle de temperatura e umidade.

Foram testados 36 acessos de mamoeiro previamente selecionados em campo e a cultivar Aliança do grupo Solo (Tabela 1). O critério adotado para seleção destes acessos foi à incidência do PRSV sob infecção natural em campo. Foram selecionados sete acessos com 0% de incidência da doença (CMF002, CMF004, CMF005, CMF011, CMF115, CMF118, CMF123), cinco acessos com menos de 25% de incidência da doença (CMF003, CMF006, CMF116, CMF120, CMF128) e onze acessos com menos de 100% de incidência da doença até o final do experimento. Também foram selecionados doze acessos que apresentaram incidência de 100% ao final da avaliação, mas que apresentaram sintomas tardiamente.

Tabela 1. Descrição dos acessos do Banco de Germoplasma de Mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura avaliados em casa de vegetação para resistência ao PRSV-P.

Código local	Nome Comum	Grupo	Origem
CMF002	DCG439-1	Formosa	Costa Rica
CMF003	DCG423-5	Formosa	Taiwan
CMF004	DCG424-4	Formosa	Havaí
CMF005	Solo Linha IX	Formosa	Havaí
CMF006	Solmar	Formosa	Havaí
CMF011	DCG440-3	Formosa	Costa Rica
CMF018	DCG424-6	Formosa	Taiwan
CMF022	DCG590-3 Sunrise	Formosa	Malasia
CMF026	DCG422-4	Formosa	Taiwan
CMF027	DCG432	Solo	NR
CMF035	FRF.e GPSILVA 200	Formosa	NR
CMF036	Guinea Gold x Sel.Mex	Solo	Brasil
CMF037	Helena x Redsolo	Solo	NR
CMF050	S7	Solo	Brasil
CMF051	S14	Solo	Brasil
CMF052	NR	NR	NR
CMF054	PR-10-65 x Tailândia	Formosa	Havaí
CMF056	72-12 x Maradol	Solo	Brasil
CMF115	SEED1250	Formosa	África do Sul
CMF116	SEED1291	Solo	África do Sul
CMF118	NR	Solo	NR
CMF120	Faz. Caminhoá	Formosa	Brasil
CMF123	Vermelho Thai	Formosa	Tailândia
CMF128	NR	NR	NR
CMF130	NR	Formosa	NR
CMF131	NR	Solo	
CMF145	Sergipe Verde x 6	Formosa	NR
CMF157	FRF1423	Solo	Brasil
CMF166	FRF1436	Formosa	Brasil
CMF172	FRF1442	Formosa	Brasil
CMF175	FRF1445	Formosa	Brasil
CMF177	FRF1447	Formosa	Brasil
CMF180	FRF1421	Formosa	Brasil
CMF183	FRF1427	Solo	Brasil
CMF232	M5	Solo	Brasil
CMF234	BS Faz. SF	Solo	Brasil

*NR acessos não referenciados

Foram semeadas três sementes de cada acesso de mamoeiro (Tabela 1) em copos plásticos, com capacidade de 500 mL, contendo substrato composto de solo e substrato de fibra de coco (1:2). Um mês após a semeadura foi feito o desbaste deixando duas plantas por copo. Após dois meses da semeadura, quando as plantas apresentavam 3-4 folhas, foram feitas duas inoculações em doze plantas de cada acesso, com intervalo de 15 dias, utilizando um isolado de PRSV-P coletado na Embrapa usando-se tampão fosfato de sódio a 0,02 M, pH 7,0, contendo 0,02 M de sulfito de sódio. Como abrasivo foi utilizado o celite, sendo adicionados 0,2 g ao macerado. As amostras foram maceradas na diluição 1/10 (p/v) e as plantas foram inoculadas mecanicamente com o pistilo, sendo em seguida lavadas (STEVENS, 1997). Quatro plantas de cada acesso foram deixadas como controle negativo.

A incidência da doença (I%) foi determinada pela fórmula:

$$(I\%) = (n_1/N_j) * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

n_1 = número de plantas doentes no momento da observação;

N_j = número total de plantas avaliadas por parcela experimental.

As plantas foram avaliadas quanto aos sintomas apresentados a cada cinco dias, durante dois meses. Avaliou-se a presença de sintomas típicos da doença na haste e folhas, de acordo com o descrito por Meissner Filho et al. (2000). Para isso, adaptou-se a escala de classificação de severidade dos sintomas (ALVIAR; CRUZ; HAUTEA, 2012) (Tabela 2).

Tabela 2. Escala de classificação de severidade dos sintomas para avaliação da resistência ao PRSV-P em acessos de mamoeiro adaptada de Alviar, Cruz e Hautea, 2012.

Escala de classificação	Descrição dos sintomas
1	Sem sintomas
3	Mosqueado
5	Mosaico
7	Mosaico e deformação foliar
9	Mosaico, deformação foliar, fio de sapato e/ou estrias oleosas na haste



Figura 1. Sintomas característicos de mancha anelar observados em mudas da cultivar Aliança em casa de vegetação de acordo com a escala de severidade. Nota 1: ausência de sintomas. Nota 3: mosqueado nas folhas. Nota 5: mosaico. Nota 7. Mosaico e deformação foliar, Nota 9: mosaico, deformação foliar, fio de sapato e/ou estrias oleosas nas hastes.

As notas obtidas para as plantas de cada acesso foram transformadas para índice de doença (ID), conforme a seguinte fórmula proposta por Mckinney (1923):

$$ID (\%) = \frac{\sum (N \times N^{\circ}n) \times 100}{N^{\circ}t \times N_{max}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

ID = Índice de doença em %;

N = nota obtida por cada planta;

N^o n = número de plantas com aquela nota;

N^o t = número total de plantas avaliadas;

N_{max} = nota máxima da escala utilizada.

Ou:

$$ID = \frac{3 \cdot (n) + 5(n) + 7(n) + 9(n)}{(Nt \times N_{max})} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

3, 5, 7 e 9 = classificação de gravidade dos sintomas;

n = número de plantas para cada classificação de gravidade dos sintomas;

Nt: total de plantas inoculadas;

Nmax: nota máxima da escala utilizada.

O índice de doença para o PRSV-P foi calculado com base na incidência de infecção e severidade dos sintomas, sendo os acessos classificados em altamente resistente (ID 0-25%), moderadamente resistente (ID 26-50%), moderadamente suscetível (ID 51-75%) e altamente suscetível (ID 76-100%).

Os valores de índice de doença também foram utilizados para obtenção da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), de acordo com a fórmula proposta por Madden et al. (2007):

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\left(\frac{x_{i+1} + x_i}{2} \right) (t_{i+1} - t_i) \right] \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

n = número de avaliações;

Y=índice de doença;

T= tempo de avaliação.

Os dados dos parâmetros incidência de doença e índice de doença foram apresentados em gráficos radar elaborados no Excel. A análise de agrupamento dos acessos para AACPD foi apresentada no formato heatmap, utilizando a distância euclidiana e o método de agrupamento UPGMA, utilizando o software R (R CORE TEAM, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A incidência de mancha anelar teve aumento progressivo ao longo das semanas de avaliação para maioria dos acessos (Figura 2). Aos 15 dias após a inoculação (DAI), os acessos CMF120 e CMF130 apresentaram uma incidência de 100% de plantas afetadas, superando a cultivar suscetível Aliança, e os acessos CMF026 e CMF183 permaneceram assintomáticos. Rodriguez et al.

(2011), avaliando a severidade de sintomas induzidos pelo PRSV-P em genótipos de mamoeiro do grupo Solo, também verificaram um atraso na expressão dos sintomas da doença de Sunset e Sunrise Solo, que demoraram entre 15 e 20 dias, respectivamente. Este fato pode ser atribuído a um atraso no aparecimento dos sintomas (ALVIAR; CRUZ; HAUTEA, 2012), ou ainda a uma maior resistência a inoculação mecânica, uma vez que ambos os acessos apresentaram após a segunda inoculação, uma incidência de 41,7 e 75% de plantas afetadas na segunda semana, respectivamente. Na segunda semana, 100% das mudas inoculadas da cultivar Aliança, estavam afetadas. Os acessos CMF056, CMF118, CMF128, CMF131 e CMF177 também apresentaram incidência de 100% (Figura 2).

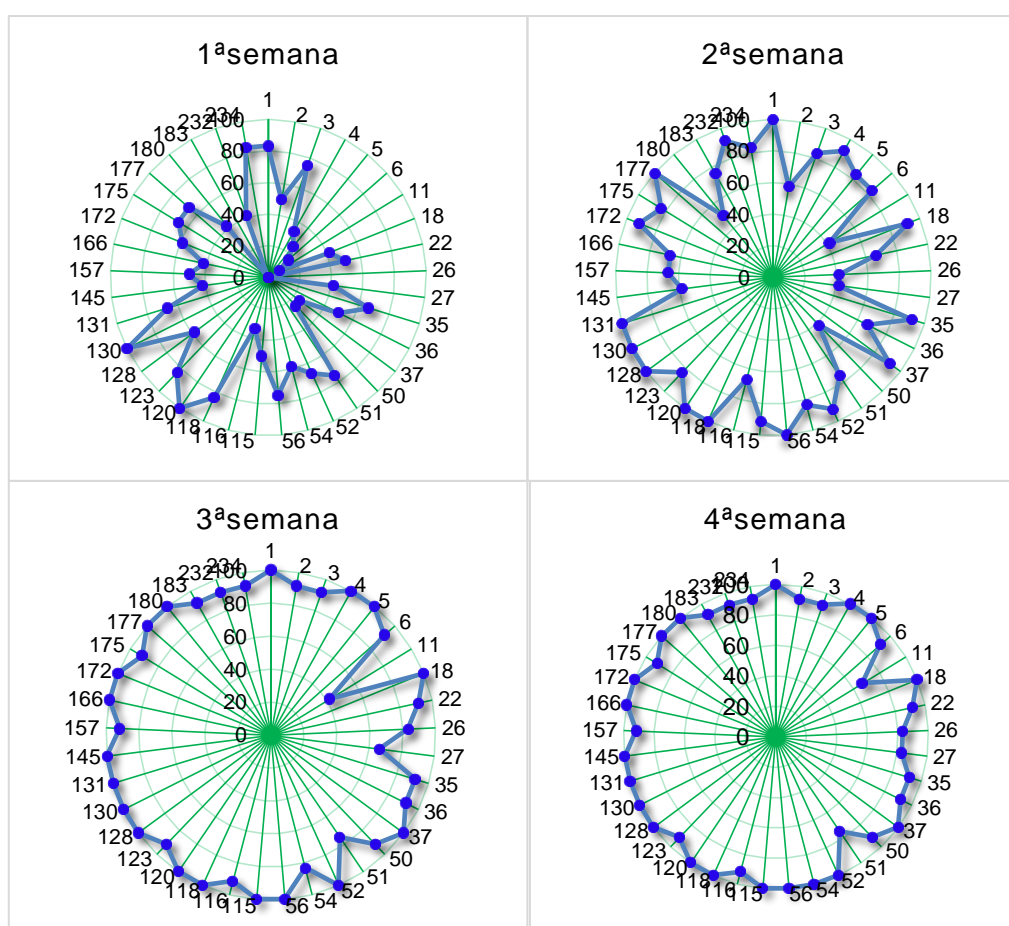


Figura 2. Incidência de mancha anelar (%) da 1^a a 4^a semana após a inoculação em acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura cultivados em casa de vegetação.

Houve uma estabilização na porcentagem de plantas afetadas da quarta semana até a oitava semana para maioria dos acessos. O desempenho de alguns

acessos foi diferente, como o CMF051 que apresentou 75% de plantas afetadas na primeira semana de avaliação e o CMF011 que atingiu o valor máximo de infecção de 75% na quinta semana, mas ambos mantiveram a mesma incidência de doença até a oitava semana (Figuras 2 e 3).

Os acessos CMF011 (75%), CMF026 (83,3%), CMF027(83,3%), e CMF051(75%) apresentaram as menores incidências de mancha anelar na oitava semana. Os demais acessos apresentaram uma incidência da doença entre 91 e 100% (Figura 3). De modo geral, todos os acessos foram suscetíveis ao PRSV-P com diferença na proporção de plantas afetadas.

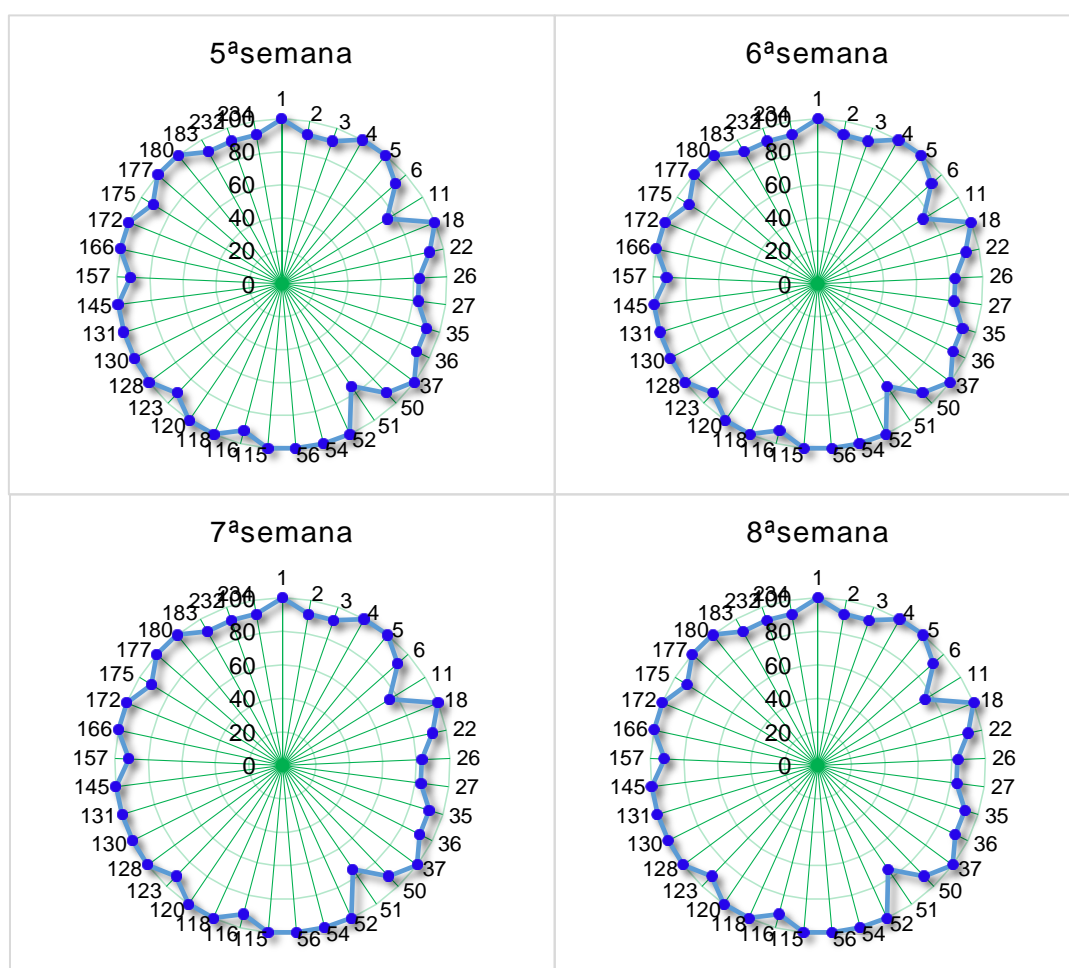


Figura 3. Incidência de mancha anelar (%) da 5ª a 8ª semana após a inoculação em acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura cultivados em casa de vegetação.

