



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS  
GENÉTICOS VEGETAIS**



**ALÍRIO JOSÉ DA CRUZ NETO**

**EPIDEMIOLOGIA E DANOS CAUSADOS PELA MELEIRA DO  
MAMOEIRO NO ESTADO DA BAHIA E DIVERSIDADE  
GENÉTICA DO *Papaya meleira virus 2* (PMeV2)**

2020

ALÍRIO JOSÉ DA CRUZ NETO

**EPIDEMIOLOGIA E DANOS CAUSADOS PELA MELEIRA DO  
MAMOEIRO NO ESTADO DA BAHIA E DIVERSIDADE  
GENÉTICA DO *Papaya meleira virus 2* (PMeV2)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito para obtenção do título de Doutor em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Alessandra Selbach Schnadelbach (UFBA)

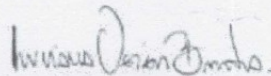
Coorientadora: Dr<sup>a</sup> Cristiane de Jesus Barbosa (Embrapa Mandioca e Fruticultura)

FEIRA DE SANTANA – BA

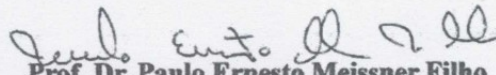
2020



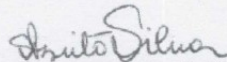
**BANCA EXAMINADORA**



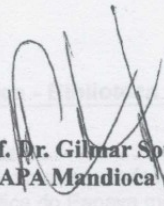
**Profa. Dra. Luciana Veiga Barbosa**  
(Universidade Federal da Bahia)



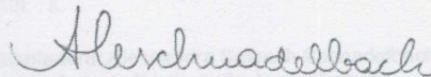
**Prof. Dr. Paulo Ernesto Meissner Filho**  
(EMBRAPA Mandioca e Fruticultura)



**Profa. Dra. Suely Xavier de Brito Silva**  
(Agência de Defesa Agropecuária da Bahia)



**Prof. Dr. Gilmar Souza Santos**  
(EMBRAPA Mandioca e Fruticultura)



**Dra. Alessandra Selbach Schnadelbach**  
Orientadora e Presidente da Banca  
Universidade Federal da Bahia - UFBA

FEIRA DE SANTANA – BA

2020



**Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS**

Cruz Neto, Alírio José da  
C963e Epidemiologia e danos causados pela meleira do mamoeiro no Estado da Bahia e diversidade genética do Papaya meleira vírus 2 (PMeV2) / Alírio José da Cruz Neto. - 2020.  
118f. : il.

Orientadora: Alessandra Selbach Schnadelbach  
Coorientadora: Cristiane de Jesus Barbosa

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Feira de Santana.  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, 2020.

1. Papaya meleira vírus (PMeV). 2. Umbravirus. 3. Mamão. 4. Carica papaya L. I. Schnadelbach, Alessandra Selbach, orient. II. Barbosa, Cristiane de Jesus, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 582.843

**A minha Mãe e Vó Raimunda (*in memoriam*) por toda educação,  
esforço, sacrifício e amor, dedico esta conquista.**

## AGRADECIMENTOS

Ao UNIVERSO provedor de luz e abundância;

Aos meus pais, pelo amor e dedicação. Gratidão eterna minha Mãe, por sempre ser símbolo de Força e Amor;

À minha irmã, por todo amor, inspiração e por me dar mais uma razão para sorrir, minha sobrinha Maria Eduarda;

À minha namorada Neilane por ser Luz nos meus momentos de escuridão e Esperança quando tudo parecia não ter saída;

Aos meus familiares pelo carinho e apoio;

Aos meus amigos e amigas, pelo companheirismo e apoio ao longo da caminhada em Cruz das Almas;

Aos meus Orientadores e Orientadoras: Dra. Cristiane de Jesus Barbosa, Prof<sup>a</sup> Dra. Alessandra Selbach Schnadelbach, Dr. Eduardo Chumbinho, Dra. Áurea Fabiana A. de Albuquerque Gerum, e Dr. Francisco Ferraz Laranjeira pela oportunidade de aprendizado profissional e apoio no desenvolvimento deste trabalho;

Aos colegas da ADAB: Flávia Lopes e Epaminondas Peixoto em Eunápolis, e a pesquisadora da Embrapa Dra. Arlene Maria G. Oliveira, pelo apoio e companhia nas estradas do Extremo Sul;

À Família Coutinho, em especial, à Tia Leci;

Aos amigos e amigas do Laboratório de Biologia Molecular e Virologia;

À Embrapa pelo espaço físico e oportunidade de desenvolvimento deste trabalho;

Aos meus (ex) alunos e alunas por serem minha razão de motivação;

À Direção do Colégio Estadual Ruy José de Almeida (CERJA) pela compreensão durante as minhas ausências;

Aos meus colegas do PPGRGV;

Ao Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais (UEFS), aos coordenadores, professores, funcionários e secretários;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pela concessão da bolsa de Doutorado;

E a todos e todas que de alguma forma contribuíram para realização dessa conquista.



*“Quando a educação não é libertadora, o sonho do oprimido é ser o opressor.”*  
Paulo Freire

## RESUMO

A Bahia destaca-se entre os maiores estados produtores de mamão do Brasil. Entre os fatores limitantes à cultura, destaca-se a meleira do mamoeiro. A meleira é causada pelo Papaya meleira virus (PMeV). Posteriormente, em plantas com sintomas foi identificado um segundo vírus: o Papaya meleira virus 2 (PMeV2). Assim, a doença tem sido designada de Complexo PMeV. Neste sentido, os objetivos deste trabalho foram identificar fatores de risco para meleira do mamoeiro nas condições do extremo sul do estado da Bahia; determinar o padrão espaço-temporal da doença nas condições de cultivo da região; caracterizar o genoma de um isolado do PMeV2; estimar a diversidade genética e as relações filogenéticas existentes entre os isolados do PMeV2 oriundos de pomares da região nordeste do Brasil e conhecer os danos causados pela meleira em cultivo convencional do mamoeiro no extremo sul da Bahia. As análises de risco mostraram que há mais riscos de um pomar consorciado apresentar meleira. Foi observada a agregação de plantas doentes em menos da metade das áreas avaliadas. A análise de áreas isópatas indicou uma tendência para início das epidemias a partir das bordas dos pomares. No entanto, não foram observadas evidências de maior incidência da meleira nas bordas dos pomares ao longo do progresso das epidemias, o que sugere a ocorrência de focos secundários. A sequência obtida neste trabalho, designada de PMeV2-RN, possui 4.435 nucleotídeos e possui cerca de 94% de identidade com o isolado PMeV2-ES do Espírito Santo. A sequência contém duas ORFs preditas em diferentes fases de leitura, a primeira codifica um polipeptídeo de 238 aminoácidos que possui 88% de identidade com a proteína correspondente do PMeV2-ES, e segunda codifica para uma proteína de 473 aminoácidos, que possui 100% de identidade com a proteína referente a RdRp do PMeV2-ES. As análises filogenéticas mostraram maior proximidade entre o isolado PMeV2-ES e os isolados PpVQ e PMeV-Mx do que com o PMeV2-RN, que parece pertencer a uma linhagem distinta deste vírus. A análise das sequências de nucleotídeos dos isolados de diferentes regiões produtoras de mamão do Brasil indicou alto grau de similaridade entre os isolados, que não formaram grupos geograficamente estruturados. Considerando-se o levantamento dos preços médios pagos ao produtor, os indicadores de rentabilidade para o mamão Havaí e Formosa são recomendáveis até 40% de perdas para meleira.

**Palavras-chave:** PMeV, *Umbravirus*, Mamão, *Carica papaya* L.

## ABSTRACT

Bahia stands out among the largest papaya producing states in Brazil. Among the factors limiting the culture, the Papaya sticky disease, or “meleira” stands out. Honeydew is caused by the Papaya meleira virus (PMeV). Later, in plants with symptoms, a second virus was identified: Papaya meleira virus 2 (PMeV2). Thus, the disease has been called the PMeV Complex. In this sense, the objectives of this study were to identify risk factors for papaya honey in conditions in the extreme south of the state of Bahia; determine the spatio-temporal pattern of the disease in the region's cultivation conditions; characterize the genome of a PMeV2 isolate; to estimate the genetic diversity and phylogenetic relationships between PMeV2 isolates from orchards in northeastern Brazil and to know the damage caused by papaya in conventional cultivation of papaya in the extreme south of Bahia. Risk analyzes have shown that there is more risk that a mixed orchard may have meleira. Aggregation of diseased plants was observed in less than half of the evaluated areas. The analysis of isopathic areas indicated a tendency for epidemics to start from the edges of the orchards. However, there was no evidence of a higher incidence of honeydew at the edges of the orchards as the epidemics progressed, which suggests the occurrence of secondary outbreaks. The sequence obtained in this work, called PMeV2-RN, has 4,435 nucleotides and has about 94% identity with the isolate PMeV2-ES from Espírito Santo. The sequence contains two ORFs predicted at different reading stages, the first encoding a 238 amino acid polypeptide that has 88% identity with the corresponding PMeV2-ES protein, and the second encoding a 473 amino acid protein, which has 100% identity with the PMeV2-ES RdRp protein. Phylogenetic analyzes showed greater proximity between the isolate PMeV2-ES and the isolates PpVQ and PMeV-Mx than with PMeV2-RN, which seems to belong to a distinct strain of this virus. The analysis of the nucleotide sequences of the isolates from different papaya producing regions in Brazil indicated a high degree of similarity between the isolates, which did not form geographically structured groups. Considering the survey of the average prices paid to the producer, the profitability indicators for papaya Havaí and Formosa are recommended up to 40% of losses for meleira.

**Keywords:** PMeV, *Umbravirus*, Papaya, *Carica papaya* L.

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ADAB: Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia

ASO: Análise Sequências Ordinárias

B/C: Relação Benefício/Custo

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEDAGRO: Centro de desenvolvimento do Agronegócio

CETAB: Centro Tecnológico Agropecuário do estado da Bahia

COE: O custo operacional efetivo

COT: O custo operacional total

CP: Proteína capsidial (do inglês Capsid protein)

DNA: ácido desoxirribonucleico (do inglês Deoxyribonucleic acid)

dNTP: Desoxirribonucleotídeos Fosfatados

dsRNA: RNA fita dupla (do inglês Double-stranded RNA)

DTT: Dithiothreitol

EDTA: Ácido etilenodiamino tetra-acético (do inglês Ethylenediamine tetraacetic acid)

Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FC: Fluxo de Caixa

g: Grama

GRSV: *Groundnut ringspot virus*

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

mL: Mililitro

M-MLV: murine leukemia virus

MP: máxima parcimônia

MV: verossimilhança

Nm: Nanômetro

Nt: Nucleotídeo

°C: Graus Celsius

OR: *odds ratio*

ORF: Fase de leitura aberta (do inglês Open reading frame)

Pb: Pares de base

PCR: Reação em cadeia da polimerase (do inglês Polymerase chain reaction)

PMeV2: Papaya meleira virus 2

PMeV: Papaya meleira virus

PMeV2-RN: Papaya meleira virus 2 isolado Rio Grande do Norte

PMeV-Mx: Papaya meleira virus isolado mexicano do PMeV

PpVQ: Papaya virus Q, isolado do Equador

PRSV: *Papaya ringspot virus*

RdRp: RNA polimerase dependente de RNA (do Inglês RNA dependent RNA polimerase)

RNA: Ácido ribonucleico (do inglês Ribonucleic acid)

RT: Transcriptase reversa (do inglês Reverse transcriptase)

RT-PCR: Transcrição reversa-Reação em cadeia da polimerase (do inglês Reverse transcription-polymerase chain reaction)

ssRNA: RNA fita simples (do inglês Single-stranded RNA)

TBR: *Tree bisection-reconnection*

TIR: Taxa Interna de Retorno

TJLP: Taxa de Juros de Longo Prazo

TMA: Taxa Mínima de Atratividade

ToSRV: *Tomato severe rugose virus*

NJ: *Neighbour-Joining*

ToYVSV: *Tomato yellow vein streak virus*

UEFS: Universidade Estadual de Feira de Santana

VPL: Valor Presente Líquido

Zso: Índice de Sequências Ordinárias

µm: Micrômetro

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

**Tabela 1.** Relação de propriedades avaliadas na região do extremo sul da Bahia utilizadas para compor a análise de risco. ....50

**Tabela 2.** Áreas mapeadas quanto à incidência da meleira do mamoeiro na região do extremo Sul da Bahia: identificação dos pomares, grupo cultivado e número de plantas avaliadas.....51

**Tabela 3.** Resultados da regressão logística e *Odds ratio* para as variáveis testadas, calculadas a partir da variável dependentes e variáveis independentes. ....53

**Tabela 4.** Índice de agregação geral dos nove pomares, calculado pela análise de sequências ordinárias.....55

**Tabela 5.** Média de incidência da meleira na bordadura e interior calculado a partir do Teste *t* (*student*) dos pomares avaliados.....59

### Capítulo 2

**Tabela 1.** Relação de isolados de Papaya meleira virus 2 (PMeV2) estudados durante o desenvolvimento deste trabalho e suas respectivas localidades. ....75

**Tabela 2.** Nome, sigla, número de acesso, percentual de percentual de identidade genética da sequência viral com a sequência do isolado PMeV2-RN, e classificação taxonômica dos vírus da família *Tombusviridae* utilizados na análise filogenética .....77

**Tabela 3.** Matriz de Percentual de identidade genética entre as sequências de nucleotídeos deduzidos da RdRp de isolados da região nordeste do Brasil, e PMeV-ES, PMeV-Mx e PpVQ..... 85

### Capítulo 3

**Tabela 1.** Coeficientes técnicos para produção de 1 hectare de mamão Havaí (Grupo Solo) irrigado por gotejamento ou microaspersão, com espaçamento em fileira simples 3,0m x 2,0m (1.666 plantas), e produtividade esperada de 15 t/ha no primeiro ano, 65 t/ha no segundo ano e 30 t/ha no terceiro ano. ....107

**Tabela 2.** Indicadores de rentabilidade de um hectare de mamão Havaí (Grupo Solo) irrigado por gotejamento ou microaspersão, com espaçamento em fileira simples 3,0 m x 2,0 m (1.666 plantas), com produtividade esperada de 15 t/ha no primeiro ano, 65 t/ha no segundo ano e 30 t/ha no terceiro ano. ....110

**Tabela 3.** Coeficientes técnicos para produção de 1 hectare de mamão de 1 hectare de mamão Grupo Formosa irrigado irrigado por gotejamento ou microaspersão, com espaçamento em fileira simples de 4,0 m x 2,0 m (1.250 plantas), com produtividade esperada de 25 t/ha no primeiro ano, 100 t/ha no segundo ano e 55 t/ha no terceiro ano. ....111

**Tabela 4.** Indicadores de rentabilidade de um hectare de mamão Grupo Formosa irrigado por gotejamento ou microaspersão, com espaçamento em fileira simples de 4,0 m x 2,0 m (1.250 plantas), com produtividade esperada de 25 t/ha no primeiro ano, 100 t/ha no segundo ano e 55 t/ha no terceiro ano. ....114

**Tabela 5.** Indicadores de rentabilidade de um hectare de mamão Havaí (Grupo Solo) baseados nos índices de plantas erradicadas de 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 60%. ....115

**Tabela 6.** Indicadores de rentabilidade de um hectare de mamão Formosa baseados nos índices de plantas erradicadas de 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 60%. ....116

## LISTA DE FIGURAS

### Referencial Teórico

**Figura 1.** Principais estados produtores de mamão do Brasil (IBGE, 2018). .....22

**Figura 2.** Redução da produção de mamão, em toneladas, durante os anos de 2008 a 2017, no Brasil, na região Nordeste e no Estado da Bahia (IBGE, 2018). .....23

**Figura 3.** Sintomas típicos da meleira, em: A) Exsudação espontânea de látex fluido e aquoso observada na superfície dos frutos; B) manchas zonadas na superfície de frutos; C) Pequenas lesões necróticas nas pontas de folhas jovens. Fotos do Autor. ....24

### Capítulo 1

**Figura 1.** Curvas de progresso da incidência da meleira em plantas de mamoeiro das variedades Formosa e Havaí em função da data de avaliação, localizadas na região do extremo sul da Bahia.....57

**Figura 2.** Áreas isópatas do pomar 1, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Havaí.....59

**Figura 3.** Áreas isópatas do pomar 2, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Formosa.....60

**Figura 4.** Áreas isópatas do pomar 3, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de



plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Formosa.....60

**Figura 5.** Áreas isópatas do pomar 4, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Havaí.....61

**Figura 6.** Áreas isópatas do pomar 5, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Havaí.....61

**Figura 7.** Áreas isópatas do pomar 6, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Formosa.....62

**Figura 8.** Áreas isópatas do pomar 7, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Havaí.....62

**Figura 9.** Áreas isópatas do pomar 8, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Havaí.....63

**Figura 10.** Áreas isópatas do pomar 9, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro –

ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas).  
Grupo do pomar: Formosa.....63

## Capítulo 2

**Figura 1.** A: Representação esquemática da organização genômica do papaya meleira vírus (PMeV2-RN). O ssRNA viral possui duas ORFs em diferentes fases de leitura. A ORF1 codifica para uma proteína hipotética e a ORF2 codifica para uma putativa RdRp.....80

**Figura 2.** Árvore mais verossímil obtida a partir das sequências de nucleotídeos do PMeV2-RN e de espécies da família *Tombusviridae* mostrando as relações filogenéticas entre o PMeV2-RN e vírus relacionados. Valores de *Bootstrap* (em preto) e Probabilidade Posterior (sublinhado e em vermelho) são mostrados nos nós. Os nomes do vírus utilizados na análise e seus respectivos números de acesso no Genbank estão listados na Tabela 2. A barra de escala representa o número de substituições por sítio.....82

**Figura 3.** Gel de agarose 1% mostrando fragmento de 1450pb amplificado em reação de PCR utilizando primers específico para a RdRp do PMeV2. M, marcador de peso molecular 1kb (Invitrogen).....83

**Figura 4.** Dendrograma obtido a partir das sequências de nucleotídeos da região genômica do gene da replicase (PMeV2 RdRp) de isolados da região nordeste do Brasil, baseado no modelo de substituição *p-distance* e algoritmo NJ. Os números acima dos ramos indicam valores de *bootstrap* com 1000 repetições.....86

**Figura 5.** Árvore mais verossímil obtida a partir da análise da região genômica do gene da replicase (PMeV2 RdRp) de isolados obtidos do látex de mamoeiros com sintomas da meleira da região nordeste do Brasil. Os números apresentados nos ramos indicam suporte de *bootstrap* com 1000 repetições. ( $-\ln= 0.597015$ ).....88

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL.....   | 18 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA.....                                      | 21 |
| 2.1 Cultura do mamão: Aspectos gerais e importância econômica..... | 21 |
| 2.2 Meleira do mamoeiro – Novo complexo viral.....                 | 23 |
| 2.3 Transmissão e hospedeiros alternativos.....                    | 26 |
| 2.4 Epidemiologia da meleira.....                                  | 28 |
| 2.5 Manejo e controle.....   | 32 |
| 3 REFERÊNCIAS.....   | 34 |

### CAPÍTULO 1: FATORES DE RISCOS E DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA MELEIRA DO MAMOEIRO NO EXTREMO SUL DO ESTADO DA BAHIA.....44

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....             | 46 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....     | 49 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 52 |
| 4. CONCLUSÕES.....             | 64 |
| 5. REFERÊNCIAS.....            | 65 |

### CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR E ESTUDO DA DIVERSIDADE GENÉTICA DO Papaya meleira vírus 2 (PMeV2) DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL.....71

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....             | 74 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....     | 75 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 79 |
| 4. CONCLUSÕES.....             | 89 |
| 5. REFERÊNCIAS.....            | 89 |

### CAPÍTULO 3: IMPACTOS DOS DANOS CAUSADOS PELA MELEIRA NA RENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE MAMÃO NO EXTREMO SUL DA BA.....94

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 1. INTRODUÇÃO.....             | 96  |
| 2. MATERIAL E METODOS.....     | 98  |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 100 |
| 4. CONCLUSÕES.....             | 103 |
| 5. REFERÊNCIAS.....            | 104 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS.....      | 117 |

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma planta herbácea pertencente à família Caricaceae, originária da América Central, cultivada em regiões tropicais e subtropicais, disseminada praticamente em todo o território nacional (MARIN; SILVA, 1996). Sua importância econômica e social está fundamentada em ser uma das poucas frutíferas capazes de produzir todo o ano. O Brasil se destaca como um grande produtor mundial da cultura, ficando atrás apenas da Índia (FAOSTAT, 2017). A produção brasileira de mamão em 2018 foi de 1.060,392 toneladas cultivadas em 27.250 ha, apenas a região Nordeste contribui com cerca de 53% desta produção total (IBGE, 2018). A Bahia é o maior produtor nacional, com 337.151 toneladas, contribuindo com cerca de 36% da produção nacional (IBGE, 2018). As variedades de mamão mais cultivadas no Brasil são classificadas em dois grupos, o Solo e o Formosa (DANTAS; OLIVEIRA, 2009).