Para as avaliações dos sintomas foi utilizada a escala de classificação de severidade, que seguiu o padrão de desenvolvimento de sintomas e foi considerado consistente na variedade suscetível Aliança. As respostas dos

acessos de mamoeiro à infecção por PRSV foram avaliadas e caracterizadas pela comparação do desenvolvimento da virose na cultivar Aliança. As plantas utilizadas como controle permaneceram assintomáticas durante todo período de avaliação.

Os primeiros sintomas detectados na maioria dos acessos foram clareamento das nervuras, mosqueado e mosaico (Figura 4). O mesmo foi observado por Alviar, Cruz e Hautea (2012). Mas algumas plantas da cultivar Aliança (1) e de 19 acessos estudados apresentaram formação de bolhas de cor verde intensa nas folhas, distorção foliar e manchas no caule, atingindo a nota máxima (9) da escala utilizada nas primeiras semanas de avaliação. Estes resultados divergem do encontrado por Rodríguez et al. (2011) que estudando diferentes genótipos do grupo Solo, não observaram sintomas severos de distorção foliar e manchas no caule. Este fato pode estar atrelado à infecção por estirpes de PRSV-P que causam sintomas foliares intensos. Além disso, a temperatura é considerada determinante para o desenvolvimento da doença. Nas oscilações de temperatura entre 26°C e 31°C a acumulação viral e expressão dos sintomas atinge um nível máximo (CABRERA et al., 2010). Isso pode acontecer porque o mecanismo de silenciamento de RNA regulado por defesa pode ser facilmente suprimido pela temperatura ambiental (MANGRAUTHIA et al., 2009). E esses fatores podem ter ocorrido neste estudo, uma vez que o trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação sem controle de temperatura e umidade, e as avaliações tiveram início em março, em que a temperatura oscila entre 22°C a 31°C.

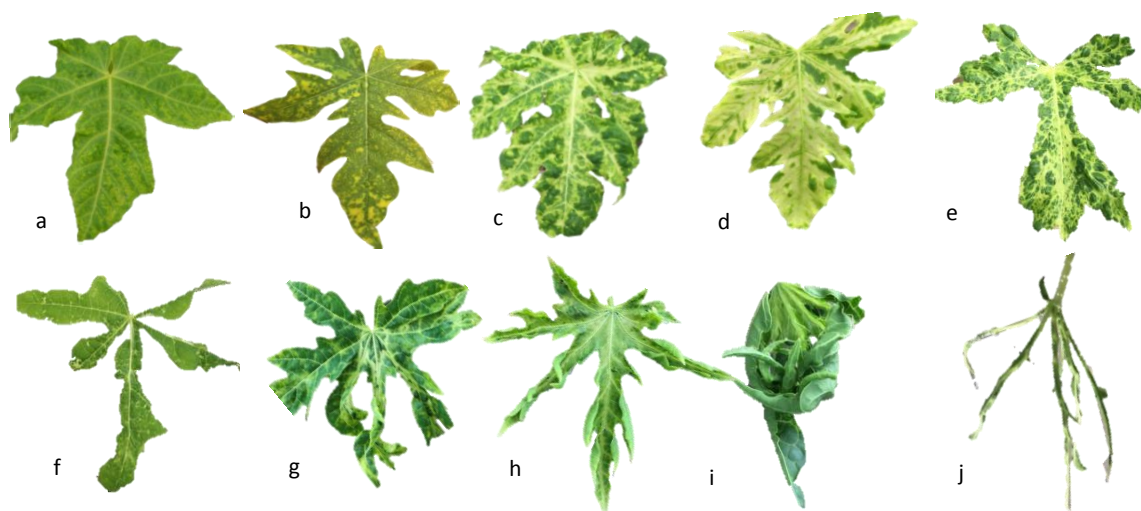


Figura 4. Sintomas de mancha anelar nas folhas: (a) mosqueado, CMF234; (b) mosaico com manchas em formato de anel, CMF230; (c) mosaico e bolhas, CMF232; (d) mosaico, Aliança; (e) mosaico e deformação, CMF037; (f) mosaico e deformação, CMF183; (g) mosaico, bolhas e deformação CMF118; (h) mosaico e deformação, CMF118; (i) mosaico deformação com encarquilhamento CMF118; (j) deformação fio de sapato, CMF118.

Houve um aumento geral da severidade dos sintomas ao longo do período de avaliação em todos os acessos. Sintomas de distorção foliar foram observados com mais frequência a partir da quarta semana, se agravando até a oitava, quando a doença estava totalmente desenvolvida, sendo observados sintomas diversos, às vezes na mesma planta e ao mesmo tempo, em folhas jovens e velhas (Figura 4).

O acesso CMF118 foi um dos que mais apresentou distorção foliar, sendo possível acompanhar a redução da área foliar, formação de bolhas, o encarquilhamento e fio de sapato (Figura 4 g ao j). Os demais acessos apresentaram notas 7 e 9 em uma porcentagem maior de plantas, no entanto, os sintomas de deformação foliar variaram muito e nem todos apresentaram as formas mais graves de deformação.

Os acessos CMF011, CMF006, CMF003 e CMF004 apresentaram pouca distorção foliar. Na figura 5, é possível observar a evolução dos sintomas de mancha anelar no acesso CMF 011.

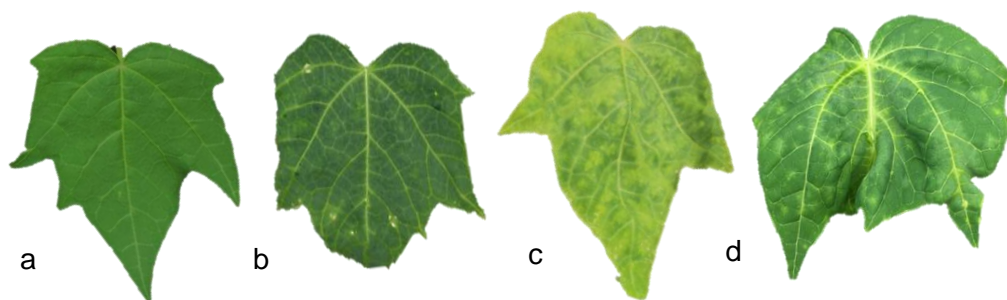


Figura 5. Sintomas característicos de mancha anelar nas folhas do acesso CMF011. (a) folha sadia (controle); (b) mosqueado, clareamento das nervuras e início de deformação foliar; (c) mosaico; (d) mosaico e deformação foliar.

O primeiro sintoma do PRSV é o clareamento das nervuras à medida que a doença progredia as plantas começaram a apresentar mosqueado com clareamento das nervuras, mosaico e leve distorção nas folhas que não chegava a comprometer toda a área foliar. O mosaico era mais tênue e não acometia todas as folhas da planta (Figura 6).

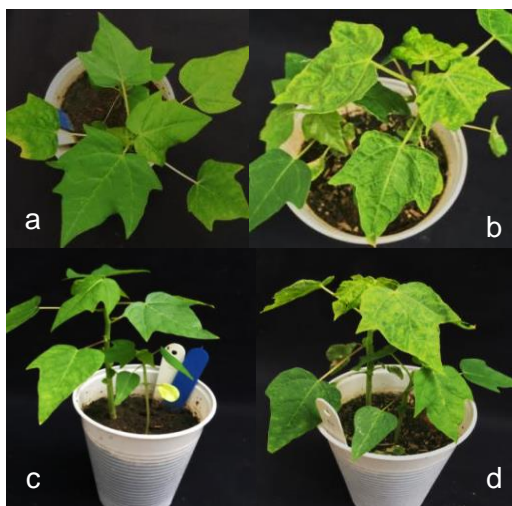


Figura 6. Acesso CMF 011 controle, plantas assintomáticas (a e c); Acesso CMF011 inoculado (b e d), apresentando mosaico nas folhas. 4ª semana após inoculação.

Na oitava semana apenas 25% das plantas inoculadas apresentaram sintomas de deformação foliar, sendo atribuídas nota 7 da escala de severidade e 8,3% apresentaram manchas oleosas nas hastes e deformação foliar obtendo nota 9.

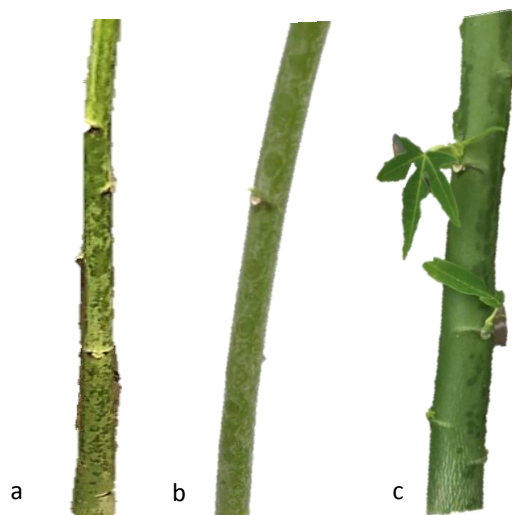


Figura 7. Sintomas característicos de mancha anelar nas hastes. (a) manchas oleosas e irregulares observadas no acesso CMF118; (b) manchas oleosas em forma de anel observadas no acesso CMF175 e (c) manchas oleosas em menor severidade observadas no acesso CMF026.

Manchas com aspecto oleoso nas hastes das plantas foram observadas em alguns acessos desde a primeira avaliação, mesmo antes que aparecessem sintomas foliares mais intensos como distorção. A cultivar Aliança e os acessos CMF022, CMF027, CMF056, CMF115, CMF120, CMF 123, CMF128, CMF130, CMF145, CMF157, CMF166, CMF172, CMF180 apresentaram manchas nas hastes juntamente a sintomas foliares de mosqueado, que se intensificaram a partir da quarta semana assim como as deformações foliares.

O aspecto e a severidade das manchas variaram conforme o acesso. Algumas plantas inoculadas do acesso CMF118, por exemplo, apresentaram manchas oleosas e rugosas em toda haste que iam da base ao ápice da planta (Figura 7a). Nas plantas do acesso CMF175, as manchas foram bastante específicas, com formato circular por toda a haste (Figura 7b), enquanto nas plantas do acesso CMF026 surgiram manchas oleosas superficiais e espaçadas (Figura 7c).

O acesso CMF011 apresentou menor quantidade de manchas nas hastes. É importante ressaltar que os acessos que apresentaram manchas nas hastes mais tardiamente também apresentaram uma menor severidade desse sintoma e em menor número de plantas até a oitava semana de avaliação.

Utilizando o índice de doença (ID) foi possível detectar na primeira semana cinco acessos moderadamente suscetíveis, destes, os acessos CMF118 e CMF051 apresentaram o maior ID. Na segunda semana, os acessos com maior ID foram CMF118, CMF120 e CMF130, sendo considerados altamente suscetíveis (Figura 8). O número de acessos altamente suscetíveis foi aumentando progressivamente, passando de sete acessos na terceira semana para dezesseis acessos na quarta semana. Na quarta semana, os acessos CMF004, CMF011, CMF166 e CMF050 apresentaram os menores ID, sendo considerados moderadamente resistentes. Na última avaliação, os acessos CMF006, CMF026, CMF027 e CMF050 foram considerados moderadamente suscetíveis e os demais altamente suscetíveis (Figura 8 e 9).

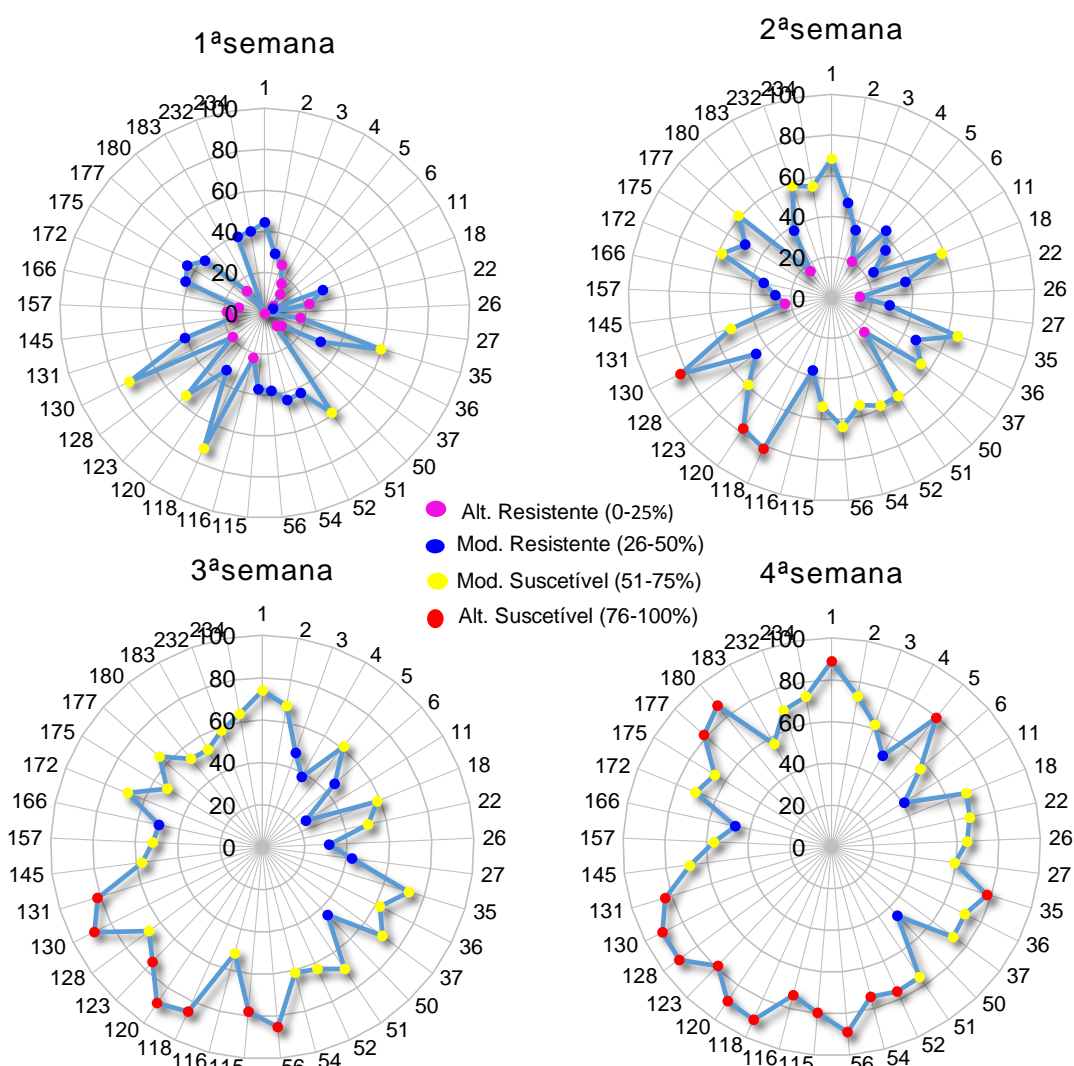


Figura 8. Índice de doença (ID%) para a mancha anelar da 1ª a 4ª semana após a inoculação em acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura cultivados em casa de vegetação.

O CMF011 apresentou os menores índices de doença da terceira até a oitava semana, sendo considerado moderadamente resistente uma vez que a severidade dos sintomas foi reduzida até a oitava semana com o ID de 47,2%. Além disso, este acesso junto com o CMF051 apresentou a menor incidência da doença. No entanto o CMF051 foi considerado moderadamente suscetível, isto porque as plantas sintomáticas deste acesso apresentaram uma maior severidade dos sintomas causados pelo PRSV-P, alcançando a nota mais alta da escala de avaliação e conseqüentemente maior ID (Figura 9).

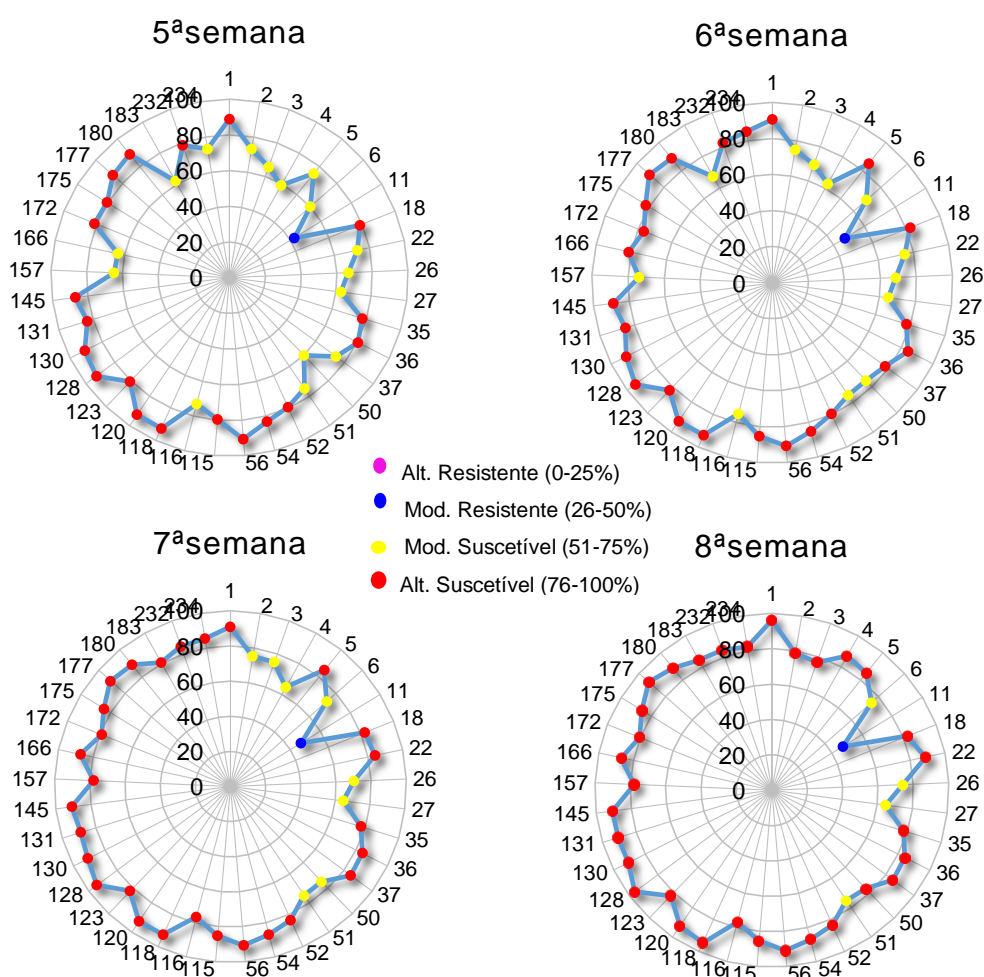


Figura 9. Índice de doença (ID%) para a mancha anelar da 5ª a 8ª semana após a inoculação em acessos do Bano Ativo de Germoplasma de Mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura cultivados em casa de vegetação.

Por meio da escala de notas (Tabela 2) foi possível obter os valores de índice de doença que foram utilizados para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Uma maior diferença entre os acessos estudados foi observada a partir da quarta semana, na qual já era possível observar uma maior AACPD para os acessos CMF118 e CMF130. Esta diferença foi se intensificando com o passar das semanas, possibilitando identificar na oitava semana a formação de grupos com diferentes níveis de resistência ao PRSV-P.

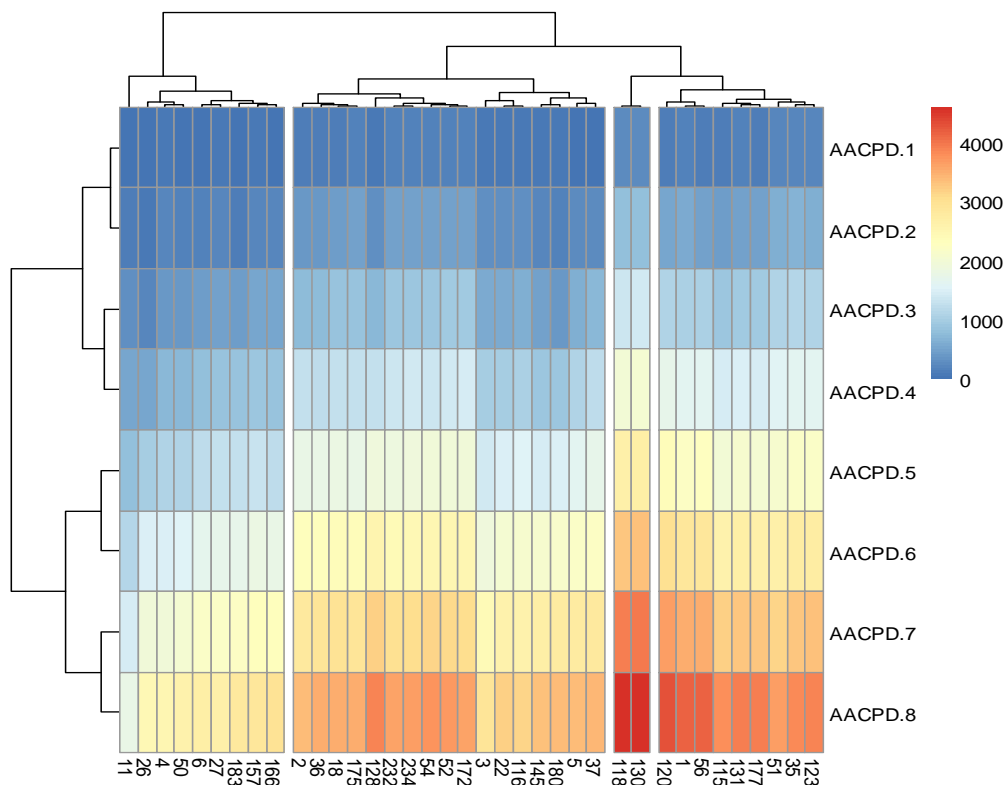


Figura 10. Heatmap com dendrograma dos acessos de mamoeiro (colunas) em relação aos valores da AACPD (linhas). O dendrograma superior mostra o agrupamento dos acessos de mamoeiro e o da esquerda mostra relações entre os valores de AACPD obtidos nas 8ª semanas de avaliação.

As maiores AACPD foram obtidas para os acessos CMF118 e CMF130, seguido pelo CMF120, a cultivar Aliança (1), CMF056, CMF115, CMF131, CMF177, CMF035 e CMF123. Os demais acessos apresentaram os menores valores, sendo que o acesso CMF011 apresentou o menor valor indicando menor progresso da mancha anelar para este acesso (Figura 10). Estes acessos podem ser usados como promissores na busca por genótipos melhorados que apresentem resistência ao PRSV-P.

A incidência da doença, o índice de doença (ID) e a AACPD são bons parâmetros para identificar materiais com algum nível de resistência para o PRSV. De acordo com Alviar, Cruz e Hautea (2012) uma variedade pode ser considerada resistente quando a multiplicação do vírus na planta é reduzida ou a propagação do vírus é impedida, resultando em redução ou ausência de sintomas. Neste estudo, o acesso CMF011 apresentou melhor desempenho diante dos três parâmetros, sendo classificado como moderadamente resistente.

CONCLUSÕES

1. Não foram identificados acessos resistentes ao PRSV-P;
2. O acesso CMF011 foi considerado moderadamente resistente à mancha anelar, mas são necessários mais estudos avaliando a resistência deste acesso.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P.M.V.; ANTUNES, T.F.S.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIATUSSELL, R.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, A.A.R.; FERNANDES, P.M.B. A Current Overview of the Papaya meileira virus, an Unusual Plant Virus. **Viruses**, Basel, v. 7, n. 4, p. 1853-1870, 2015.
- ALVIAR, A.N.; CRUZ, F.C. S.; HAUTEA, D.M. Assessing the reponses of tolerant papaya (*Carica papaya* L.) varieties severity rating scale for resistance screening. **Philippine Journal of crop science**,v. 37, n. 2, p. :20-28, 2012.
- BARRETO, P.D.; SANTOS, A. dos; DANTAS, J.L.L. Genótipo de mamão sob infecção natural pelo vírus da mancha anelar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 33, n. 2, p. 4 3-47, 2002.
- CABRERA, M.D.; CRUZ, M.M.; PORTA, I.V.O. Efecto de la temperatura en la virulencia del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-P). **Fitosanidad**, v. 14, n. 2, p. 123-125, 2010.
- DAMASCENO JUNIOR, P. C.; PEREIRA, T.N.S.; SILVA, F.F. da; REIS, M.V.M.; PEREIRA, M.G. Diversidade genética em duas espécies de Caricáceas e suas relações genéticas com *Carica papaya* L. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 733-739, 2015.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Trade**: crops and livestock products. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor>>. Acesso em: abr. 2018.
- GONSALVES, D.; TRIPATHI, S.; CARR, J.B.; SUZUKI, J.Y. Papaya ringspot virus. **The Plant Health Instructor**,2010. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2010-1004-01>
- HAIREEN, M.R.R.; ZULKHAIRI, A.M.; RAZALI, M.; ROGAYAH, S.; SHUKRI, M.A.M.; AZHAR, H.M.; AIN, A.N. Screening of PRSV-P Resistance and Profiling of Defensive Secondary Metabolites in *Carica papaya* and Interspecific Hybrid of *Vasconcellea*. **Asian Journal of Biotechnology and Genetic Engineering**, v. 2, n. 4, p. 1-11, 2019.
- IBGE. **Produção agrícola municipal**. 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>> Acesso em: set. 2018.
- KALLESHWARASWAMY, C.M.; KRISHNA KUMAR, N.K. Transmission efficiency of *Papaya ringspot virus* by three aphid species. **Phytopathology**, v. 98, p. 541-546, 2008.
- KUMAR, M.; FAHEEM, M.; SINGH, S.; SHAHZAD, A.; BHARGAVA, A.K. Antifungal activity of the *Carica papaya* important food and drug plant. **Asian Journal of Plant Science and Research**, v. 3, n. 1, p. 83, 2013.

MADDEN, L.V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. **The Study of Plant Disease Epidemics**. St. Paul: American Phytopathological Society Press, 2007. 421p.

MAGDALITA, P.M.; DREW, R.A.; GODWIN, I.D.; ADKINS, S.W. An efficient interspecific hybridisation protocol for *Carica papaya* L. x *C. cauliflora* Jacq. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 38, p. 523-530, 1998.

MCKINNEY, H.H. Influence of soil, temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 195-217, 1923

MANGRAUTHIA, S.K.; SINGH, V.P.S.; JAIN, R. K.; PRAVEEN, S. Ambient temperature perception in papaya for papaya ringspot virus interaction. **Virus Genes**, v. 38 p. 429-434, 2009.

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.Á. Vetores de doenças do mamoeiro: monitoramento e controle. *Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão*. Vitória: Incaper, p. 115-128. 2007.

MEISSNER FILHO, P.E.; BARBOSA, C. de J.; NASCIMENTO, A.S. do. Vírus. In: RITZINGER, C.H.S.P.; SOUZA, J. da S. (Org.). *Mamão – Fitossanidade*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical; Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 47-51, 2000.

PURCIFULL, D.E.; EDWARDSON, J.R.; HIEBERT, E.; GONSALVES, D. *Papaya ringspot virus*. CMI/AAB. *Description of plant viruses*, 292, 8p, 1984.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2019.

REZENDE, J.A.M.; FANCELLI, M.I. Doenças do mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM Filho, A.; CAMARGO L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Eds.) **Manual de Fitopatologia**. Volume 2: Doenças das plantas cultivadas, p. 486-496, 1997.

RODRÍGUEZ, D.; TORNET, Y.; ALONSO, M.; VALERO, L.; PEÑA, I.; FIGUEIRA, A.R.; RAMOS, R. Severidade da mancha anelar do mamoeiro em diferentes genótipos do grupo solo introduzidos em Cuba. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 2, n. 4, p. 28-36, 2011.

SHUKLA, D.D.; WARD, C.W.; BRUNT, A.A. *The Potyviridae*. Wallingford: CAB International, 1994.

STEVENS, W.A. *Virology of flowering plants*. Glasgow. Blackie & Son, 1983. 192 p. STICHER, L.; MAUCH, M. B.; METRAUX. J. P. Systemic acquired resistance. Palo Alto-USA. **Annual Review of Phytopathology**, v. 35, p. 235-270. 1997.

YEH, S.D.; JAN, F.J.; CHIANG, C.H.; DOONG, T.J.; CHEN, M.C.; CHUNG, P.H.; BAU, H.J. Complete nucleotide sequence and genetic organization of papaya ringspot virus RNA. **Journal of General Virology**, v. 73, p. 2531-2541, 1992.

ARTIGO 3

DETECÇÃO PRECOCE, RÁPIDA E DE BAIXO CUSTO DA MELEIRA DO MAMOEIRO¹

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico *Tropical Plant Pathology*

DETECÇÃO PRECOCE, RÁPIDA E DE BAIXO CUSTO DA MELEIRA DO MAMOEIRO

RESUMO: A meleira, causada pelo Papaya meleira virus-PMeV, é uma das principais viroses do mamoeiro e sua detecção no campo, geralmente, só é possível na época do florescimento e frutificação. Este trabalho visou avaliar um método para a detecção rápida, precoce e de baixo custo das plantas infectadas com meleira. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e no laboratório da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas-BA. Foram utilizadas mudas de mamoeiro da cultivar Aliança. A inoculação foi feita por ferimentos com agulha hipodérmica mergulhada em látex infectado. A presença da meleira nas plantas inoculadas foi avaliada em função da concentração de glicose determinada com um glicosímetro. As plantas foram submetidas à extração de dsRNA para verificar a presença do PMeV. Os dados foram analisados pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade, sendo também realizada análise descritiva dos dados e correlação de Person. Foi observado que 100% das plantas inoculadas estavam afetadas. As plantas que apresentaram maior teor de glicose estavam infectadas pelo PMeV. A inoculação por ferimentos com agulha foi muito eficiente na transmissão do vírus e o glicosímetro permitiu identificar precocemente as plantas infectadas.

Palavras-chaves: *Carica papaya*, PMeV, viroses, diagnose, biosensor.

EARLY, FAST AND LOW-COST DETECTION OF PAPAYA STICKY DISEASE

ABSTRACT: The sticky disease, caused by Papaya meleira virus-PMeV, is one of the main viruses of the papaya tree and its detection in the field is generally only possible at the time of flowering and fruiting. . This work aimed to evaluate a method for the rapid, early and low-cost detection of plants infected with honeydew. The experiments were carried out in a greenhouse and at the Embrapa Mandioca e Fruticultura laboratory, Cruz das Almas-BA. Papaya seedlings from cultivar Aliança were used. The inoculation was done by wounds with a hypodermic needle dipped in infected latex. The presence of the honeydew in the inoculated plants was evaluated according to its glucose concentration determined with a glucometer. The plants were submitted to dsRNA extraction to verify the presence of PMeV. The data were analyzed using the F test of analysis of variance at 5% probability, and descriptive analysis of the data and Person correlation was also performed. It was observed that 100% of the inoculated plants were infected. The plants with the highest glucose content were infected with PMeV. The inoculation with needle wounds was very efficient in the transmission of the virus and the glucometer allowed the early identification of infected plants.

Keywords: *Carica papaya*, PMeV, viruses, diagnosis, biosensor.