Diversos são os fatores que prejudicam a produção da cultura, promovendo assim grandes perdas na produção, comercialização e exportação de frutos *in natura*. Entre os problemas que limitam a produção do mamoeiro, destacam-se os fitossanitários. Dentre os principais, o vírus da meleira (Papaya meleira virus, PMeV) (ABREU et al., 2015a). O PMeV está entre os patógenos mais importantes para a cultura no Brasil, principalmente para os produtores do Norte do Espírito Santo e Sul da Bahia, causando grandes perdas a cadeia produtiva do mamoeiro (VENTURA et al., 2004).

A meleira do mamoeiro foi primeiramente descrita no Brasil na década de 80 no estado da Bahia. Atualmente, a doença é encontrada em diferentes zonas de cultivo do mamoeiro no país, como o norte do Espírito Santo, Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Minas Gerais (NAKAGAWA et al., 1987; DALTRO et al., 2014). Em 2012 a doença foi também descrita no México, onde se atribuiu o termo “Papaya meleira vírus isolado mexicano” ou “PMeV-Mx” (PEREZ-BRITO et al., 2012). A doença tem etiologia viral e ocorre devido a infecção combinada por dois vírus distintos, o Papaya meleira virus (PMeV) e o Papaya meleira virus 2 (PMeV2) (ANTUNES et al., 2016), e não apenas pela presença do PMeV como apontavam os primeiros estudos. O PMeV constitui-se de um micovírus da família *Totiviridae*, com genoma de RNA de fita dupla (dsRNA) que possui regiões conservadas das RNA polimerase dependente de RNA (RdRp) características desta família (ABREU et al., 2015b), enquanto o PMeV2 constitui um vírus completamente distinto, relacionado a espécies do gênero *Umbravirus*, possuindo genoma de RNA fita simples

(ssRNA) (ANTUNES et al., 2016). Os primeiros sintomas da meleira surgem geralmente seis meses após a germinação, observados pela alteração na forma e na queima das extremidades das folhas novas, e pela presença de manchas claras na superfície dos frutos. Além disso, os frutos das plantas infectadas apresentam exsudação espontânea de látex, que oxida ficando com aparência borrada e melada. A meleira também provoca alteração do sabor dos frutos, que se torna desagradável, impossibilitando o seu consumo e, conseqüentemente, a sua comercialização (RODRIGUES et al., 1989a; RODRIGUES et al., 1989b; HABIBE, 2003; ABREU et al., 2015b).

O método de controle mais eficiente contra a meleira é a prática do *roguing*, ou seja, a eliminação das plantas sintomáticas no campo. Em pomares onde não ocorre esta prática há uma incidência da doença de até 100%, causando perdas totais de rendimento (VENTURA et al., 2003; ABREU et al., 2015a). O patógeno é encontrado em tecidos do caule, do fruto, da folha, do pecíolo e da flor, supostamente associado à maior concentração de laticíferos nessas regiões, facilitando a propagação do vírus pela planta (RODRIGUES et al., 2009a).

A etiologia da meleira foi inicialmente controversa e relacionada a causas abióticas, como o estresse hídrico associado alterações na absorção de cálcio ou boro (NAKAGAWA et al., 1987). Entretanto, os estudos de Kitajima et al. (1993) detectaram a presença de partículas isométricas de vírus presentes no látex extraído de frutos e folhas de plantas com os sintomas, indicando que um agente biótico poderia estar associado à doença. A comprovação da etiologia viral e o postulado de Koch do PMeV foram realizados por Maciel-Zambolin (2000) e Maciel-Zambolin et al. (2003) que detectaram a presença de RNA de fita dupla em tecidos de plantas infectadas e propuseram o nome Papaya meleira virus (PMeV) para o agente causal da doença. Posteriormente, Antunes et al. (2016) levantaram a hipótese e indicação de que em plantas assintomáticas é possível detectar o PMeV, mas somente plantas com dupla infecção dos vírus PMeV e PMeV2 apresentariam sintomas típicos da doença. Considerando esta possibilidade, passou-se a adotar o termo “Complexo da meleira” para designar a doença.

Não existem cultivares resistentes ao complexo viral da meleira. Ademais, trabalhos sobre o conhecimento da diversidade genética deste patógeno poderão ser úteis no desenvolvimento de estratégias de resistência, usando as modernas técnicas de melhoramento como a edição do genoma (ANTUNES et al., 2016).

As medidas de controle utilizadas para a meleira do mamoeiro são as de caráter preventivo, basicamente medidas de exclusão e erradicação de plantas infectadas (CAMARÇO et al., 1998; LIMA et al., 2001). Não há dados sobre os danos econômicos da doença para a cadeia produtiva do mamão no estado da Bahia, que possam respaldar as ações

estaduais, sejam políticas, legislativas ou de defesa fitossanitária para o controle regional da doença da meleira.

Dessa forma, a proposta atende as principais lacunas referente à epidemiologia da doença e os fatores de riscos associados a meleira; estimar a diversidade genética existente entre isolados do Papaya meleira vírus 2 (PMeV2); e determinar os danos econômicos causados pela meleira no Estado da Bahia, que darão respostas para elaboração de mecanismos de controle mais sustentável e economicamente eficiente da doença.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do mamão: Aspectos gerais e importância econômica

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma planta herbácea, pertencente à família Caricaceae; cultivada em regiões tropicais e subtropicais, disseminada praticamente em todo o território nacional. Seu centro de origem é a Bacia Amazônica Superior, onde é encontrada maior diversidade genética (BADILLO, 1993; MARIN; SILVA, 1996).

O mamoeiro apresenta sistema radicular pivotante, o caule é do tipo herbáceo lenhoso, espesso, e na região terminal há um grupo denso de grandes folhas na região apical (BADILLO, 1993). As folhas são do tipo alternas, com pecíolos do tipo fistulosos e cilíndricos. Os frutos apresentam diversos tamanhos e podem ser classificados como ovóides, esféricos ou piriformes (SILVA et al., 2007). Ademais, apresentam grande valor nutricional, pois são ricos em vitaminas C, A e substâncias importantes como a riboflavina, fibras e papaína que é encontrada em elevada concentração nos frutos verdes e auxilia no processo digestivo (KRISHNA et al., 2008).

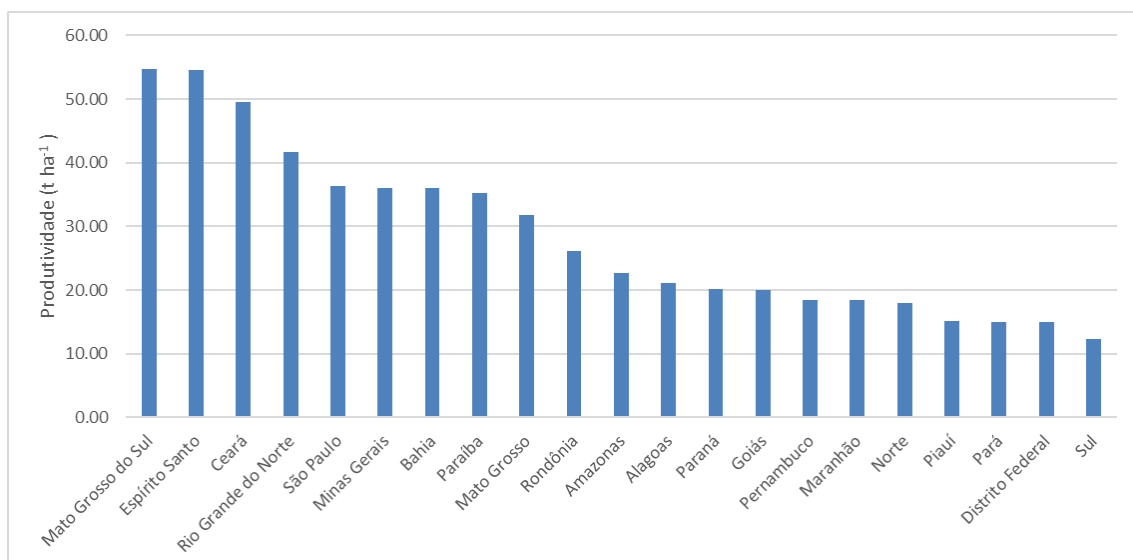
O mamoeiro possui três tipos florais bem distintos: flores masculinas, femininas e hermafroditas (MEDINA; CORDEIRO, 1994). As plantas que apresentam flores hermafroditas são preferíveis para o cultivo, pois produzem frutos de formato alongado, com variações de piriforme a cilíndrica, pequena cavidade interna. Por outro lado, as plantas que apresentam flores femininas produzem frutos arredondados, que têm menor valor comercial (OLIVEIRA et al., 2007).

Por ser uma das poucas culturas capazes de produzir durante todo ano, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, o mamão tem grande importância econômica e social (BADILLO, 2000). As variedades mais cultivadas no Brasil são classificadas em dois grupos: o Solo e o Formosa. As variedades do grupo Solo são representadas pelas linhagens Sunrise Solo e Golden, que apresentam frutos com polpa avermelhada e de tamanho pequeno, e em vista disso são as mais utilizadas para exportação. As variedades do grupo Formosa são mais utilizadas para o mercado nacional e correspondem a um híbrido de primeira geração (F1) (DANTAS; OLIVEIRA, 2009).