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é considerado uma das fruteiras mais cultivadas e consumidas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (SERRANO; CATTANEO, 2010). O Brasil é o segundo maior produtor da fruta, com uma produção de 1.06 milhões de toneladas (FAO, 2018). A Bahia possui a segunda maior produção do país chegando a 337.151 toneladas em 2018 (IBGE, 2018).

Apesar do bom desempenho, a cultura do mamoeiro sofre com diversos problemas fitossanitários. A meleira causada pelo “Papaya meleira virus” (PMeV) é considerada uma das mais importantes pragas do mamoeiro (ABREU et al., 2015b). Relatada na década de 80 na Bahia, a meleira logo se disseminou para outras regiões produtoras do país, como o norte do Espírito Santo, Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Minas Gerais (NAKAGAWA et al., 1987; DALTRO et al., 2014).

O PMeV é um vírus de partículas isométricas composto por RNA fita dupla (dsRNA) aproximadamente 8 kb. Possui regiões conservadas características das RNA polimerase dependente de RNA (RdRp) de micovírus da família *Totiviridae* (ABREU et al., 2015b). Recentemente foi identificado o Papaya meleira virus 2 (PMeV-2) em plantas com meleira. Ele possui RNA de fita simples (ssRNA) com tamanho aproximado de 4,5 kb, sendo encapsidado pela capa protéica do PMeV, e está relacionado a espécies do gênero *Umbravirus* (ANTUNES et al., 2016).

Um dos sintomas mais característicos da meleira e que facilita o seu diagnóstico em campo é a exsudação do látex dos frutos, que oxida dando um aspecto “borrado” e “melado”, tornando os frutos sem valor comercial (VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2004).

A infecção de plantas por patógenos está sempre associada a alterações bioquímicas (MEENA et al., 2016). Alterações nos teores de açúcares foram relatados por autores que estudaram infecções virais em diferentes plantas (TECSI et al., 1994; PATEL, 2004; LOVE et al., 2005; SHALITIN et al., 2002; MEENA et al., 2016). Em látex coletado de mamoeiros infectados com meleira foi observado um maior teor de água, acúmulo de oxalato de cálcio e alcaloides, mas também verificaram redução no teor de proteínas totais, açúcares totais e sacarose (RODRIGUES et al., 2009b).

O PMeV é transmitido por ferramentas utilizadas nos tratos culturais e possui um inseto vetor (COSMI et al., 2017). Experimentalmente, em trabalhos desenvolvidos por Barbosa et al. (2000), Martins et al. (2014) e Meissner Filho et al. (2017) a meleira foi transmitida por ferimentos realizados com agulha hipodérmica.

Avaliações feitas com diferentes genótipos de mamoeiro ainda não identificaram resistência para à meleira (MEISSNER FILHO et al., 2017). Assim, a detecção precoce dos sintomas e a subsequente erradicação das plantas infectadas (*roguing*) é atualmente a única estratégia de controle. Entretanto, os sintomas somente são visíveis após a floração e, portanto, plantas infectadas podem permanecer no campo como fonte de inóculo (ABREU et al., 2015a).

Diferentes métodos já foram desenvolvidos para a detecção da meleira, como o de extração de dsRNA e sua visualização em gel de agarose (HABIBE; NASCIMENTO, 2002; TAVARES et. al., 2004; RODRIGUES et al., 2005), transcrição reversa seguida da reação em cadeia da polimerase (reverse transcription polymerase chain reaction – RT-PCR) (ARAUJO et al., 2007) e o PCR em tempo real (qRT-PCR) são técnicas mais sensíveis para detecção do vírus em qualquer tipo de tecido vegetal (ABREU et al., 2012; LÓPEZ-OCHOA et al., 2013). No entanto, o látex de mamoeiros possui uma alta concentração de proteínas o que pode resultar no baixo rendimento da RT-PCR. Além disso, a forte ligação entre a partícula viral e os polímeros do látex pode diminuir a quantidade de RNA disponível para a RT-PCR (ARAUJO et al., 2007). Outro ponto a ser considerado é que a coleta de látex em maior quantidade pode se tornar inviável quando se trabalha com mudas de mamoeiro (ABREU et al., 2017).

Portanto, uma alternativa para detecção precoce da meleira consiste na avaliação da concentração de glicose em plantas infectadas com a utilização de um glicosímetro portátil. O equipamento desenvolvido para mensurar a glicemia em humanos (PASCALI, 2004). Este aparelho já foi utilizado em análise de material vegetal na determinação de glicose em mostos obtidos de uva (DAUDT; SIMON, 2001). Diante da necessidade de um método para a detecção rápida, precoce e de baixo custo das plantas infectadas com meleira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização do glicosímetro portátil na determinação do teor de glicose de plantas de mamoeiro sadias e infectadas e também avaliar a eficiência da inoculação mecânica na transmissão da meleira.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e no laboratório da Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas-BA. Três sementes da cultivar Aliança do grupo Solo foram semeadas em copos plásticos com capacidade de 500 mL, contendo substrato composto por uma proporção de 2:1 de solo e fibra de coco. Um mês após a semeadura foi feito o desbaste deixando duas plantas por copo.

Inoculação mecânica da meleira em mudas de mamoeiro

O experimento de inoculação mecânica foi conduzido no período de agosto de 2018 a janeiro de 2019. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). Foram inoculadas 30 plantas com PMeV e 10 plantas foram deixadas como controle, totalizando 40 plantas.

A inoculação da meleira foi realizada aos 45 dias após a semeadura e foi feita por ferimentos no ápice das mudas com agulha hipodérmica 30 x 8 mm previamente mergulhada em látex de mamoeiro infectado que continha dsRNA do PMeV (MEISSNER FILHO et al., 2017). Cada planta foi ferida três vezes. Ao repetir a inoculação em outra muda a agulha era novamente mergulhada no látex.

As plantas inoculadas e não inoculadas foram avaliadas periodicamente quanto ao aspecto do látex. Para isso, foram feridas no seu ápice com um alfinete.

Dois meses após a inoculação, amostras das plantas não inoculadas e inoculadas foram submetidas à extração de dsRNA. A extração de dsRNA foi feita segundo protocolo proposto por Valverde et al. (1990) adaptado para microtubos de 2 mL. Concluída a extração as amostras foram tratadas com 1µL de DNase, 1µL tampão 10x e 3µL de H₂O RNasefree e analisadas por eletroforese em gel de agarose a 1,5% corado com brometo de etídio, com voltagem entre 80 e 100 V, durante 2 horas. As bandas foram visualizadas e fotografadas sob luz ultravioleta no sistema digital Kodak Gel Logic 200 Imaging System. Como marcador de peso molecular foi utilizado o 1 kb DNA Ladder da Promega.

Avaliação do teor de glicose do látex com glicosímetro portátil

Para o experimento de avaliação do teor de glicose, as sementes da cultivar Aliança foram semeadas em janeiro de 2019. O delineamento utilizado foi o DIC e, três meses após sua semeadura, as mudas foram inoculadas por ferimentos com agulha conforme descrito anteriormente. Foram utilizadas 20 repetições das plantas inoculadas e 10 repetições de plantas não inoculadas. Cada planta foi considerada como unidade experimental, totalizando 30 plantas.

A avaliação do teor de glicose em látex coletado de mamoeiros infectados e sadios foi feita aos 60, 82 e 105 dias após a inoculação (DAI). Para esta medida foi utilizado um glicosímetro portátil one touch Select Plus Flex da Johnson & Johnson. Para a coleta da amostra de látex a muda foi ferida no seu ápice com um alfinete (Figura 1A). O látex foi coletado em uma tira de teste inserida no glicosímetro, alguns segundos depois a concentração de glicose foi expressa no painel do aparelho em mg/dL (Figura 1B).

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância a 5% de probabilidade, realindo também a análise descritiva dos dados e correlação de Person entre as leituras utilizando-se o pacote computacional R (R CORE TEAM, 2020).



Figura 1. A) Muda de mamoeiro Aliança sendo ferida no ápice do caule com um alfinete para coleta do látex; B) Látex sendo aplicado na tira de teste do glicosímetro.

Em paralelo também foi feita a extração de dsRNA de mudas inoculadas e não inoculadas. Foram coletadas aleatoriamente dez amostras de mudas inoculadas com meleira e cinco das não inoculadas. Como controles positivos foram utilizadas amostras de látex coletadas no Ceará de mamoeiros Golden com

sintomas de meleira e amostras de folhas de mamoeiro inoculado com meleira, com sintomas e mantido em telado a prova de insetos. Foi utilizado o kit de isolamento SV total RNA Isolation System da (Promega[®]). Concluída a extração, as amostras foram coradas com GelRed, analisadas por eletroforese em gel de agarose a 1,5%, com voltagem entre 80 e 100 V, durante 2 horas. As bandas foram visualizadas e fotografadas sob luz ultravioleta, no sistema digital Kodak Gel Logic 200 Imaging System. Como marcador de peso molecular foi utilizado o 1kb DNA Ladder, da Promega.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Transmissão da meleira por ferimentos com agulha hipodérmica

As plantas não inoculadas ao serem feridas apresentavam látex bem consistente e esbranquiçado e em baixa quantidade (Figura 2A). Foram observadas diferenças entre as mudas quando estas foram inoculadas com meleira e eram feridas no seu ápice com um alfinete e apresentavam látex mais fluído e translúcido que exsudava com facilidade e em maior quantidade (Figura 2B).

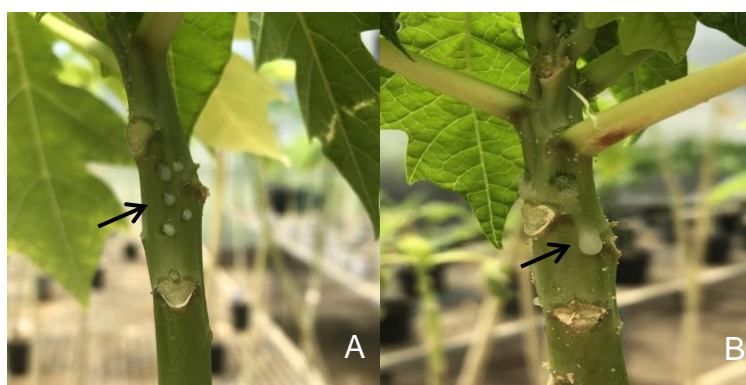


Figura 2. Mudanças de mamoeiro da cultivar Aliança cultivadas em casa de vegetação. A) Látex exsudado após ferimento em planta sadia; B) Látex exsudado em planta infectada com meleira e ferida com alfinete.

Após a extração e tratamento das amostras com DNase, os ácidos nucleicos presentes nas amostras provenientes de mudas inoculadas demonstraram resistência a degradação pela DNase sendo constatada uma

banda de tamanho de aproximadamente 12 kb (Figura 3). Essa banda possui tamanho semelhante ao observado por outros autores em amostras obtidas de plantas com sintomas de meleira (KITAJIMA et al., 1993; MACIEL-ZAMBOLIM et al., 2003; TAVARES et. al., 2004; RODRIGUES et al., 2005). Portanto, todas as plantas inoculadas foram infectadas pelo PMeV. A banda de 12 kb também estava presente no látex de mamoeiro infectado e que foi utilizado como inóculo nesse experimento (Figura 3). Esses dsRNAs não foram detectados nas amostras de plantas inoculadas com látex provenientes de mamoeiros sadios (Figura 4).

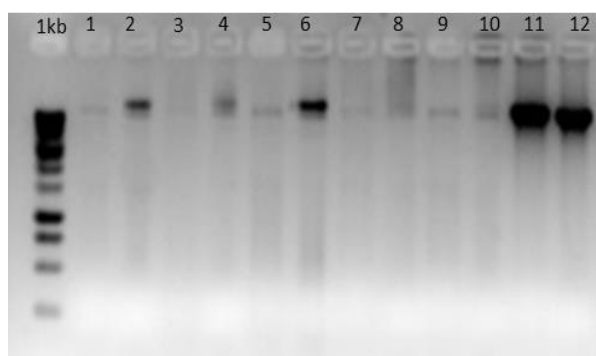


Figura 3. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de mamoeiros Aliança inoculados com meleira por ferimento com agulha, amostras tratadas com DNase e não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1- amostra 1 inoculada tratada; 2- amostra 1 inoculada não tratada; 3- amostra 2 inoculada tratada; 4- amostra 2 inoculada não tratada; 5- amostra 3 inoculada tratada; 6- amostra 3 inoculada não tratada; 7- amostra 4 inoculada tratada; 8- amostra 4 inoculada não tratada; 9- amostra 5 inoculada tratada; 10- amostra 5 inoculada não tratada; 11- amostra 6 de látex de mamoeiro infectado tratado; 12- amostra 6 de látex infectado não tratado. Nas amostras positivas para a presença de PMeV constatou-se banda de tamanho 12kb pertencente ao vírus

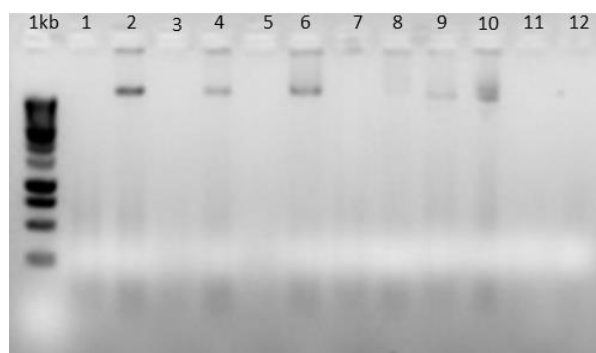


Figura 4. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de mamoeiros Aliança não inoculados, amostras tratadas com DNase e não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1- amostra 1 não inoculada tratada; 2- amostra 1 não inoculada não

tratada; 3- amostra 2 não inoculada tratada; 4- amostra 2 não inoculada não tratada; 5- amostra 3 não inoculada tratada; 6- amostra 3 não inoculada não tratada; 7- amostra 4 não inoculada tratada; 8- amostra 4 não inoculada não tratada; 9- amostra 5 não inoculada tratada; 10- amostra 5 não inoculada não tratada; 11- amostra 6 de látex de mamoeiro infectado tratado; 12- amostra 6 de látex de mamoeiro infectado não tratado.

A fluidez e consistência do látex foram observadas nas plantas inoculadas com meleira. O aspecto aquoso translúcido e com maior facilidade de escorrimento do látex infectado é atribuído à sua menor viscosidade e à dificuldade de coagulação (VENTURA et al., 2003). Resultados semelhantes foram observados por Ventura et al. (2001) e Habibe et al. (2002) em plantas inoculadas natural e artificialmente com a meleira em condições de campo e por Habibe (2003) em plantas inoculadas mecanicamente após 60 dias em cultivo protegido (Figura 2).

O PMeV altera os vasos laticíferos do mamoeiro modificando de alguma forma o processo osmótico dessas células. Além disso, há alterações morfológicas do látex derivadas da presença do patógeno que, em conjunto com o aumento da turgência, causam ruptura dos laticíferos com exsudação espontânea de látex em estádios avançados de desenvolvimento das plantas (RODRIGUES et al., 2009b).

A inoculação de mamoeiros com a meleira por ferimentos com agulha é um procedimento simples, de baixo custo e muito eficiente. Estes resultados corroboram com os encontrados por Barbosa et al. (2000), Martins et al. (2014) e Meissner Filho et al. (2017) em condições de campo e diverge do obtido por Rodrigues et al. (2009a) que não observaram êxito na transmissão da meleira por ferimentos.

Avaliação da concentração de glicose em látex de mamoeiro com glicosímetro portátil

Os coeficientes de correlação de Pearson das leituras nos três períodos apresentaram correlações positivas de alta magnitude e significativas a 1% de probabilidade pelo teste t, indicando boa repetibilidade nos três períodos avaliados (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficientes de correlação de Pearson das leituras do teor de glicose (mg/dL) em plantas inoculadas e não inoculadas com meleira em mamoeiro aos 60, 82 e 105 dias após a inoculação (DAI).

DAI	60	82
82	0,93**	
105	0,88**	0,93**

*significativo a 5% e **significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.

O teor de glicose no látex das plantas infectadas avaliadas foi superior ao das sadias em todas as leituras, pelo teste F a 5% de probabilidade. Aos 60 dias após a inoculação (DAI) o valor médio do teor de glicose das plantas inoculadas foi de 368,35 mg/dL e o das plantas não inoculadas foi de 151,75 mg/dL, ou seja, as plantas infectadas apresentaram um teor de glicose 242,73% maior do que as não inoculadas (Tabela 2). Já aos 82 DAI o teor de glicose tanto nas plantas inoculadas como nas sadias teve uma pequena redução quando comparadas aos 60 DAI, mas o teor médio de glicose do látex das plantas inoculadas foi 300% superior as não inoculadas, respectivamente 345,20 e 115,00 mg/dL. As leituras mais altas foram observadas aos 105 DAI para inoculadas e sadias (Tabela 2). Alguns estudos relatam que aumentos nos teores de carboidratos são uma resposta geral da planta ao estresse (ROITSCH, 1999). No entanto, desde a década de 1930 estudos demonstraram aumento nos níveis de carboidratos em resposta a infecções (HOLMES, 1931).

Tabela 2. Valores médios das leituras do teor de glicose (mg/dL) em plantas não inoculadas e inoculadas com meleira do mamoeiro aos 60, 82 e 105 dias após a inoculação (DAI).

Plantas	DAI		
	60	82	105
Não inoculadas	151,75 b	115,00 b	163,33 b
Inoculadas	368,35 a	345,20 a	381,95 a
CV%	13,93	13,49	14,28

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Alterações metabólicas relacionadas à espécies reativas de oxigênio (ROS) ocorrem na interação do PMeV. Ele induz o acúmulo de fosfato de potássio na lactífera alterando o equilíbrio osmótico e aumentando o conteúdo de água, enquanto reduz o conteúdo de açúcares e proteínas (RODRIGUES et al., 2009b). No entanto, BUSS et al. (2011) observaram que folhas de *C. papaya* na pré-floração infectadas com PMeV e tratadas com óxido nítrico (NO) apresentam acúmulo de açúcares, composto usado na defesa, além de fenóis, e aumento na atividade das enzimas de detoxificação (peroxidase e superóxido dismutase) envolvidos na sinalização de defesa da planta.

Um aumento no teor de açúcar redutor e não redutor foi observado em plantas de ervilha oregon (*Vigna radiata* L. Wilczek) infectadas com *Mungbean amarelo mosaico vírus* (MYMV) e uma redução no teor de amido devido a infecção viral (PATEL et al., 2013). A infecção pelo vírus não apenas reduz a taxa de síntese de amido, mas também aprimora a decomposição do amido em açúcares que, após a conversão em ésteres de fosfato, servem como substratos para o aumento da taxa de respiração (JEYARAJAN; RAMAKRISHNAN, 1968).

No perfil eletroforético pode ser observado que nas plantas de mamoeiro inoculadas com meleira foram detectados dsRNA semelhantes aos encontrados em mamoeiros naturalmente infectados (poços 1 e 2). A mesma banda não foi observada nas plantas não inoculadas (poços 3 a 7) (Figura 5). Essas amostras apresentaram leituras elevadas de glicose no glicosímetro (poços 8-17) indicando que estavam infectadas com a meleira. Dessa forma a leitura com o glicosímetro permitiu identificar plantas infectadas de forma rápida, eficaz e barata, o que demonstra a eficiência do glicosímetro para a detecção precoce da meleira. Goodman, Watson e Hill (2008) ao estudarem o acúmulo de açúcar em plantas infectadas por vírus também observaram aumento nas concentrações de glicose

além de um aumento significativo na concentração de frutose e sacarose nas folhas de cenoura e aveia.

Observação semelhante foi verificada estudando alterações bioquímicas das folhas de *Capsicum annuum* L. infectadas com geminivírus, que apresentaram um aumento significativo nos teores de açúcar solúvel, além de proteínas, em comparação com folhas saudáveis. No entanto, o teor de amido também foi significativamente maior (MENA et al., 2016). Estas observações corroboram com os estudos de Basso et al. (2010) que observaram que as folhas assintomáticas e sintomáticas das plantas infectadas das cultivares de uva avaliadas apresentaram teores de açúcar solúveis totais e acúmulo de amido maiores quando comparadas com folhas de plantas saudáveis.

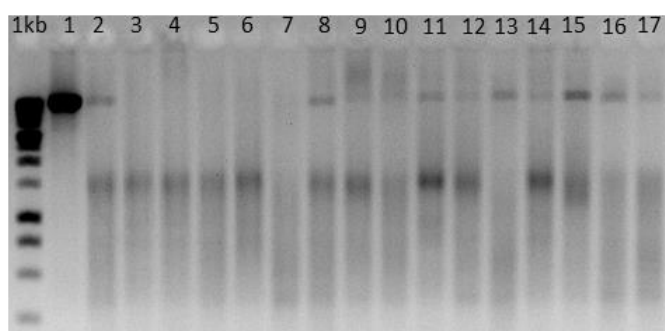


Figura 5. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de mamoeiros Aliança inoculados e não inoculados com meleira e avaliados quanto a concentração de glicose. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1- amostra de látex positiva para a presença de PMeV com banda de tamanho 12kb pertencente ao vírus; 2-controle positivo para a presença de PMeV com banda de tamanho 12kb pertencente ao vírus (amostra de folhas); 3-7- amostras de plantas não inoculadas; 8-17- amostras de plantas inoculadas com meleira positiva para a presença de PMeV com banda de tamanho 12kb pertencente ao vírus .

É provável que mudanças nos níveis de açúcar façam parte da resposta do hospedeiro à infecção (LOVE et al. 2005). Estas alterações podem ser atribuídas a um aumento na hidrolase de amido e redução da atividade de pirofosforilase de ADP-glicose, que podem aumentar a conversão de amidos em açúcares solúveis, como glicose, frutose e sacarose. Além disso, a inibição da acumulação de amido e/ou degradação do amido pode ser uma consequência do aumento da demanda por açúcares, necessários para manter a taxa de respiração e o suporte da replicação viral (TECSI et al.,1994).

O aumento na concentração de açúcar em uma planta, como resposta à infecção por vírus, permite que esta seja detectada de forma indireta utilizando um glicosímetro portátil. O método é de fácil uso e permite rapidez no diagnóstico da meleira em mamoeiro em comparação com os métodos atualmente utilizados.

O método utilizado neste estudo é mais barato que os convencionais, pois o valor do glicosímetro no mercado costuma ser baixo, mesmo com variações entre fabricante e fornecedores. O aparelho utilizado neste trabalho teve um custo de 60,00 reais com dez tiras reagentes inclusas. Uma vez adquirido o aparelho é necessário apenas repor as tiras reagentes. Geralmente utiliza-se uma tira reagente por amostra de látex, sendo o valor médio de 1,50 reais por tira (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de análises para detecção e identificação de vírus.

Método	Valor (R\$)	Tempo gasto
Métodos moleculares	186,66*	6h
Glicosímetro portátil	1,50	segundos

*Estimativa dos valores médios dos métodos moleculares utilizados para detecção do vírus pesquisados em laboratórios de referência em fitossanidade.

Os métodos convencionais de extração de dsRNA, RT-PCR e qPCR levam em torno de seis horas até o resultado. Com a utilização do glicosímetro é possível se obter o resultado em apenas cinco segundos e requer uma amostra de 1 µL de látex por tira de teste, o que torna o método mais prático e possível de ser manuseado por qualquer indivíduo, inclusive em avaliações de mudas em campo possibilitando a erradicação precoce de mudas infectadas e evitando que a doença se dissemine por todo pomar. Além disso, o método é mais econômico reduzindo os gastos para os produtores da fruta e também nas pesquisas acadêmicas.

CONCLUSÃO

- 1- A inoculação por ferimentos com agulha foi muito eficiente na transmissão do vírus
- 2- O glicosímetro permitiu identificar precocemente as plantas infectadas e tem potencial para ser utilizado como ferramenta para um novo método diagnóstico precoce

REFERÊNCIAS

- ABREU, E.F.M.; DALTRO, C.B.; NOGUEIRA, E.O.P.L.; ANDRADE, E.C.; ARAGÃO, F.J.L. Sequence and genome organization of papaya meleira virus infecting papaya in Brazil. **Archives of Virology**, v. 160, p. 3143–3147, 2015b.
- ABREU, P.; PICCIN, J.G.; RODRIGUES, S.P.; BUSS, D.S.; VENTURA, J.Á.; FERNANDES, P. Molecular diagnosis of Papaya meleira virus (PMeV) from leaf samples of *Carica papaya* L. using conventional and real-time RT-PCR. **Journal of Virological Methods**, v. 180, p. 11–17, 2012.
- ABREU, P.M. do V. de; VAZ, A.B.; VAZ, A.B.; FERNANDES, P.M.B. Enfoque biotecnológico para o controle de vírus de plantas. **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria**, v. 4, p. 709 -734, 2017.
- ABREU, P.M.V.; ANTUNES, T.F.S.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIA TUSSELL, R.; VENTURA, J.Á.; FERNANDES, A.A.R.; FERNANDES, P.M.B. A Current Overview of the Papaya meleira virus, an Unusual Plant Virus. **Viruses**, v. 7, p. 1853-1870, 2015a
- ANTUNES, T.F.; AMARAL, R.J.V.; VENTURA, J.Á.; GODINHO, M.T.; AMARAL, J.G.; SOUZA, F.O.; ZERBINI, P.A.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B. The dsRNA Virus Papaya Meleira Virus and an ssRNA Virus Are Associated with Papaya Sticky Disease. **PLoS ONE**, v. 11, p. 155-240, 2016.
- ARAUJO, M.M.M.; TAVARES, E.T.; SILVA, F.R.; MARINHO, V.L.A.; JUNIOR, M.T.S. Molecular detection of Papaya meleira virus in the latex of *Carica papaya* by RT-PCR. **Journal of Virological Methods**, v. 146, p. 305-310, 2007.
- ARAÚJO, M.M.M.; TAVARES, E.T.; SILVA, F.R.; MARINHO, V.L.A.; JÚNIOR, M.T.S.; Molecular detection of *Papaya meleira virus* in the latex of *Carica papaya* by RT-PCR. **Journal of Virological Methods**, v. 146, p. 305-310, 2007.
- BARBOSA, C.J.; PATROCÍNIO, E.; HABIBE, T.C.; NASCIMENTO, A.S.; MATRANGOLO, W.J.R. Detecção de formas replicativas de vírus em plantas de mamoeiro inoculadas com látex de plantas infectadas pela meleira. **Biotemas**, v. 3, p. 47-53, 2000.
- BASSO, M.F.; FAJARDO, T.V.M.; SANTOS, H.P. GUERRA, C.C.; AYUB, R.A.; NICKEL, O. O Fisiologia foliar e qualidade enológica da uva em videiras infectadas por vírus. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n. 6, p. 351-359, 2010.
- BUSS, D.S.; DIAS, G.B.; SANTOS, M.P.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Oxidative Stress Defence Response of *Carica papaya* Challenged by Nitric Oxide, *Papaya meleira virus* and *Saccharomyces cerevisiae* The Open Nitric Oxide Journal v. 3, p. 55-64, 2011.
- COSMI, F.C.; ALVES, K. dos S.; MORAES, W.B.; VENTURA, J.Á.; MORAES, S. de P.C.B.; MORAES, W.B.; JESUS JÚNIOR, W.C. de Análise epidemiológica da evolução temporal da meleira do mamoeiro. **Summa Phytopathol**, v. 43, p. 303-309, 2017.

DALTRO, C.B.; ABREU, E.F.M.; ARAGÃO, F.J.L.; ANDRADE, E.C. Genetic diversity studies of Papaya meleira virus. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, p. 104-108, 2014.

DAUDT, C. E; SIMON, J. A. Um método rápido para análise de glicose em mostos e sua quantificação em algumas cultivares do rio grande do sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.697-701, 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) The agricultural production, 2018. Disponível em: www://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E. Acesso em: novembro de 2019.

GOODMAN, P.J.; WATSON, M.A.; HILL, A.R.C. Sugar and fructosan accumulation in vírus-infected plants: Rapid testing by circular-paper chromatography. **Ann. Applied Biology**, v. 56, p. 62-72, 2008.

HABIBE, T.C. **A meleira do mamoeiro no trópico semiárido**. 2003. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.

HABIBE, T.C.; DANTAS, J.L.L.; VIDAL, C.A.; SILVA, Q. de A. Reação de genótipos de mamoeiro à inoculação com meleira. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 206, 2002.

HOLMES, F. Local lesions of mosaic in *Nicotiana tabacum* L. **Boyce Thompson Institute**, v. 3, p 163, 1931.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) - Produção Agrícola Nacional e Mundial, 2017. Disponível em: www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/mamao/b1_mamao.pdf Acesso em: abr. de 2020.

JEYARAJAN, R.; RAMAKRISHNAN, K. Studies on the physiology of chilli plant (*Capsicum annum* L.) affected by potato vírus Y. I. Effect on metabolismo of carbohydrates, organic acids, phenolics and respiration. **Journal Phytopathology**, v. 63, p 142-152, 1968.

LÓPEZ-OCHOA, L.A.; MORENO-VALENZUELA, O.A.; ZAMUDIO-MORENO, E. Secuencia parcial y metodo de diagnóstico por RT-PCR del virus de la meleira de la papaya. Mx Patent 2012000081A, 2013.

KITAJIMA, E.W.; RODRIGUES, C.H.; SILVEIRA, J.Á.; VENTURA, J.Á. ARAGÃO, F.J.L.; OLIVEIRA, L.H.R. Association of isometric virus like particles, restricted to laticifers, with meleira (sticky disease) of papaya (*Carica papaya*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 18, p. 118-122, 1993.

LOVE, A.J.; MARTIN, T.; GRAHAM, I.A.; MILNER, J.J. Carbohydrate partitioning and sugar signalling in Cauliflower mosaic virus-infected turnip and Arabidopsis. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 67, p. 83-91, 2005.

MACIEL-ZAMBOLIM, E.; KUNIEDA-ALONSO, S.; MATSUOKA, K.; CARVALHO, M.G.; ZERBINI, F.M. Purification and some properties of Papaya meleira virus, a novel virus infecting papayas in Brazil. **Plant Pathology**, v. 52, p. 389-394, 2003.

MARTINS, M.V.V.; MEISSNER FILHO, P.E.; LIMA, J.S.; VIDAL NETO, F. das C.; DANTAS, J.L.L. Avaliação de genótipos quanto à resistência ao Vírus da Meleira do mamoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, **Resumos...**, Cuiabá, Mato Grosso. SBF.p. 23,2014.

MEENA, R.K.; SANKHLA, I.S.; PATNI, V. Biochemical changes to *capsicum annuum* leaves Infected with gemini virus. **Plant Archives**, v. 16, p. 257-260, 2016.

MEISSNER FILHO, P.E.; LIMA NETO, F.P.; OLIVEIRA, C.L.B. de; SANTANA, S.P.B.; DANTAS, J.L.L. Avaliação da resistência de genótipos de mamoeiro ao vírus da meleira no Semiárido. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 82, 2017.