A produção desta fruteira concentra-se em seis países: Índia, Brasil, Nigéria, México, Indonésia e República Dominicana, respectivamente (FAOSTAT, 2017). A produção brasileira de mamão em 2018 foi de 1.060,392 toneladas cultivadas em 27.250 ha, na qual a região Nordeste contribui com cerca de 53% da produção total (IBGE, 2018).

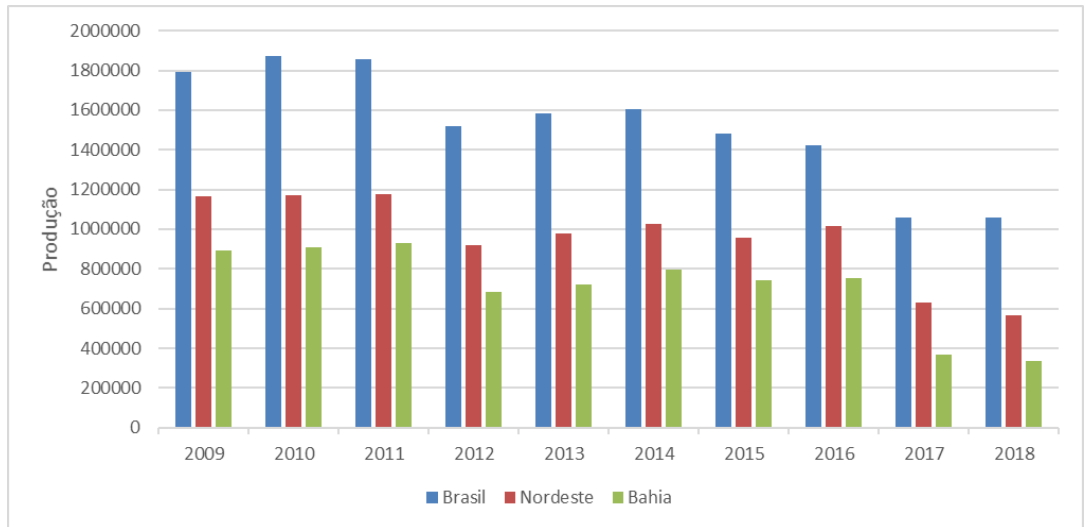
A Bahia destaca-se como a segunda maior produção nacional, com cerca de 337.151 toneladas, contribuindo com 36% da produção, em uma área de 9.363 ha, entretanto apresenta produtividade de 36,01 t ha<sup>-1</sup> ficando atrás do mato Grosso do Sul (54,72 t ha<sup>-1</sup>), Espírito Santo (54,50 t ha<sup>-1</sup>), Ceará (49,50 t ha<sup>-1</sup>), Rio Grande do Norte (41,65 t ha<sup>-1</sup>), São Paulo e Minas Gerais (36,00 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2018). De acordo com dados do IBGE (2018), percebe-se que ao longo de 10 anos houve uma perda de 44% da produção (Figura 2) e 28% na área destinada à colheita de mamão em todo o país.

Um dos principais fatores que acomete a produção de mamão é a alta susceptibilidade às viroses, o que resulta no menor desempenho comercial, podendo chegar à destruição total das plantações infectadas e na má qualidade da fruta (VENTURA et al., 2004). Dentre as viroses destacam-se o vírus da mancha anelar (*Papaya ringspot virus* – PRSV-p) e o vírus da meleira (*Papaya meleira virus* - PMeV) (DANTAS; OLIVEIRA, 2009).



**Figura 1.** Principais estados produtores de mamão do Brasil (IBGE, 2018).





**Figura 2.** Redução da produção de mamão, em toneladas, durante os anos de 2009 a 2018, no Brasil, na região Nordeste e no Estado da Bahia (IBGE, 2018).

### 2.2 Meleira do mamoeiro – Novo complexo viral

Dentre as principais doenças de origem virótica que acometem o mamoeiro destaca-se a meleira (ABREU et al., 2015a). Relatada na década de 80 na Bahia, a doença 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). Fora do país há relatos da presença da meleira apenas no México, apesar de sintomas semelhantes aos da meleira terem sido registrados no Equador, associados ao *Papaya virus Q* (PpVQ) (PEREZ-BRITO et al., 2012; ZAMUDIO-MORENO et al., 2015).



que o  
pelo a  
consi  
sintor  
folhas  
após i  
e alte  
(Figu

**Figura 3.** Meleira do mamoeiro. A) Mamão verde em uma árvore. B) Lesão necrótica em um mamão verde. C) Lesão necrótica em uma folha jovem. Fotos do Autor.

frutos,  
íferos  
r e da  
neiros  
es das  
5 dias  
ponta  
rfície

so  
es

A etiologia da meleira foi inicialmente controversa e relacionada a causas abióticas, como alterações na absorção de cálcio ou boro associadas ao estresse hídrico (NAKAGAWA et al., 1987). Em 1993, foi observada a presença de partículas virais isométricas no látex extraído de frutos e folhas de plantas com os sintomas (KITAJIMA et al., 1993). A associação da doença com um agente viral e o postulado de Koch do PMeV foram realizados por Maciel-Zambolin (2000) e Maciel-Zambolin et al. (2003) que detectaram a presença de RNA de fita dupla em tecidos de plantas infectadas e propuseram o nome Papaya meleira virus (PMeV) para o agente causal da doença. Posteriormente, o dsRNA de 8,8 kb foi sequenciado por Abreu et al. (2015b). A transmissão experimental da meleira mecanicamente, via látex de plantas sintomáticas, permitiu a reprodução da doença experimentalmente, (BARBOSA et al., 1998 e 2000).

O estudo de fragmentos de aproximadamente 560 pares de bases - pb correspondentes a região codificadora da RNA polimerase dependente de RNA (RdRp) do PMeV, obtidos a partir de amostras de látex de mamoeiros com sintomas de meleira nas principais regiões produtoras do Brasil, demonstrou que o PMeV possui similaridade com os *mycovirus* da família *Totiviridae* (ARAUJO et al., 2007). Posteriormente, o sequenciamento completo do genoma de um isolado do PMeV oriundo do Rio Grande do Norte (PMeV-RN) revelou que o genoma deste vírus possui duas regiões de abertura de leitura ou “ORFs” (*Open reading frame*), e que uma delas apresenta as regiões conservadas características das RdRp de *mycovirus* da família *Totiviridae* (DALTRO et al., 2014; ABREU et al., 2015a), corroborando a similaridade do PMeV com os *mycovirus* da família *Totiviridae*.

Em regiões produtoras de mamão do México também foi possível detectar o dsRNA do PMeV em plantas que apresentavam os sintomas característicos da meleira. Após análises do isolado mexicano, denominado PMeV-Mx, foram identificadas duas sequências de 669 pb e 1154 pb. Enquanto o fragmento menor apresentou alta similaridade com regiões correspondentes às RdRp's de vírus de dsRNA da família *Totiviridae*, o fragmento maior mostrou uma similaridade maior com as sequências de RdRp's presentes na família *Umbravirus*, apontando para a presença de um novo complexo viral associado à meleira em plantas infectadas no México (ZAMUDIO-MORENO et al., 2015). Estudos posteriores revelaram que o fragmento maior correspondia a um novo vírus de fita simples (ssRNA), o qual foi nomeado de Papaya meleira virus 2 (PMeV2) embora não tivesse nenhuma relação

com o dsRNA do PMeV, e sim ao PpVQ, outro provável isolado do vírus descrito no Equador (QUITO-AVILA et al., 2015; ANTUNES et al., 2016). Os oligonucleotídeos desenhados para amplificação do isolado mexicano PMeV-Mx foram utilizados posteriormente com sucesso para a amplificar fragmentos do genoma do isolado brasileiro PMeV2-ES (ZAMUDIO-MORENO et al., 2015; ANTUNES et al., 2016).

Comumente, os vírus do gênero *Umbravirus* são dependentes de outros vírus para a formação da cápsula proteica (CP) capaz de encapsidar o seu RNA. Diante disso, estudos realizados por Antunes et al. (2016) indicaram que o PMeV atua como um vírus auxiliar para o PMeV2, e que a CP do PMeV forma partículas virais híbridas encapsidando o ssRNA com tamanho aproximado de 4,5kb do PMeV2. Além disto, acredita-se que o desenvolvimento dos sintomas da meleira estejam associados à presença do PMeV2. Em estudos preliminares, foi verificada uma maior concentração do PMeV2 em plantas sintomáticas em comparação as assintomáticas (ANTUNES et al., 2016), entretanto, não houve diferença na concentração viral do PMeV entre plantas sintomáticas e assintomáticas.

As técnicas moleculares de detecção de plantas infectadas pelo vírus da meleira foram tornando-se cada vez mais eficazes permitindo diagnósticos mais precoces e seguros para a meleira. O primeiro método de detecção baseia-se na extração de PMeV a partir do látex de plantas sintomáticas, porém requer uma grande quantidade de látex e alta carga viral para visualização em gel de agarose, tornando-o inadequado para a detecção na fase inicial da infecção, ou quando apenas uma pequena quantidade do material de planta está disponível (TAVARES et al., 2004; RODRIGUES et al., 2005). Mais tarde, foram propostos dois novos métodos de diagnóstico utilizando-se RT-PCR (PCR com Reação da Transcriptase Reversa) e qRT-PCR (PCR quantitativo em tempo real). Estes métodos permitiram a identificação precoce de plantas infectadas pelo PMeV no campo, antes mesmo de apresentarem os sintomas típicos das doenças. 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 et al., 2013).

A análise da diversidade genética do PMeV em cerca de 30 isolados demonstrou que a região genômica do vírus é bastante conservada indicando que esta região do genoma viral codifica parte importante da proteína RdRp, podendo ser útil no desenvolvimento de estratégias de resistência derivada do patógeno, como a geração de plantas transgênicas e na mitigação da evolução e epidemiologia dos vírus (DALTRO et al., 2014). Trabalhos sobre o conhecimento da diversidade genética deste patógeno poderão ser úteis no desenvolvimento

de estratégias de resistência, usando as modernas técnicas de melhoramento como a edição do genoma (ANTUNES et al., 2016).

A caracterização da diversidade genética do novo vírus PMeV2 associado à meleira do mamoeiro é determinante para o melhor entendimento sobre este patossistema, podendo subsidiar o estabelecimento de métodos diagnóstico e controle mais eficientes e sustentável da doença.

### 2.3 Transmissão e hospedeiros alternativos

Baseado no padrão de dispersão da meleira, Kitajima (1999) sugeriu a existência de um vetor que transmite o vírus de fora para dentro da plantação. Estudos de campo realizados com plantas protegidas e expostas à infecção pelo vírus da meleira sugeriram a associação de um vetor na transmissão da doença, uma vez que as plantas expostas desenvolveram os sintomas típicos e as protegidas não (NASCIMENTO et al., 1998), confirmando a hipótese de que a disseminação do vírus em campo podia estar relacionada a um inseto vetor (MAFFIA et al., 1993).

Diversos trabalhos foram realizados para certificar o envolvimento de insetos com a transmissão do agente da meleira. Ensaio envolvendo a mosca-branca *B. tabaci* biótipo B (*Bemisia argentifolii* Bell. & Perring) indicaram que, em plantas submetidas à infestação com este inseto, foram encontradas partículas com dsRNA do PMeV e ocorreu o aparecimento dos sintomas típicos da meleira após alguns meses de avaliação (VIDAL et al., 2005; HABIBE et al., 2002). Por outro lado, alguns pesquisadores do Espírito Santo trabalharam com a mosca-branca *Trialeurodes variabilis* (Quaintance) (Hemiptera: Aleyrodidae) e evidenciaram que este inseto não era capaz de transmitir a meleira (ANDRADE et al., 2003; LIMA et al., 2003; RODRIGUES et al., 2009b). Outros trabalhos foram desenvolvidos para comprovar o envolvimento de outros insetos como pulgões [*Toxoptera citricidus* (Kirkaldy, 1907) e *Myzus persicae* (Sulzer, 1776)] e cigarrinha [*Empoasca bordia* (Langlitz, 1964)] com transmissão da meleira, mas não encontraram evidências de que estes insetos eram capazes de transmitir o vírus (VIDAL, 2005).

Estudos realizados por Ventura et al. (2003) relacionou a cigarrinha (Hemiptera: Cicadellidae) como potencial inseto vetor do vírus da meleira, visto que sua distribuição do inseto no pomar de mamoeiro estava relacionada a uma maior incidência da doença. Em estudos envolvendo a cigarrinhas *E. bordia* não foi possível comprovar a transmissão do vírus da meleira (VIDAL et al., 2005). A cigarrinha (*Solanasca bordia* Langlitz, 1964) é uma

importante praga do mamoeiro e comum nos estados do Espírito Santo e Bahia (MARTINS; CULIK 2003). Gouvea et al. (2018) encontraram relação positiva entre a flutuação populacional de *S. bordia* com o maior número de plantas afetadas pela meleira.

Recentemente no México foi constatada a capacidade da cigarrinha (*E. papayae* Omã, 1937) em adquirir e transmitir PMeV-Mx, isolado do México, para o mamoeiro (GARCIA-CÁMARA, 2018a). Em vista disso, trabalhos de transmissão ainda necessitam ser realizados com o objetivo de identificar se realmente essas cigarrinhas estão envolvidas na transmissão do vírus da meleira para plantas de mamão. Trabalhos do mesmo grupo de pesquisa mexicano também demonstraram que o PMeV pode ser transmitido por meio de sementes oriundas de plantas com sintomas da meleira (TAPIA-TUSSELL et al., 2014).

Até o momento, pouco se sabe sobre os mecanismos de transmissão do PMeV, bem como o envolvimento de possíveis plantas hospedeiras, que crescem em torno dos pomares, que possam constituir um reservatório do patógeno em campo, o que dificulta o controle efetivo do vírus, que é feito por meio do *roguing* e a prevenção da sua disseminação (VENTURA et al., 2003).

Em pomares de mamão tem sido comprovada a existência de uma ampla gama de plantas invasoras, entre elas as gramíneas que têm potencial de ser hospedeiras do vírus no campo (VENTURA et al., 2003). A importância na investigação destes hospedeiros deve-se ao fato de que os focos iniciais da meleira ocorriam próximo das áreas com gramíneas, o que vem fortalecer a importância destas plantas como um elemento fundamental na epidemiologia dos vírus ao serem fontes de inóculo primário e reservatórios ao longo do tempo (VENTURA et al., 2003).

Em trabalhos para determinar a gama de hospedeiros da meleira, constatou-se a presença de dsRNA do PMeV em amostras de gramíneas das espécies *Trichachne insulares* (L.) Ness (capim-açu) e *Brachiaria decumbens* Stapf, presentes em pomares de mamão afetados pela meleira no Sul da Bahia, porém nenhum sintoma foi observado nestes hospedeiros (BARBOSA et al., 1999). Posteriormente, Maciel-Zambolin et al. (2003) realizaram inoculações mecânicas com látex de mamoeiro infectado pelo vírus da meleira em 47 espécies de plantas. As plantas foram submetidas à extração para detecção do dsRNA do vírus até os seis meses após a inoculação, mas o vírus foi detectado apenas em *C. papaya* e *B. decumbens* (MACIEL-ZAMBOLIM et al., 2003). Trabalhos posteriores confirmaram a suscetibilidade de *B. decumbens*, como também de uma nova espécie de gramínea a *Pennisetum clandestinum* (BENAVIDES et al., 2015). Entretanto, trabalhos ainda devem ser conduzidos no sentido de averiguar a existência de outras espécies hospedeiras.

Relatos na literatura de que o *Papaya ringspot virus* (PRSV), causador da mancha anelar em mamoeiros, foi encontrado também em cucurbitáceas levantou a hipótese de que estas plantas também poderiam ser hospedeiras do PMeV (GIBBS et al., 2008; OLARTE et al., 2011). Sendo assim, Garcia-Camara et al. (2018b) propuseram investigar a ocorrência do PMeV-Mx em pomares de melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.), tendo em vista que esta cultura é encontrada próxima a pomares de mamoeiro. Após testes de inoculação evidenciou-se que a *C. lanatus* foi capaz de hospedar e replicar o PMeV-Mx, causador da meleira (GARCIA-CAMARA et al., 2018b).

Diante disso, trabalhos mais exaustivos são necessários, visando averiguar a possibilidade da existência de outras espécies hospedeiras. Dessa forma, determinar quais são as espécies espontâneas mais frequentes na cultura do mamoeiro, principalmente na região do extremo sul do Estado, é determinante tanto para o manejo como também para o controle da meleira.

## 2.4 Epidemiologia da meleira

A epidemiologia é um ramo da fitopatologia que trata das populações de plantas, dos patógenos e suas dinâmicas. Essas dinâmicas são resultados das interações entre patógenos e hospedeiros, sob a interferência de fatores ambientais e atividades humanas, incluindo o controle das doenças (KRANZ, 1974). Dessa forma, este conceito permite inferir que a epidemiologia é a base para o manejo integrado de uma praga, visto que estão envolvidos todos os elementos de uma doença: patógeno, hospedeiro e o vetor (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 2011).

O estudo do progresso e disseminação de patógenos é fundamental para a correta caracterização de um patossistema. Para uma visão completa da estrutura e comportamento dos patossistemas faz-se necessário o conhecimento aprofundado da dinâmica espaço-temporal, uma vez que esta análise pode auxiliar no desenvolvimento de hipóteses em relação aos aspectos biológicos e ambientais associados à dispersão das doenças (CAMPBELL; MADDEN, 1990). De posse desse conhecimento é possível entender a etiologia, verificar a eficiência de sua dispersão e gerar dados sobre a influência de fatores culturais biológicos e do ambiente na dinâmica populacional da interação patógenos, hospedeiro e ambiente (CAMPBELL; MADDEN, 1990; VIDAL et al., 2004; COSMI et al., 2017), além de estabelecer estratégias de controle da doença e caracterizar os danos ocasionados na produção. Mais que caracterizar, o estudo epidemiológico fornece dados para estabelecer as melhores

estratégias para o controle das doenças, bem como faz-se importante para ampliar o conhecimento de como as doenças se manifestam nos hospedeiros e como outros fatores influenciam em seu desenvolvimento (VIDAL et al., 2004).

A análise curva de progresso temporal tem sido utilizada nos estudos epidemiológicos em virtude de ser a manifestação da doença mais facilmente visualizada. O aspecto temporal é o resultado da dinâmica da doença no tempo e representa o efeito de interações complexas entre hospedeiros, patógenos, ambiente e agricultura (XU, 2006). Através dela, expressões matemáticas podem ser utilizadas para construção de curvas de progresso da doença que permitem prever o padrão da epidemia e interferir na fase mais adequada, com métodos de controle mais eficientes (BERGAMIN FILHO, 1995). Ademais, um dos aspectos mais relevantes da análise temporal de epidemias é a escolha de um modelo apropriado para descrever a curva de progresso da doença.

O padrão espacial da doença origina-se das interações de fatores físicos, químicos e biológicos, e constitui uma ferramenta importante para entendimento da dinâmica de epidemias, revelando a forma como a doença se propaga e ajudando no desenvolvimento de programas de controle (SPARKS et al., 2008). Diferentemente das doenças causadas por fungos ou bactérias, as causadas por vírus, por serem sistêmicas, apresentam maiores diversidades de padrões espaciais. Esses padrões podem variar desde agregados até casos de distribuição ao acaso (CAMPBELL; MADDEN, 1990; MADDEN; HUGHES, 1995). As viroses de plantas não são simplesmente o resultado da interação entre hospedeiro, patógeno e ambiente, mas envolvem um sistema complexo de outros fatores como condições de cultivo, variabilidade do patógeno, presença de vetores, características climáticas e influência humana (BOS, 1982; CHATTERJI; FAUQUET, 2000).