NAKAGAWA, J., TAKAYAMA, Y. e SUZUKAMA, Y. Exudação de látex pelo mamoeiro. Estudo de Ocorrência em Teixeira de Freitas, BA. In: Anais, 9º, Congresso Brasileiro de Fruticultura, Campinas, SP. 1987. pp. 555-559.

PASCALI, P. M. Monitorização da glicemia capilar. **BD Terapêutica em Diabetes**, v. 9, n. 31, p. 4-5, 2004.

PATEL, K.K. Effect of Chilli mosaic virus disease on protein and carbohydrate content of Chilli varieties Faizabadi and Patna Red in Eastern (U.P.) India. **Journal-of-Living-World**, v. 11, n. 1, p. 27-29, 2004.

PATEL, H.; KALARIA, R.; MAHATMA, M.; CHAUHAN, D.A.; MAHATMA, L. Physiological and biochemical changes induced by *Mungbean yellow mosaic virus* (MYMV) in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Journal of Cell and Tissue Research**, v. 13, p. 3927-3930, 2013.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RODRIGUES, S.P.; ANDRADE, J.S.; VENTURA, J.A.; LINDSEY, G.G.; FERNANDES, P.M.B. Papaya meleira virus is neither transmitted by infection at wound sites nor by the whitefly *Trialeurodes variabilis*. **Journal of Plant Pathology**, v. 91, p. 87-91,2009a.

RODRIGUES, S.P.; CUNHA, M. da; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Effects of the *Papaya meleira virus* on papaya latex structure and composition. **Plant Cell Reports**, v. 28, p. 861-871, 2009b.

RODRIGUES, S.P.; GALVÃO, O.P.; ANDRADE, J.S.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Simplified molecular method for the diagnosis of Papaya meleira virus in papaya latex and tissues. **Summa Phytopathologica**, v. 31, p. 281-300, 2005.

ROITSCH, T. Source–sink regulation by sugar and stress. **Current Opinion in PlantBiology**, v. 2, p. 198-206, 1999.

SERRANO, L.A.L.; CATTANEO, L.F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 657-959, 2010.

SHALITIN, D.; WANG, Y.; OMID, A.; GAL-ON, A.; WOLF, S. Cucumber mosaic virus movement protein affects sugar metabolism and transport in tobacco and melon plants. **Plant Cell Environ**, v. 25, p. 989–97, 2002.

TAVARES, E.T.; TATAGIBA, J.S.; VENTURA, J.Á.; SOUZA, J.R.M.T. Dois novos sistemas de diagnose precoce da meleira do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 563-566, 2004.

TECSI, L.I.; MAULE, A.J.; SMITH, A.M.; LEEGOOD, R.C. Metabolic alterations in cotyledons of Cucurbita pepo infected by cucumber mosaic virus. **Journal of Experimental Botany**, v.45 p. 41-51, 1994.

VALVERDE, R.A. Analysis of double-Strandes RNA for plant vírus diagnosis. **Plant disease**, v. 74, p. 255-258,1990.

VENTURA, J.A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. da S.; ANDRADE, J.S. Meleira do mamoeiro: etiologia, sintomas e epidemiologia. In: MARTINS, D. dos S. (Ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória, ES, 2003. p. 267-276.

VENTURA, J.A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J.S. Sintomatologia da meleira do mamoeiro e sua importância para o *roguing*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 536-536, 2001.

VENTURA, J.A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. da S. Papaya Diseases and Integrated Control. In: NAQVI, S.A.M.H. (Org.). **Diseases of Fruits and Vegetables**. Dordrecht. Springer Netherlands, 2004. 686p

ARTIGO 4

AVALIAÇÃO PRECOCE DA RESISTÊNCIA DE ACESSOS PARA A MELEIRA DO MAMOEIRO EM CASA DE VEGETAÇÃO¹

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico *Tropical Plant Pathology*.

AVALIAÇÃO PRECOCE DA RESISTÊNCIA DE ACESSOS PARA A MELEIRA DO MAMOEIRO EM CASA DE VEGETAÇÃO

RESUMO: A meleira causada pelo Papaya meleira virus (PMeV) está presente nas principais regiões produtoras de mamoeiro do Brasil. A identificação de fontes de resistência permitirá sua incorporação em cultivares para o controle dessa virose. Este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência de acessos de mamoeiro do programa de melhoramento de mamoeiro para PMeV da Embrapa Mandioca e Fruticultura em casa de vegetação. O experimento foi instalado e conduzido no período de janeiro a junho de 2019 em casa de vegetação na Embrapa Mandioca e Fruticultura, utilizando delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 38 acessos e uma cultivar. Oito plantas foram inoculadas com PMeV e quatro deixadas como controles negativos. A inoculação foi realizada dois meses após a semeadura por ferimentos com agulha hipodérmica previamente mergulhada em látex infectado. As plantas inoculadas foram observadas periodicamente para detecção de sintomas da doença, quanto ao aspecto do látex e teor de glicose no latex, trinta dias após inoculação e avaliadas por dsRNA quanto a presença do PMeV. As mudas inoculadas permaneceram sem sintomas visuais aparentes e o látex se apresentou fluido e translúcido, com altos teores de glicose. Não foram encontrados acessos imunes ao vírus.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., viroses, PMeV.

PAPAYA ACCESSIONS EVALUATED FOR RESISTANCE TO STICKY DISEASE IN GREENHOUSE

ABSTRACT: The sticky disease caused by Papaya meleira virus (PMeV) is present in the main papaya producing regions in Brazil. The identification of sources of resistance will allow its incorporation into cultivars to control this virus. This study aimed to evaluate the resistance of papaya accessions of the papaya breeding program for Embrapa Mandioca and Fruit growing PMeV in a greenhouse. The experiment was installed and conducted from January to June 2019 in a greenhouse at Embrapa Mandioca e Fruticultura, using a completely randomized design (DIC), with 38 accessions and one cultivar. Eight plants were inoculated with PMeV and four left as negative controls. The inoculation was carried out two months after sowing by wounds with a hypodermic needle previously dipped in infected latex. The inoculated plants are periodically observed for the detection of symptoms of the disease, how many years of latex appearance and non-latex glycine theory, thirty days after inoculation and assessed by dsRNA as many as PMeV presence. The inoculated seedlings will remain with apparent visual symptoms and latex appears fluid and translucent, with high glycosine values. There were no foras found accesses to imunes or viruses.

Key words: *Carica papaya*, viruses, PMeV.

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das fruteiras com maior produção no mundo, sendo aproximadamente 13,3 milhões de toneladas produzidas no ano de 2018 (FAOSTAT, 2018). Neste mesmo ano, o Brasil foi o segundo maior produtor e exportador de mamão, com uma produção de 1.6 milhões de toneladas e a Bahia obteve a segunda maior produção, perfazendo um total de 337.151 toneladas (IBGE, 2018).

Os principais fatores que limitam o crescimento da cultura no país são os problemas fitossanitários, principalmente as viroses. Dentre as principais viroses que infectam o mamoeiro no Brasil destaca-se a meleira, causada pelo Papaya meleira virus (PMeV), é encontrada nas principais regiões produtoras do país (ABREU et al., 2015). A meleira está presente no Espírito Santo, na Bahia, em Minas Gerais, no Ceará, em Pernambuco e no Rio Grande do Norte, sendo considerada uma das doenças mais importantes da cultura (DALTRO et al., 2014). Fora do Brasil a meleira também está presente no México, ocorrendo em sete estados (PEREZ-BRITO et al., 2012).

O PMeV é um vírus de partículas isométricas composto por RNA fita dupla (dsRNA) aproximadamente 8 kb. Possui regiões conservadas características das RNA polimerase dependente de RNA (RdRp) de micovírus da família *Totiviridae* (ABREU et al., 2015). Recentemente foi identificado o Papaya meleira virus 2 (PMeV-2) em plantas com meleira. Ele possui RNA de fita simples (ssRNA) com tamanho aproximado de 4,5 kb, sendo encapsidado pela capa protéica do PMeV, e está relacionado a espécies do gênero *Umbravirus* (ANTUNES et al., 2016).

O vírus é transmitido por ferramentas utilizadas nos tratos culturais e acredita-se na existência de um inseto vetor (COSMI et al., 2017). Experimentalmente, em trabalhos desenvolvidos por Barbosa et al. (2000), Martins et al. (2014) e Meissner Filho et al. (2017) a meleira foi transmitida por ferimentos realizados com agulha hipodérmica.

Plantas de mamoeiro infectadas pela meleira apresentam exsudação espontânea de látex fluido e aquoso a partir de frutos e folhas, que resulta em lesões necróticas nas bordas das folhas jovens e um aspecto pegajoso e melado na fruta que dá o nome da doença (RODRIGUES et al., 2009).

Avaliações feitas com diferentes genótipos de mamoeiro ainda não identificaram uma cultivar resistente (MEISSNER FILHO et al., 2017). Assim, a identificação dos sintomas e a subsequente erradicação das plantas doentes (*roguing*) é atualmente a única estratégia de controle da doença no campo. Logo, este trabalho teve como objetivo, avaliar a resistência de mudas de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura para o vírus da meleira em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no período de janeiro a junho de 2019, em casa de vegetação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas, Bahia, Brasil. Foram testadas mudas de 38 acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura e a cultivar Aliança do grupo Solo (Tabela 1).

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), sendo oito plantas inoculadas com PMeV e quatro não inoculadas de cada acesso e cultivar.

Tabela 1. Descrição dos acessos do Banco de Germoplasma de Mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura avaliados em casa de vegetação para resistência a meleira.

Código Local	Nome comum	Grupo	Origem
CMF002	DCG439-1	Formosa	Costa Rica
CMF003	DCG423-5	Formosa	Taiwan
CMF004	DCG424-4	Formosa	Havaí
CMF005	Solo Linha IX	Formosa	Havaí
CMF006	Solmar	Formosa	Havaí
CMF011	DCG440-3	Formosa	Costa Rica
CMF018	DCG424-6	Formosa	Taiwan
CMF021	SolmarxSunrise	Solo	NR
CMF022	DCG590-3 Sunrise	Formosa	Malasia
CMF026	DCG422-4	Formosa	Taiwan

Continua...

...continuação.

Código Local	Nome comum	Grupo	Origem
CMF027	DCG432	Solo	NR
CMF035	FRF.e GPSILVA 200	Formosa	NR
CMF036	Guinea GoldxSel.Mexicana	Solo	Brasil
CMF037	JSE	Formosa	Brasil
CMF050	S7	Solo	Brasil
CMF051	S14	Solo	Brasil
CMF052	SOLO	Solo	Brasil
CMF054	PR-I0-65 x Tailândia	Formosa	Havai
CMF056	72-12 x Maradol	Solo	Brasil
CMF115	SEED1250	Formosa	África do Sul
CMF116	SEED1291	Solo	África do Sul
CMF118	NR	Solo	NR
CMF120	Faz. Caminhoá	Formosa	Brasil
CMF123	Vermelho Thai	Formosa	Tailândia
CMF128	NR	NR	NR
CMF129	NR	NR	Brasil
CMF130	NR	Formosa	NR
CMF131	NR	Solo	NR
CMF145	Sergipe Verde x 6	Formosa	NR
CMF157	FRF1423	Solo	Brasil
CMF166	FRF1436	Formosa	Brasil
CMF172	FRF1442	Formosa	Brasil
CMF175	FRF1445	Formosa	Brasil
CMF180	FRF1421	Formosa	Brasil
CMF183	FRF1427	Solo	Brasil
CMF230	Ouro mel	NR	Brasil
CMF232	M5	Solo	Brasil
CMF234	BS Faz. SF	Solo	Brasil

*NR acessos não referenciados

As sementes foram obtidas do Banco Ativo de Germoplasma de Mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Foram semeadas três sementes de cada acesso em copos plásticos com capacidade de 500 mL, contendo substrato composto por uma proporção de 2:1 de solo e fibra de coco. Um mês após a semeadura foi feito o desbaste deixando duas plantas em cada copo. As mudas foram mantidas em casa de vegetação sem controle de temperatura e umidade.

A inoculação foi realizada dois meses após a semeadura, utilizando uma agulha hipodérmica 30 x 8 mm previamente mergulhada em látex infectado para realizar ferimentos nas plantas. Cada planta foi ferida três vezes no ápice do caule e ao repetir o processo em outra planta a agulha era novamente

mergulhada no látex. O látex utilizado como inóculo foi coletado de plantas com sintomas de meleira e que continha o dsRNA do PMeV.

As mudas foram avaliadas quanto ao aspecto do latex trinta dias após inoculação, as mudas inoculadas e não inoculadas de cada acesso e da cultivar foram feridas no seu ápice com um alfinete para observação do látex.

Sessenta dias após a inoculação, amostras das plantas foram submetidas à extração de dsRNA. Foi utilizado como controle positivo amostras de folhas de mamoeiro adulto com sintomas de meleira mantido em telado na Embrapa Mandioca e Fruticultura (Figuras 3, 5, 7 e 11 amostra 1).

A extração de dsRNA foi feita com Trizol segundo protocolo proposto pelo fabricante. Concluída a extração, as amostras foram tratadas com 1 μ L de DNase, 1 μ L tampão 10x e 3 μ L de H₂O RNasefree e analisadas por eletroforese em gel de agarose a 1,5% corado com brometo de etídio, com voltagem entre 80 e 100 V, durante 2 horas. As bandas foram visualizadas e fotografadas sob luz ultravioleta, no sistema digital Kodak Gel Logic 200 Imaging System. Como marcador de peso molecular foi utilizado o 1 kb DNA Ladder da Promega.

Aos noventa dias após a inoculação foi feita avaliação do teor de glicose em látex coletado de mamoeiros infectados. Para esta medida foi utilizado um Glicosímetro portátil one touch Select Plus Flex da Johnson & Johnson. Para a coleta da amostra de látex a muda foi ferida no seu ápice com um alfinete (Figura 1 A) e o látex coletado em uma tira de teste inserida no Glicosímetro, sendo a concentração de glicose expressa no painel do aparelho em mg/dL (Figura 1 B).



Figura 1. Muda de mamoeiro sendo ferida no ápice do caule com um alfinete para coleta do látex (A) e látex sendo aplicado na tira de teste do Glicosímetro (B).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas inoculadas permaneceram sem sintomas visuais aparentes, reforçando o fato de que nenhum sintoma foliar é observado em plantas jovens. Os primeiros sintomas surgem antes da frutificação, aproximadamente aos seis meses de idade, quando ocorrem queima nas extremidades das folhas novas (RODRIGUES et al., 2009). No entanto, as mudas inoculadas com meleira ao serem feridas com alfinete em seu caule ou na retirada de um pecíolo apresentaram exsudação de látex fluido e translúcido, diferente das não inoculadas, que não apresentaram esse tipo de exsudação. Foi observado que as mudas inoculadas de todos os acessos apresentaram exsudação de látex fluido ao serem feridas (Figura 2).



Figura 2. Exsudação de látex fluido em muda inoculada com meleira após retirada do pecíolo (A) e ausência de exsudação de látex após retirada do pecíolo em muda não inoculada, trinta dias após inoculação (B).

Após a extração, tratamento das amostras com DNase e sua eletroforese em gel de agarose, não foi observada uma banda de dsRNA com tamanho semelhante ao da meleira nas amostras de mudas não inoculadas de cada acesso testado (KITAJIMA et al., 1993) (Figuras 3, 5, 7 e 9). Em contrapartida, nas amostras de mudas inoculadas foi constatada uma banda de dsRNA de tamanho semelhante ao observado em amostras obtidas de plantas infectadas com meleira, conforme relatado por Kitajima et al. (1993). Foi observado que o

tratamento com DNase eliminou todo o DNA presente nas amostras (Figuras 4, 6, 8 e 9). A maioria dos acessos inoculados com meleira apresentaram uma banda de tamanho de aproximadamente 12 kb, sendo que esses dsRNAs tiveram migração similar aos encontrados em mamoeiros infectados naturalmente pela meleira, com exceção dos acessos CMF 3, CMF 5, CMF 18, CMF 21, CMF 22 (Figura 4), CMF 51, CMF 52, CMF 118 (Figura 5) e controle positivo, CMF 129, CMF 131, CMF 157, CMF 180 (Figura 8).