Outra técnica que tem auxiliado os estudos epidemiológicos é a análise da regressão logística. Que se caracteriza por descrever a relação entre uma variável dependente qualitativa binária, cuja resposta possui apenas dois níveis (falha ou sucesso), associada a um conjunto de variáveis independentes qualitativas ou métricas (HOSMER; LEMESHOW, 2000). Dessa forma a regressão logística permite estimar a probabilidade associada à ocorrência de determinado evento em face de um conjunto de variáveis explanatórias. Santana-Filho et al. (2019) utilizaram a regressão logística para testar a hipótese de que a iluminação interfere no desenvolvimento de sintomas para a Sigatoka-amarela da bananeira. Após a análise de regressão foi verificado que o risco de necrose em ambiente não sombreado chegou a 66%. No presente trabalho a regressão logística, foi utilizado para avaliar os fatores de riscos a

associados a presença da meleira com as práticas de cultivo mais comuns em pomares de mamoeiro localizados no extremo sul da Bahia.

A epidemiologia da meleira vem sendo investigada desde a década de 80, quando Rodrigues et al. (1989b), avaliaram pomares de mamoeiro ao Norte do Espírito Santo. As avaliações foram feitas a cada dois meses e após análises dos dados foi verificado que as plantas doentes estavam distribuídas ao acaso, e posteriormente tendiam a agregação. Este fato sugeriu o envolvimento de uma causa biótica na disseminação da meleira.

Posteriormente, Tatagiba et al. (2002), com o objetivo de acompanhar o quadro de evolução sintomatológico da doença relacionado a fatores climáticos, avaliaram plantas infectadas naturalmente entre os meses de março e novembro. Após análises dos dados observou-se que com a redução da temperatura a partir do mês de março, houve um aumento da porcentagem de plantas com necrose nas folhas novas, atingindo o máximo em junho, com 100% de plantas sintomáticas. Ainda Tatagiba et al. (2002) afirmaram que a temperatura influencia na manifestação dos sintomas, havendo necessidade de se ter maior cuidado na erradicação de plantas infectadas pela meleira nos meses mais quentes do ano. Segundo o autor, a ausência de sintomas permite a permanência da planta durante os meses quentes e chuvosos do ano, servindo assim de fonte de inóculo.

O padrão de distribuição espacial da meleira em zonas de trópico úmido e trópico semiárido não mostrou diferenças significativas, sendo as bordas dos talhões as áreas de maior incidência da meleira. Para os autores este resultado indica que a migração de vetores e a transmissão mecânica causada pelos tratos culturais do mamoeiro dentro das linhas de plantio que em outras direções, isso assume um papel importante na disseminação da doença (VIDAL et al., 2004). Esses mesmos autores encontraram presença de focos isolados no interior dos lotes, o que sugere a formação de colônias dos vetores e transmissão planta a planta a partir de inóculo secundário. Maffia et al. (1993), por sua vez, encontraram alta agregação de plantas afetadas pela meleira.

Estudos sobre o progresso da meleira em condições de campo no norte do Espírito Santo mostraram que em áreas cujos produtores empregaram o *roguing* semanalmente a incidência foi reduzida (VENTURA; COSTA 2007). Estes mesmos autores determinaram que o modelo monomolecular melhor se ajustou aos dados da meleira.

Mais recentemente, Cosmi et al. (2017) em trabalhos para verificação da distribuição temporal da meleira no Norte do Espírito Santo também verificaram que os meses mais frios e secos são mais favoráveis ao desenvolvimento da doença, enquanto os mais quentes e chuvosos favorecem a atenuação dos sintomas. Portanto é provável a existência uma relação



positiva entre o período do ano de maior incidência da doença com períodos de baixas precipitações e temperaturas, bem como, a associação do período de maior flutuação do inseto vetor (COSMI et al., 2017).

No México, a distribuição espacial do PMeV-Mx (isolado mexicano) foi estudada e após um ano de avaliação cerca de 80% das plantas foram infectadas nas linhas de plantio indicando assim transmissão mecânica do agente causal da meleira. (MAGAÑA-ALVAREZ, 2013). Dessa forma, os resultados encontrados no México corroboram aos de Ventura et al. (2003) e Vidal et al. (2004), que sugeriram que a meleira era transmitida através dos tratos culturais realizados na cultura e por ferimentos nas plantas após a inoculação de látex contaminado com o vírus. Por esse motivo, podemos concluir que, entre as práticas agrícolas da cultura do mamoeiro, o desbaste de frutas é um dos fatores que pode ser responsável pela maior disseminação da meleira (ABREU et al., 2015a).

Em relação à meleira tais estudos ainda são escassos. Rodrigues et al. (1989b) mostraram que as epidemias começavam de maneira aleatória, mas tendiam à agregação dentro das linhas de plantio. Ventura et al. (2003) realizaram observações em pomares de mamoeiros infectados pelo PMeV que demonstraram distribuição agregada na plantação, ao longo das linhas de plantio, indicando que a transmissão do vírus também ocorre durante os tratos culturais, através de ferimentos nas plantas seguidos de inoculação de látex infectado. Na Bahia, observou-se que as áreas de maior incidência estão concentradas nas bordas dos talhões, o que indica que a migração de vetores assume um papel importante na disseminação da doença (VIDAL et al., 2004).

Apesar de todos os estudos já realizados, trabalhos adicionais devem ser ainda realizados sobre a epidemiologia da meleira, para melhor elucidar este patossistema, principalmente pelo fato de existirem lacunas importantes sobre a sua transmissão e agente causal. O conhecimento sobre a distribuição espacial e temporal da meleira é determinante para adoção de estratégias de prevenção e manejo sustentável da doença.

## **2.5 Manejo e controle**

Uma das principais medidas de controle para as viroses é o desenvolvimento de cultivares resistentes e ou tolerantes, associadas com outras características de interesse como a produtividade e qualidade de frutos. Entretanto, o desenvolvimento de cultivares superiores é árduo, em virtude da natureza poligênica destas características. Programas de melhoramento têm feito estudos com diferentes genótipos de mamoeiro, mas ainda não identificaram a

existência de um cultivar resistente ao PMeV (DANTAS et al., 2002; HABIBE et al., 2002; MEISSNER FILHO et al., 2017).

Outra alternativa é a identificação dos sintomas precocemente e a posterior erradicação das plantas doentes (*roguing*), tem sido a estratégia mais eficiente de controle da doença no campo atualmente. Entretanto, os sintomas somente são visíveis após a floração e, portanto, plantas infectadas podem permanecer no campo constituindo uma importante fonte de vírus (ABREU et al., 2015a). Em pomares localizados ao norte do Espírito Santo que foi aplicado o *roguing* houve uma redução superior a 30% na incidência de plantas doentes em relação às parcelas em que a eliminação das plantas doentes não foi efetuada (VENTURA et al., 2001). Em trabalhos posterior, Ventura et al. (2015) certificaram que a prática do *roguing*, quando empregada adequadamente por todos os produtores, proporciona resultados bastante satisfatórios.

Apesar de se ter pouca informação sobre a forma de transmissão e sobrevivência da meleira, foi proposto um sistema integrado de manejo associado ao *roguing*, constituído das seguintes medidas: a) utilização de mudas certificadas na instalação de novos pomares; b) inspeções semanais nos pomares, eliminando as plantas com sintomas; c) desinfestação das ferramentas agrícolas, especialmente facas e tesouras de poda, utilizados nos processos de desbrota, desbaste de frutos e colheita; d) não abandonar pomares velhos e acometidos pela doença ou outras viroses; e) erradicação de todos os pomares de mamoeiro com mais de 50% de plantas com meleira e/ou outra virose (LIMA et al., 2001).

Diante dos resultados positivos com a prática do *roguing*, e visando a mitigação dos danos causados pela meleira, as legislações vigentes nos estados da Bahia e Espírito Santo exigem que os produtores façam a erradicação das plantas infectadas. A Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, pela Portaria N°134, de 17 de novembro de 1997, determinou a interdição de propriedades no Espírito Santo, quando comprovada a presença de meleira. A Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia, publicou a n° 086, de 17 de abril de 1998, que determina a eliminação dos mamoeiros atacados ou suspeitos do ataque de viroses ou de pragas de etiologia desconhecidas, bem como suas plantas hospedeiras e seus possíveis vetores. Mais recentemente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Secretaria de Defesa Agropecuária, tornou obrigatória a prática do *roguing* para o controle do mosaico e da meleira nas áreas produtoras de mamão que se destinam à exportação, no território nacional (Instrução Normativa n° 17, de 27 de maio de 2010).

Estas exportações foram possíveis em virtude da criação de um programa de redução de riscos de infestação do mamão por moscas das frutas (praga quarentenária), chamado “*systems approach*”, que inclui um conjunto de tecnologias com forte base biológica e ecológica, permitindo a exportação de mamão para os Estados Unidos, principal importador (MARTINS; MALAVASI, 1999). Este sistema reduz consideravelmente os riscos da presença de larvas de mosca das frutas em frutos de mamoeiro dispensando qualquer aplicação de produto fitossanitário pós-colheita para o seu controle (MARTINS; MALAVASI, 1999). Após comprovação científica que os frutos infectados pelo vírus da meleira são mais suscetíveis à infestação por moscas das frutas das espécies *Ceratitis capitata* (Wied.) e *Anastrepha fraterculus* (Wied.) deu-se maior atenção às questões fitossanitária da doença. Isso ocorre porque a mosca da fruta infesta o mamoeiro em estágios avançados de maturidade dos frutos, em razão dos frutos verdes apresentarem concentrações elevadas do ovicida benzilisotiocianato (BITC), mas à medida que eles amadurecem a concentração de BITC decresce, permitindo o desenvolvimento das larvas desta praga (NASCIMENTO et al., 2000). Esta associação exige um rigoroso controle da meleira para se evitar a necessidade de realizar o tratamento pós-colheita dos frutos destinados à exportação, já que esta praga é quarentenária em muitos países.

Importantes lacunas científicas ainda necessitam ser esclarecidas no patossistema do complexo da meleira do mamoeiro, principalmente em relação a sua epidemiologia, à melhor caracterização do PMeV2 e aos danos econômicos decorrentes da doença para a cadeia produtiva do mamoeiro no extremo Sul da Bahia. Essas informações serão necessárias à elaboração de uma estratégia de manejo mais eficiente e sustentável para a doença na região do extremo sul do estado da Bahia, bem como, poderão subsidiar políticas públicas que visem contribuir para o controle da meleira e da disseminação do patógeno para outras regiões produtoras no Brasil.