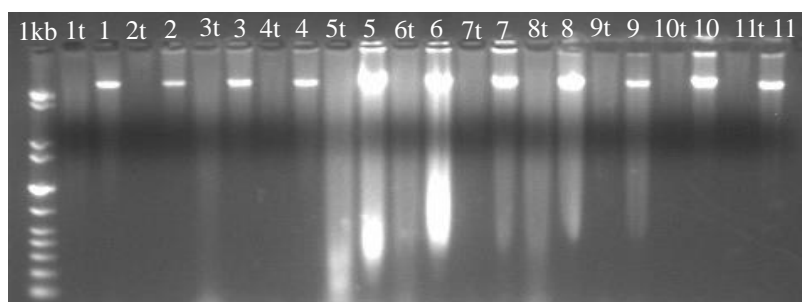


Figura 3. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de acessos de mamoeiros não inoculados, t amostras tratadas com DNase e sem o t não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1 - controle negativo tratado; 2 - Aliança; 3 - CMF 2; 4 - CMF 3; 5 - CMF 4; 6 - CMF 5; 7 - CMF 6; 8 CMF 11; 9 CMF 18; 10 CMF 21; 11 CMF 22.

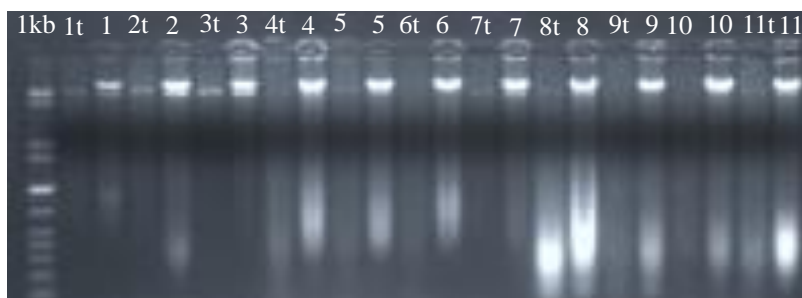


Figura 4. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de acessos de mamoeiros inoculados. (t) - amostras tratadas com DNase e sem o t não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1 - controle positivo para a presença de PMeV com banda de tamanho 12kb pertencente ao vírus; 2 - Aliança cultivar suscetível a meleira; 3 - CMF 2; 4 - CMF 3; 5 - CMF 4; 6 - CMF 5; 7 - CMF 6; 8 - CMF 11; 9 - CMF 18; 10 - CMF 21; 11 - CMF 22.

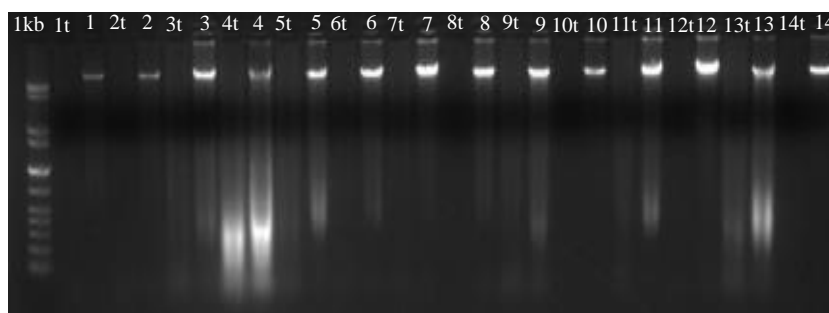


Figura 5. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de acessos de mamoeiros não inoculados, t amostras tratadas com DNase e sem o t amostras não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1 - controle negativo; 2 - CMF 26; 3 - CMF 27; 4 - CMF 35; 5 - CMF 36; 6 - CMF 37; 7 - CMF 50; 8 - CMF 51; 9 - CMF 52; 10 - CMF 54; 11 - CMF 56; 12 - CMF 115; 13 - CMF 116; 14 - CMF 118.

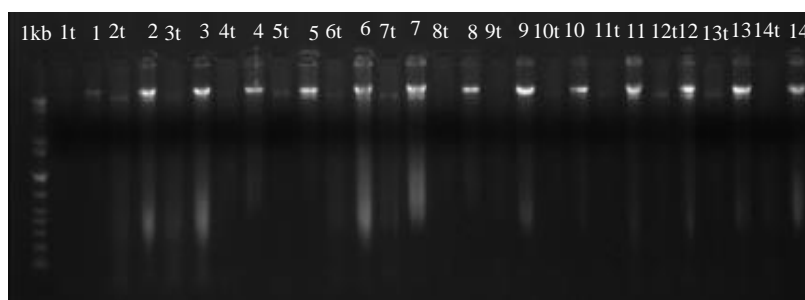


Figura 6. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de acessos de mamoeiros inoculados com meleira. t amostras tratadas com DNase e sem t não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1- controle positivo para a presença de PMeV com banda de tamanho 12kb; 2 - CMF 26 tratada; 3 - CMF 27; 4 - CMF 35; 5 - CMF 36; 6 - CMF 37; 7 - CMF 50; 8 - CMF 51; 9 - CMF 52; 10 - CMF 54; 11 - CMF 56; 12 - CMF 115; 13 - CMF 116; 14 - CMF 118.

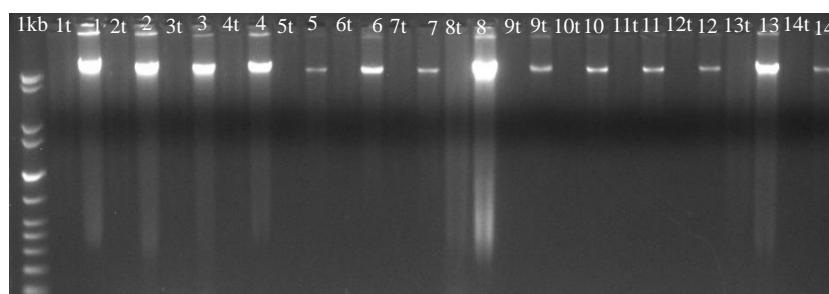


Figura 7. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de acessos de mamoeiros não inoculados. t amostras tratadas com DNase e sem t não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1 - controle negativo; 2 - CMF 120; 3 - CMF 123; 4 - CMF 130; 5 - CMF 128; 6 - CMF 129; 7 - CMF 131; 8 - CMF 145 tratada; 9 - CMF 157; 10 - CMF 166; 11 - CMF 175; 12 - CMF 180; 13 - CMF 183; 14 - CMF 230.

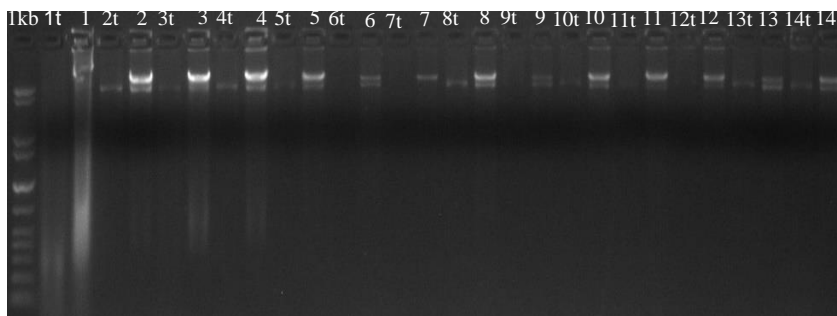


Figura 8. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de acessos de mamoeiros inoculados com meleira. t amostras tratadas com DNase e sem t não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1 - controle positivo para a presença de PMeV com banda de tamanho 12kb pertencente ao vírus; 2 - CMF 120; 3 - CMF 123; 4 - CMF 130; 5 - CMF 128; 6 - CMF 129; 7 - CMF 131; 8 - CMF 145; 9 - CMF 157; 10 - CMF 166; 11 - CMF 175; 12 - CMF 180; 13 - CMF 183; 14 - CMF 230.

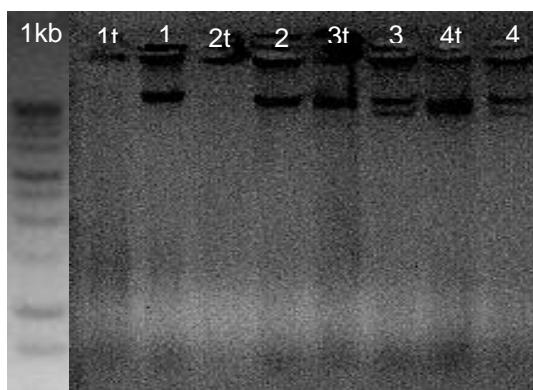


Figura 9. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de acessos de mamoeiros não inoculados e inoculados com meleira. t amostras tratadas com DNase e sem o t não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1 - CMF 232 não inoculado; 2 - CMF 234; 3 - CMF 232 inoculada; 4 - CMF 234 inoculada.

As amostras dos acessos inoculados que não apresentaram banda após tratamento com DNase foram novamente analisadas em eletroforese em gel de agarose sendo observada a presença de banda nas amostras dos acessos CMF 129, CMF 157, CMF 175 e CMF 180 (Figura 10) e no controle positivo e nos acessos CMF 3, CMF 18 e CMF 22 (Figura 11). Não foi constatada a presença de banda nas amostras de plantas inoculadas com meleira dos acessos CMF 5, CMF 21, CMF 51, CMF 52, CMF 118 e CMF 131 (Figura 11). No entanto, a confirmação da infecção destes acessos pelo vírus da meleira se deu por meio da avaliação periódica do látex (Figura 2) e da utilização do glicosímetro (Tabela 2).

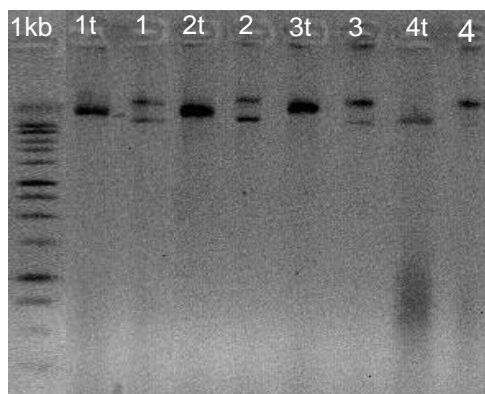


Figura 10. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de acessos de mamoeiros inoculados com meileira. t amostras tratadas com DNase e sem o t não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1 - CMF129; 2 - CMF 157; 3 - CMF 175; 4 - CMF 180.

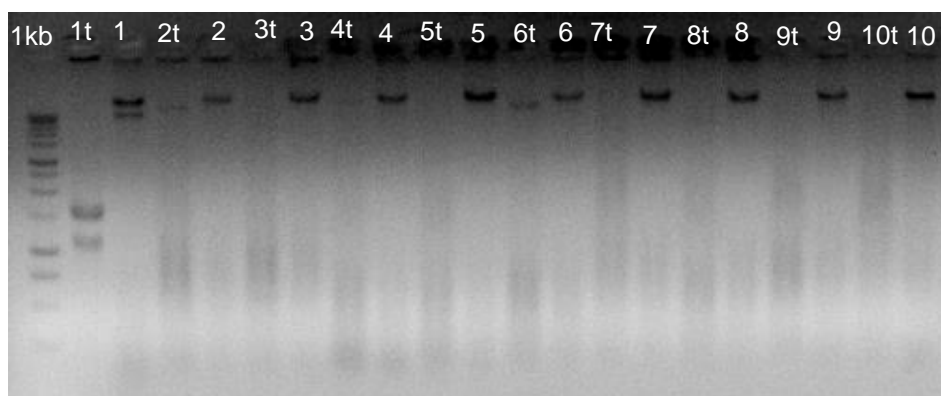


Figura 11. Gel de agarose a 1,5% da extração de dsRNA de acessos de mamoeiros inoculados com meileira. t amostras tratadas com DNase e sem t amostras não tratadas. Marcador 1 kb DNA Ladder. 1 - controle positivo para a presença de PMeV com banda de tamanho 12kb pertencente ao vírus; 2 - CMF003; 3 - CMF005; 4 - CMF018; 5 - CMF021; 6 - CMF022; 7 - CMF051; 8 - CMF052; 9 - CMF 118; 10 - CMF131.

Estes resultados corroboram o observado por Habibe (2003) que avaliou a suscetibilidade de dezesseis acessos de mamoeiro em relação à meileira em campo, dentre eles os acessos CMF 18, CMF 21, CMF 22, CMF 36, CMF 37 e CMF 54 e não encontraram acessos imunes ao PMeV. Contudo, consideraram os acessos CMF 18 e CMF 54 menos suscetíveis ao vírus, levando maior tempo para detecção do dsRNA destes.

Resultados semelhantes foram observados por Meissner Filho et al. (2017) avaliando em campo acessos de mamoeiro, dentre eles o CMF 4, CMF 18, CMF

21, CMF 123 e CMF 234, em que não encontraram acessos imunes ao vírus. Além disso, foi possível observar que a inoculação de mudas em casa de vegetação permitiu obter os mesmos resultados dos materiais colocados a campo para exposição ao vírus, de modo mais rápido e econômico.

Os acessos também foram avaliados quanto ao teor de glicose presente no látex. O aumento na concentração de açúcar em uma planta como resposta à infecção pelo PMeV permite que a infecção viral seja detectada de forma indireta, utilizando um glicosímetro portátil. As mudas inoculadas avaliadas apresentaram leituras elevadas de glicose, indicando que estavam infectadas com a meleira (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios do teor de glicose (mg/dL) avaliados com Glicosímetro em mudas inoculadas com meleira do mamoeiro aos 60 dias após a inoculação (DAI).

Acessos	Teor de glicose (mg/dL)
Aliança (1)	274,00
CMF002	292,50
CMF003	270,00
CMF004	354,50
CMF005	298,50
CMF006	282,00
CMF011	252,50
CMF018	397,50
CMF021	216,00
CMF022	265,00
CMF026	281,50
CMF027	376,50
CMF035	263,00
CMF036	322,00
CMF037	309,00
CMF050	266,50
CMF051	271,50
CMF052	311,50
CMF054	274,50
CMF056	274,00
CMF115	289,00
CMF116	280,50

Continua...

...continuação.

Acessos	Teor de glicose (mg/dL)
CMF118	268,00
CMF120	350,50
CMF123	213,50
CMF128	281,50
CMF129	337,50
CMF130	283,50
CMF131	263,00
CMF145	264,50
CMF157	206,50
CMF166	288,50
CMF172	252,00
CMF175	257,50
CMF180	294,50
CMF183	305,00
CMF230	283,50
CMF232	261,00
CMF234	260,00

O teor de glicose no látex foi superior a 200 mg/dL nas mudas dos acessos que foram inoculados com o vírus da meleira (Tabela 2). Estes resultados confirmam o perfil eletroforético das amostras positivas de cada acesso de mamoeiro inoculadas com a meleira, nas quais foram detectadas o dsRNA (Figuras 4, 6, 8, 9, 10 e 11). Estes resultados corroboram os encontrados no capítulo 3 desta tese em mudas de mamoeiro Aliança inoculados com o vírus da meleira, no qual o teor de glicose no látex das plantas infectadas avaliadas foi superior ao das plantas sadias em todas as leituras, pelo teste F a 5% de probabilidade. Aos 60 dias após a inoculação (DAI) o valor médio do teor de glicose das plantas inoculadas foi de 368,35 mg/dL e o das plantas não inoculadas foi de 151,75 mg/dL, ou seja, as plantas infectadas apresentaram um teor de glicose 242,73% maior do que as não inoculadas.

CONCLUSÕES

1. Não foram encontrados acessos de mamoeiro imunes ao vírus da meleira;
2. A inoculação de mudas de mamoeiro com meleira em casa de vegetação permitiu fazer a avaliação de sua resistência de forma precoce e econômica;

REFERÊNCIAS

- ABREU, P.M.V.; ANTUNES, T.F.S.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIATUSSELL, R.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, A.A.R.; FERNANDES, P.M.B. A Current Overview of the Papaya meleira virus, an Unusual Plant Virus. **Viruses**, **Basel**, v. 7, n. 4, p. 1853-1870, 2015.
- ANTUNES, T.F.; AMARAL, R.J.V.; VENTURA, J.A.; GODINHO, M.T.; AMARAL, J.G.; SOUZA, F.O.; ZERBINI, P.A.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B. The dsRNA Virus Papaya Meleira Virus and an ssRNA Virus Are Associated with Papaya Sticky Disease. **PLoS ONE**, v. 11, e0155240. 2016.
- BARBOSA, C.J.; PATROCÍNIO, E.; HABIBE, T.C.; NASCIMENTO, A.S.; MATRANGOLO, W.J.R. Detecção de formas replicativas de vírus em plantas de mamoeiro inoculadas com látex de plantas infectadas pela meleira. **Biotemas**, v. 3, n. 2, p. 47-53, 2000.
- COSMI, F.C.; ALVES, K. dos S.; MORAES, W.B.; VENTURA, J.A.; MORAES, S. de P.C. B.; MORAES, W. B.; JESUS JÚNIOR, W.C. de. Análise epidemiológica da evolução temporal da meleira do mamoeiro. **Summa phytopathologica**, v. 43, n. 4, p. 303-309, 2017.
- DALTRO, C.B.; ABREU, E.F.M.; ARAGÃO, F.J.L.; ANDRADE, E.C. Genetic diversity studies of Papaya meleira virus. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, n. 1, 2014.
- FAOSTAT. **FAO Statistics**. [S.l: s.n.], 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>>. Acesso em julho de 2020.
- HABIBE, T.C. A meleira do mamoeiro no Trópico Semi-árido. 2003. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) -Produção Agrícola Nacional e Mundial, 2017. www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/mamao/b1_mamao.pdf Acesso em: julho de 2020.
- KITAJIMA, E.W.; RODRIGUES, C.; SILVEIRA, J.; ALVES, F.; VENTURA, J.A.; ARAGÃO, F.J.L.; OLIVEIRA, L.H.R. Association of isometric virus-like particles, restricted to laticifers, with .meleira. (sticky disease) of papaya (*Carica papaya*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 8, p. 118-122, 1993.
- MARTINS, M.V.V.; MEISSNER FILHO, P.E.; LIMA, J.S.; VIDAL NETO, F. das C.; DANTAS, J.L.L. Avaliação de genótipos quanto à resistência ao Vírus da Meleira do mamoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 23., 2014, Cuiabá. **Anais...** Fruticultura: oportunidades e desafios para o Brasil. Cuiabá: SBF. 1 CD-ROM. 2014.

MEISSNER FILHO, P.E.; NETO, F.P.L.; OLIVEIRA, C.L.B. de; SANTANA, S.P.B.; DANTAS, J.L.L. Avaliação da resistência de genótipos de mamoeiro ao vírus da meleira no Semiárido. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2017.

PEREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; CORTES-VELAZQUEZ, A.; QUIJANORAMAYO, A.; NEXTICAPAN-GARCEZ, A.; MARTÍN-MEX, R. First report of papaya meleira virus (PMeV) in Mexico. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 71, p. 13564-13570, 2012.

RODRIGUES, S.P.; CUNHA, M.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Effects of the Papaya meleira vírus on papaya latex structure and composition. **Plant Cell Reports**, v. 28, p. 861-871, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A continuidade e expansão da cultura do mamoeiro dependem do surgimento de novas variedades com resistência as principais doenças que assolam a cultura. Para isso, se faz necessário explorar todo o potencial genético disponível no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da espécie.

Este trabalho foi idealizado com o intuito de avaliar a resistência de acessos de mamoeiro do BAG da Embrapa Mandioca e Fruticultura em relação ao *Papaya ringspot vírus* (PRSV-P) causador da mancha anelar e o Papaya meleira virus (PMeV) causador da meleira, que têm afetado drasticamente a produção do mamoeiro causando mudança constante das áreas de plantio.

Apesar de não terem sido encontrados acessos resistentes às viroses estudadas, foi possível observar para a mancha anelar, diferenças no tempo de aparição dos sintomas e de incidência entre os acessos avaliados sob infecção natural e diferentes níveis de incidência e resistência em casa de vegetação, sendo encontrados acessos promissores para controle dessa virose, que devem ser mais explorados no melhoramento genético da cultura.

Neste estudo, também foi determinado uma correlação entre o nível de glicose no látex e a presença do vírus na avaliação de um método de detecção rápida e precoce da meleira do mamoeiro com a utilização de um glicosímetro portátil. Foi demonstrado que as mudas inoculadas e que foram infectadas pelo PMeV possuíam dsRNA correspondente ao do PMeV, apresentavam um teor de glicose no látex muito superior ao das mudas não inoculadas, o que permitiu identificar precocemente as plantas infectadas. Levando-se em consideração a dificuldade de detecção precoce da meleira, este método pode facilitar o monitoramento do vírus nos pomares, identificando as mudas infectadas antes que sirvam como fonte de inoculo para as plantas saudáveis, assim auxiliando no controle dessa virose.

Apesar de não terem sido identificados acessos com resistência à meleira, há necessidade de continuar a exploração do potencial do BAG em relação à resistência ao PMeV e também de mais estudos do uso do glicosímetro na detecção da mesma, principalmente em campo, afim de aperfeiçoar a sua utilização.

APÊNDICE 1. Incidência (%) de mancha anelar em acessos de mamoeiro do Programa de Melhoramento da Embrapa Mandioca e Fruticultura dos 2 grupos formados pelo método de agrupamento UPGMA no período de abril a dezembro de 2017.

Acesso	Grupo 1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
H10x26	0	0	8	8	13	45	90	100	100
H33x36	0	0	14	14	20	43	88	100	100
H56x52	0	0	11	21	29	38	95	100	100
L45	0	0	83	83	83	46	85	100	100
VIGx54	0	0	8	13	13	34	68	100	100
VIGx78	0	0	13	13	18	30	96	100	100
GOLDEN	0	0	42	42	42	71	96	100	100
H10x83	0	0	5	10	10	74	92	100	100
H26x72	0	0	5	5	10	58	85	100	100
H36x56	0	0	17	21	31	71	92	92	100
H52x54	0	0	42	42	42	63	95	100	100
H52x72	0	0	6	83	83	73	100	100	100
H52x83	0	0	13	13	20	80	100	100	100
H54x74	0	0	28	34	4	73	96	100	100
H56x60	0	0	17	28	39	67	100	100	100
H56x74	0	0	42	21	31	67	83	100	100
H58x74	0	0	42	42	17	65	96	100	100
H60x74	0	0	17	25	25	88	92	100	100
H60x83	0	0	21	21	26	59	89	100	100
H78x84	0	0	14	14	14	64	85	92	100
L36	0	0	13	18	20	73	96	100	100
L54	0	0	17	18	30	83	100	100	100
L60	0	0	21	21	25	83	100	100	100
L72	0	0	42	8	8	71	94	100	100
L74	0	0	23	23	29	83	100	100	100

APÊNDICE 2. Incidência (%) de mancha anelar em acessos de mamoeiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura dos 7 grupos formados pelo método de agrupamento UPGMA no período de abril de 2017 a março de 2018.

Grupo 1												
Acessos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
CMF088	0	0	30	80	78	100	100	100	100	100	100	100
CMF077	0	0	36	55	89	100	100	100	100	100	100	100
CMF078	0	0	27	45	73	91	100	100	100	100	100	100
CMF076	0	0	27	18	55	73	100	100	100	100	100	100
Golden	0	0	29	57	57	100	100	100	100	100	100	100
Rubi	0	0	5	18	33	50	75	84	100	100	100	100
CMF102	0	0	0	18	60	90	80	90	100	100	100	100
CMF108	0	0	0	55	64	80	100	100	100	100	100	100
CMF052	0	0	0	0	91	9	30	100	100	100	100	100
Sunrise	0	0	0	19	37	66	100	100	95	100	100	100
CMF099	0	0	0	14	43	86	71	86	86	100	100	100
CMF114	0	0	0	11	44	67	78	100	100	100	100	100
CMF079	0	0	9	36	55	73	82	80	80	90	100	100
CMF070	0	0	10	40	50	57						
CMF235	0	0	9	18	60	78						
CMF246	0	0	9	36	70	89	71	100	100	100	100	100
CMF090	0	0	10	30	60	100	100	100	100	100	100	100
CMF253	0	0	14	29	57	100	100	100	100	100	100	100
CMF254	0	0	0	22	67	78	100	100	100	100	100	100
CMF092	0	0	0	20	60	80	100	100	100	100	100	100

Grupo 2												
Acessos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
CMF002	0	0	0	0	9	10	0	0	0	0	0	0
CMF003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	9
CMF004	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0
CMF005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CMF006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14
CMF008	0	0	0	0	0	0	10	10	20	60	70	80
CMF011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CMF012	0	0	0	0	0	0	10	0	0	60	70	90
CMF014	0	0	0	0	0	0	20	40	90	100	100	100
CMF015	0	0	0	0	0	0	20	20	60	80	100	100
CMF017	0	0	0	0	0	0	0	0	45	64	100	100
CMF018	0	0	0	0	0	0	0	11	67	78	100	100
CMF020	0	0	0	0	0	0	0	0	20	50	60	80
CMF021	0	0	0	0	0	0	0	0	36	64	91	100
CMF022	0	0	0	0	0	0	0	11	44	56	67	100
CMF023	0	0	0	0	0	0	0	0	18	50	82	100
CMF024	0	0	0	0	0	0	0	10	22	67	100	100
CMF026	0	0	0	0	0	0	0	0	14	57	86	100
CMF027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	36	73
CMF028	0	0	0	0	0	0	0	0	22	22	44	78
CMF030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	63	75

Continua...

...continuação.

Acessos	Grupo 2											
	1 Abr	2 Mai	3 Jun	4 Jul	5 Ago	6 Set	7 Out	8 Nov	9 Dez	10 Jan	11 Fev	12 Mar
CMF031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	80	100
CMF033	0	0	0	0	0	0	0	0	18	27	45	73
CMF035	0	0	0	0	0	0	0	10	50	70	70	100
CMF036	0	0	0	0	0	0	0	0	13	38	43	86
CMF037	0	0	0	0	0	0	0	20	60	80	80	100
CMF038	0	0	0	0	0	0	0	0	10	50	90	100
CMF040	0	0	0	0	0	0	0	17	33	67	100	100
CMF041	0	0	0	0	10	11	11	33	89	100	100	100
CMF044	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
CMF046	0	0	0	0	0	0	0	20	30	70	100	100
CMF047	0	0	0	0	0	0	0	0	25	75	88	100
CMF050	0	0	0	0	0	0	10	60	100	100	100	100
CMF051	0	0	0	0	9	9	9	36	91	100	100	100
CMF054	0	0	0	9	30	50	56	70	70	90	100	100
CMF055	0	0	0	0	0	0	0	75	75	88	100	100
CMF056	0	0	0	0	0	0	10	60	60	80	100	100
CMF058	0	0	0	0	18	40	22	25	25	50	63	88
CMF060	0	0	0	0	18	30	50	100	100	100	100	100
CMF065	0	0	0	0	20	40	50	100	100	100	100	100
CMF066	0	0	0	0	22	22	44	100	100	100	100	100
CMF067	0	0	0	0	38	50	75	100	100	100	100	100
CMF069	0	0	10	10	30	40						
CMF115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CMF116	0	0	9	0	0	0	0	0	0	20	20	20
CMF118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CMF120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11	11
CMF121	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0
CMF123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CMF128	0	0	0	9	9	9	0	0	0	9	18	18
CMF129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	13	25
CMF130	0	0	0	0	0	0	0	0	9	45	50	70
CMF131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	40	60
CMF132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	25
CMF133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	18	36
CMF135	0	0	0	0	0	0	0	0	9	36	73	100
CMF139	0	0	0	0	0	0	0	00	45	64	100	100
CMF142	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	100	100
CMF145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	50	90
CMF146	0	0	0	0	0	0	0	0	36	55	73	100
CMF150	0	0	0	0	0	0	0	0	25	63	75	100
CMF152	0	0	0	0	0	0	11	11	22	33	78	100
CMF154	0	0	0	0	0	0	0	0	36	55	73	91
CMF157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	43	86
CMF164	0	0	0	0	0	0	0	0	22	56	56	89
CMF165	0	0	0	0	0	0	0	0	27	45	50	80
CMF166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	33	83
CMF172	0	0	0	0	0	0	0	0	11	44	50	88
CMF175	0	0	0	0	0	0	11	0	13	38	38	100
CMF176	0	0	0	0	0	0	0	0	29	57	57	86
CMF177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	55	82

Continua...

continuação...

Grupo 2												
Acessos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
CMF180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	67	100
CMF183	0	0	0	0	0	9	0	0	0	43	57	86
CMF185	0	0	0	0	0	0	0	0	27	60	67	100
CMF186	0	0	0	0	0	0	0	0	60	75	100	100
CMF187	0	0	0	0	0	0	0	27	30	60	80	100
CMF188	0	0	0	0	0	0	0	0	33	50	50	100
CMF204	0	0	0	0	0	0						
CMF207	0	0	0	0	0	0	0	38	57	83	100	100
CMF211	0	0	0	0	9	18	0	17	40	80	100	100
CMF219	0	0	0	0	0	10	0	13	38	63	100	100
CMF220	0	0	0	0	0	10	13	14	33	50	83	83
CMF223	0	0	0	0	10	10	0	0	25	50	100	100
CMF230	0	0	0	0	10	20	0	29	100	100	100	100
CMF232	0	0	0	0	11	11	13	50	100	100	100	100
CMF233	0	0	0	18	20	25	67	100	100	100	100	100
CMF234	0	0	0	0	13	17	0	0	100	100	100	100
CMF245	0	0	0	0	27	64	45	55	100	100	100	100
CMF256	0	0	0	9	27	45	73	91	100	100	100	100
Tainung	0	0	0	11	27	39	43	50	50	50	50	50

Grupo 3												
Acessos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
CMF082	0	9	9	45	82	100	100	100	100	100	100	100
CMF087	0	10	40	78	88	100	100	100	100	100	100	100
CMF248	0	18	36	64	82	82	100	100	91	100	100	100
CMF250	0	9	36	60	90	100	100	100	100	100	100	100
CMF251	0	10	36	80	90	90	90	100	100	100	100	100

Grupo 4												
Acessos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
CMF210	9	10	10	10	10	10	0	14	43	71	100	100

Grupo 5												
Acessos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
CMF094	14	14	14	57	57	100	100	100	100	100	100	100
CMF247	9	9	36	45	64	100	100	100	100	100	100	100
CMF252	9	9	27	45	50	67	88	100	100	100	100	100

Grupo 6												
Acessos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
CMF072	22	22	0	0	0	0						

Grupo 7												
Acessos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
CMF249	27	27	45	64	90	100	100	88	100	100	100	100