### 3 REFERÊNCIAS

ABREU, P.; ANTUNES, T. F.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; VENTURA, J. A. A Current Overview of the Papaya meleira virus, an Unusual Plant Virus. *Viruses*, v.7, n.4, p.1853–1870, 2015a. doi: 10.3390/v7041853 PMID: 25856636

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 Virology**, v.160, p.3143–3147, 2015b. doi: 10.1007/s00705-015-2605-x

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.

ADAB. **Portaria nº 178, de 22 de outubro de 1998**. Disponível em: [http://www.adab.ba.gov.br/wpcontent/uploads/2012/12/Legislacao\\_Portaria\\_178\\_mamao.pdf](http://www.adab.ba.gov.br/wpcontent/uploads/2012/12/Legislacao_Portaria_178_mamao.pdf). Acessado em 26 de novembro de 2018.

ANDRADE, J. S.; VENTURA, J. A.; RODRIGUES, S. P.; FERNANDES, P. M. B. TATAGIBA, J. S; COSTA, H. Avaliação de diferentes métodos de inoculação da meleira em plantas jovens de mamão. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.288, 2003. (Suplemento).

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.

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, V. M. *Carica* L vs *Vasconcella* St.-Hil. (Caricaceae), com la rehabilitación de este último. **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.; HABIBE, T. C.; NASCIMENTO, A. S. **Detecção de formas replicativas de vírus semelhantes às da meleira em gramíneas de pomares afetados.** In: Congresso Paulista De Fitopatologia, Jaboticabal:Sociedade Paulista de Fitopatologia, p.27, 1999.

BARBOSA, C. J.; MEISSNER FILHO, P. E.; HABIBE, T. C. A meleira do mamoeiro. **Bahia Agrícola**, v. 2, p. 57. 1998.

BARBOSA, C. J.; PATROCÍNIO, E.; HABIBE, T. C.; NASCIMENTO, A. S.; MATRANGO, W. J. R. Detecção de formas replicativas de vírus em plantas de mamoeiro inoculadas com látex de plantas afetadas pela meleira. **Biotemas**, v. 13, p. 47-53. 1999.

BARBOSA, C. J.; PATROCÍNIO, E.; HABIBE, T. C.; NASCIMENTO, A. S.; MATRANGOLO, W. J. R.; MATRANGOLO, W. J. R. Detecção de formas replicativas de vírus em plantas de mamoeiro inoculadas com látex de plantas afetadas pela meleira. **Biotemas (UFSC)**, v. 13, p. 47-53, 2000.

BENAVIDES, A. V. S.; MARTINS, M. M.; VAZ, A. B.; AMARAL, R. J. V; VENTURA, J. A.; FERNANDES, P. M. B. Avaliação das gramíneas *Brachiaria decumbens* e *Pennisetum clandestinum* como hospedeiras do Papaya meleira virus (PMeV). In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 6, 2015, Vitória, ES. Tecnologia de produção e mercado para o mamão brasileiro: **Anais**. Vitória, ES: INCAPER, 2015.

BERGAMIN FILHO, A. AMORIM, L. Epidemiologia de doenças de plantas. In: AMORIM, L., REZENDE, J. A. M., & BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo, p. 107-117, 2011.

BERGAMIN FILHO, A. Conceitos e objetivos. In: A. BERGAMIN FILHO; H. KIMATI; BOS, L. Ecology and control of virus-induced disease in plants: a critical synopsis. **Advances in Applied Biology**, v. 7, p. 105-173, 1995.

BOS, L. Ecology and control of virus-induced disease in plants: a critical synopsis. **Advances in Applied Biology**, v. 7, p. 105-173, 1982.

CAMARÇO, R. F. E. A.; LIMA, J. A. A.; PIO-RIBEIRO, G. Transmissão e presença em solo do papaya lethal yellowing virus. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 453-458, 1998.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, p. 532, 1990.

CHATTERJI, A.; FAUQUET, C.M. Ecology of plant viruses, with special reference to whitefly-transmitted geminiviruses (WTGs). In: HURST, C.J. (Ed.) **Viral ecology**. San Diego: Academic Press. Chap. 8, p. 321-352, 2000.

COSMI, F. C.; ALVES, K. S.; MORAES, W. B.; VENTURA, J. A.; MORAES, S. P. C. B.; MORAES, W. B.; JESUS JÚNIOR, W. C. Epidemiologic analysis of temporal evolution of papaya sticky disease. **Summa Phytopathologica** v. 43, n. 4, p. 303-309, 2017. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/169330>

DALTRO, C. B.; PEREIRAII, A. J.; CASCARDO, R. S.; ALFENAS-ZERBINI, P.; BEZERRA-JUNIOR, J. E. A.; LIMA, J. A. A.; ZERBINI, F. M.; ANDRADE, E. C. Genetic variability of Papaya lethal yellowing virus isolates from Ceará and Rio Grande do Norte States, Brazil. **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, Fortaleza (CE), 2009.

DANTAS, J. L. L.; HABIBE, T. C.; SILVA, Q. A. Comportamento de genótipos em relação à meleira. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17, Belém-PA: SBF, 2002. **Anais...** Belém-PA: SBF, 2002. (1CD).

FAOSTAT. **FAOSTAT Production 2017**. Available online: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (acessado em 11 de novembro 2018).

GARCIA-CAMARA, G. I. **Evidencia de la transmisión del Papaya meleira virus (PMeV) por insectos en Carica papaya L.** 2018a. Tese de Doutorado. Centro de Investigación Científica de Yucatán.

GARCIA-CAMARA, I.; PEREZ-BRITO, O. A.; MORENO-VALENZUELA, A.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, P. M. B.; TAPIA-TUSSELL, F. R. Molecular and experimental evidence of Watermelon (*Citrullus lanatus*) as host of the Mexican variant of Papaya meleira virus. **European Journal of Plant Pathology**, v.151, p.117-123, 2018b.

GIBBS, A. J. K.; OHSHIMA, M. J.; PHILLIPS, Y.; GIBBS, M. J. The prehistory of potyviruses: their initial radiation was during the dawn of agriculture. **PLoS ONE**, v.3, e2523, 2008.

GOUVEA, R.; ROSA, R.; ALVES, W. D. S.; VITÓRIA, R. Z.; FANTON, C.; MARTINS, D. D. S.; CALATRONI, D. Flutuação populacional de cigarrinhas (Hemiptera: cicadellidae) e ocorrência do vírus da meleira do mamoeiro. In: **SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO**, Vitória, ES. 2018.

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

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

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. **Applied logistic regression**. New York: Wiley & Sons, p. 347, 2000.

IBGE. **Banco de Dados Agregados: produção agrícola municipal**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso: 11 maio de 2020.

KITAJIMA, E. W. Viroses de fruteiras tropicais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, n.1, p. 34-41, 1999.

KITAJIMA, E. W.; RODRIGUES, C. H.; SILVEIRA, J. A.; 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.18, p. 118-122, 1993.

KRANZ, J. Comparison of epidemics. **Annual Review of Phytopathology**, v.12, p. 355-374, 1974.

KRISHNA, K. L.; PARIDHAVI, M.; PATEL, J. U. Review on nutritional and pharmacological properties of Papaya (*Carica papaya* Linn.). **Natural Product Radiance**, v. 7, n. 4, p. 364-373, 2008.

LIMA, R. C. A.; COUTO, A. O. F.; ANDRADE, J. S.; MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A.; TATAGIBA, J. S.; COSTA, H. Flutuação populacional de insetos vetores de doenças do mamoeiro e sua relação com a ocorrência de doenças viróticas. In: MARTINS, D. S. (Ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: INCAPER, 2003. p. 539- 541, 2003.

LIMA, R. C. A.; LIMA, J. A. A.; SOUZA JR, 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 método de diagnóstico por RT-PCR del virus de la meleira de la papaya**. Mx Patent 2012000081A, 2013.

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.



MADDEN, L.V.; HUGHES, G. Plant disease incidence: distributions, heterogeneity, and temporal analysis. **Annual Review of Phytopathology**, v. 33, p. 529-564, 1995.

MAFFIA, L.A.; RODRIGUES, L.A.; VENTURA, J. A. Significância epidemiológica do conhecimento do arranjo espacial de plantas doentes no campo: 1. Meleira do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p.315, 1993. (Resumo)

MAGAÑA-ALVAREZ, A. **Evaluación de la transmisión de Papaya Meleira Virus (PMeV) por Semillas**. Maestría; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.: México, México, 2013.

MARTINS, D. S.; MALAVASI, A. Aplicação do “sistem approach” para exportação de frutas com ênfase para o mamão (papaya) brasileiro. **Exigências Quarentenárias para Exportação de Frutas Tropicais e Subtropicais**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT/CYTED/ CONACYT, p.97-112, 1999.

MARIN, S. L. D.; SILVA, J. G. F. Aspectos econômicos e mercados para a cultura do mamoeiro do grupo Solo na região Norte do Espírito Santo, em 1995. IN: MENDES, L.G., DANTAS, J.L.L. & MORALES, C.F.G. (Eds.). **Mamão no Brasil**. Brasil: Cruz das Almas, p.7-20, 1996.

MEDINA, V.M.; CORDEIRO, Z. J. M. **Mamão para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI. 52p. 1994.

MEISSNER FILHO, P. E.; LIMA NETO, F. P.; OLIVEIRA, C. L. B.; 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.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº 17 de 27 de maio de 2010**. DOU, n. 42, seção 1, maio. 2010.

NAKAGAWA, J.; TAKAYAMA, Y.; SUZUKAMA, Y. Exsudação de látex pelo mamoeiro. Estudo de Ocorrência em Teixeira de Freitas, BA. In: IX **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Campinas-SP, p. 555-559, 1987.

NASCIMENTO, A. S. Transmissibilidade da meleira do mamoeiro. **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**, v. 15, p. 491, 1998.

NASCIMENTO, A. S.; MATRANGOLO, W. J. R.; BARBOSA, C. J.; MARQUES, O. M.; HABIBE, T. C. Associação de Moscas-das-Frutas (Diptera: Tephritidae) com a Meleira do Mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Anais Sociedade de Entomologia do Brasil**, v.29, n. 4, p. 821-825. 2000.

OLARTE, X. A.; FERMIN, G.; TABIMA, J. Phylogeography and molecular epidemiology of Papaya ringspot virus. **Virus Research**, v. 159, p. 132-140, 2011.

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.

PEREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; CORTES-VELAZQUEZ, A.; QUIJANO-RAMAYO, 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.

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.

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. In: **Selecta de Trabalhos sobre a Meleira do mamoeiro**. Linhares, EMCAPA, p. 118, 1989a.

RODRIGUES, C. H.; VENTURA, J. A.; MAFFIA, L. A. Distribuição e transmissão da meleira em pomares de mamão no Espírito Santo. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Fitopatologia**, p. 118, 1989b.

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

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, 2009a.

RODRIGUES, S. 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. 281-283, 2005.

SANTANA-FILHO, D. M.; DA SILVA, M. C.; DE SOUZA, J. T.; CORDEIRO, Z. J.; ROCHA, H. S.; LARANJEIRA, F. F. Illuminance affects epidemiological parameters of banana Yellow Sigatoka in Brazil. **bioRxiv**, p. 828-848, 2019.

SILVA, J. A. T.; RASHID, Z.; NHUT, D. T.; SIVAKUMAR, D.; GERA, A.; SOUZA JR. M.T.; TENNANT, P. F. Papaya (*Carica papaya* L.). Tree and Forestry. **Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 47-73, 2007.

SPARKS, A. H.; ESKER, P. D.; ANTONY, G.; CAMPBELL, L.; FRANK, E. E.; HUEBEL, L.; ROUSE, M. N.; VAN ALLEN, B.; GARRETT, K. A. **Ecology and Epidemiology in R: Spatial Analysis**. 2008.

TAPIA-TUSSELL, R.; MAGAÑA-ALVAREZ, A.; CORTES-VELAZQUEZ, A.; ITZAKUK, G.; NEXTICAPAN-GARCEZ, A.; QUIJANO-RAMAYO, A.; MARTIN-MEX, R.; PEREZ-BRITO, D. Seed transmission of Papaya meleira virus in papaya (*Carica papaya*) cv. Maradol. **Plant Pathology**, v. 64, p.1-4, 2014.

TATAGIBA, J. S.; VENTURA, J. A.; COSTA, H.; COSTA, A. F. Evolução temporal dos sintomas da meleira do mamoeiro associada às condições climáticas. **Fitopatologia Brasileira**, v.17, n. 1, p. 214. 2002.

TAVARES, E. T.; TATAGIBA, J. S.; VENTURA, J. A.; SOUZA J. R. Dois novos sistemas de diagnose precoce da meleira do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**. v. 29, n.5, p.563-566, 2004.

VENTURA, J. A.; MARTINS, D. S.; FERREGUETTI, G. A. Eficiência do roguing como estratégia de manejo da meleira e mosaico do mamoeiro, pp. 1–6. In Martins DS (Ed.), **Anais do Simpósio do papaya brasileiro: tecnologia de produção e mercado para o mamão brasileiro**. INCAPER, Vitória, Brasil (CD ROM). 2015.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. S. Papaya Diseases and Integrated Control. **Diseases of Fruits and Vegetables: Volume II**, p.201–268, 2004. [https://doi.org/10.1007/1-4020-2607-2\\_7](https://doi.org/10.1007/1-4020-2607-2_7)

VENTURA, J. A.; COSTA, H. Epidemias de viroses do mamoeiro. In.: **Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas**, 2, Campos do Jordão: USP-ESALQ, 2007. **Palestras**. Campos do Jordão-SP: ESALQ- USP, p. 58-63, 2007.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. 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: INCAPER, p. 267-276, 2003.

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. Transmissão do vírus da meleira do mamoeiro (*Carica papaya* L.) por insetos. **Magistra**, v. 17, n. 2, p.101-106. 2005.

VIDAL, C. A.; LARANJEIRA, F. F.; NASCIMENTO, A S.; HABIBE, T. C. Distribuição Espacial da Meleira do Mamoeiro em Zonas de Trópico Úmido e Trópico Semi-Árido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n.2, p. 177-182, 2004.

XU, X. Modelling and interpreting disease progress in time. Chapter 8, p.21-238, In: COOKE, B. K.; JONES, D. G.; KAYE, B. **The epidemiology of plant diseases**, 2<sup>nd</sup> Edition, Springer, Netherlands, p. 575, 2006.

ZAMUDIO-MORENO, E.; RAMIREZ-PRADO, J. H.; MORENO-VALENZUELA, O. A.  
Early diagnosis of a Mexican variant of Papaya meleira virus (PMeV-Mx) by RT-PCR.  
**Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 1, p. 1145–1154, 2015.

## **CAPÍTULO 1**

### **FATORES DE RISCOS E DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA MELEIRA DO MAMOEIRO NO EXTREMO SUL DO ESTADO DA BAHIA**

## FATORES DE RISCOS E DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA MELEIRA DO MAMOEIRO NO EXTREMO SUL DO ESTADO DA BAHIA

Alirio Jose da Cruz Neto<sup>1</sup>, Francisco Ferraz Laranjeira Barbosa<sup>2</sup>, Arlene Maria Gomes Oliveira<sup>2</sup>, Alessandra Selbach Schnadelbach<sup>3</sup>, Cristiane de Jesus Barbosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UEFS - Universidade Estadual De Feira de Santana, Feira de Santana, e-mail: alirioneto@hotmail.com;

<sup>2</sup>Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, e-mail: arlene.oliveira@embrapa.br, cristiane.barbosa@embrapa.br; francisco.laranjeira@embrapa.br;

<sup>3</sup>UFBA – Universidade Federal da Bahia, Salvador, e-mail: alessandra.schnadelbach@gmail.com

### RESUMO

A Bahia é o maior produtor de mamão do Brasil, mas tem sua produtividade e rendimento econômicos comprometidos por problemas fitossanitários. Dentre estes, destaca-se os causados por viroses, especialmente a meleira, provocado pelo complexo da meleira formado pelos vírus Papaya meleira vírus (PMeV) e Papaya meleira vírus 2 (PMeV2). O estudo epidemiológico de uma doença é essencial para a correta caracterização de um patossistema. O objetivo deste trabalho foi determinar o risco e o padrão espaço-temporal da meleira nas condições de cultivo da região extremo sul do estado da Bahia. Foi utilizada a regressão logística para identificar os fatores de riscos associados à ocorrência da meleira na região do extremo sul da Bahia. Para o estudo da distribuição espacial, foram aplicadas as seguintes análises: sequências ordinárias; teste t (*student*) e áreas isópatas. Os resultados da regressão logística mostraram que o risco de um pomar apresentar meleira sendo consorciado ou consorciado com a cultura do café é maior do que quando estes fatores estão ausentes. Em geral, a meleira evoluiu lentamente do primeiro até o sexto mês de avaliação, com média de até 17,2% de plantas infectadas no sexto mês e chegando até 88% das plantas infectadas em campo ao final da epidemia. Agregação de plantas doentes foi observada em menos da metade das áreas avaliadas. A análise de áreas isópatas indicou uma tendência para início das epidemias a partir das bordas dos pomares e a presença de focos secundários e isolados da doença.

**Palavras chaves:** Mamão; PMeV; virose; epidemiologia.

## ABSTRACT

Bahia is the largest papaya producer in Brazil, but its economic productivity and yield are compromised by phytosanitary problems. Among these, it is worth mentioning those caused by viruses, especially the Papaya sticky disease or “meleira”, caused by the Meleira complex formed by the Papaya meleira virus (PMeV) and Papaya meleira virus 2 (PMeV2). The epidemiological study of a disease is essential for the correct characterization of a pathosystem. The objective of this work was to determine the risk and the spatio-temporal pattern of the honeydew in the cultivation conditions of the extreme south region of the state of Bahia. Logistic regression was used to identify the risk factors associated with the occurrence of the meleira in the extreme south of Bahia. For the study of spatial distribution, the following analyzes were applied: ordinary sequences; t test (student) and isopathic areas. The results of the logistic regression showed that the risk of an orchard showing meleira being intercropped or intercropped with the coffee crop is greater than when these factors are absent. In general, the meleira evolved slowly from the first to the sixth month of evaluation, with an average of up to 17.2% of infected plants in the sixth month and reaching up to 88% of the infected plants in the field at the end of the epidemic. Aggregation of diseased plants was observed in less than half of the evaluated areas. The analysis of isopathic areas indicated a tendency for epidemics to start from the edges of the orchards and the presence of secondary and isolated foci of the disease.

**Key words:** Papaya; PMeV; plant virosis; epidemiology.

## 1. INTRODUÇÃO

A meleira do mamoeiro é uma das principais viroses que afeta a cultura do mamoeiro no Brasil, principalmente, na região do extremo sul da Bahia, onde está concentrada cerca de 52% da produção baiana (IBGE, 2018). Atualmente, a doença é considerada o maior problema fitossanitário da cultura do mamoeiro neste polo de produção, provocando a redução na área destinada à colheita e a quantidade da fruta produzida ao longo dos anos (MEISSNER FILHO et al., 2017; IBGE, 2018).

A meleira foi relatada no início década de 80 no estado da Bahia, logo se disseminou para os principais polos produtores de mamão do país como Espírito Santo, Ceará, Rio



Grande do Norte, Pernambuco e Minas Gerais. Posteriormente, foi descrita também no México, cujo agente foi designado como Papaya meleira virus, isolado México (PMeV-Mx) (KITAJIMA et al., 1993; PEREZ-BRITO et al., 2012; DALTRO et al., 2014). Os sintomas observados em plantas infectadas tanto no Brasil, como no México são caracterizados, principalmente, por uma exsudação espontânea do látex nos frutos, que dá o aspecto melado ao fruto, manchas zonadas na superfície de frutose pequenas lesões necróticas nas pontas de folhas jovens (VENTURA et al., 2003; ABREU et al., 2015).

O agente causal da meleira é o Papaya meleira virus (PMeV) (Maciel-Zambolin, 2000; Maciel-Zambolin et al., 2003), um vírus de partícula isométrica, composto de RNA de fita dupla (dsRNA), que possui regiões conservadas características da família *Totiviridae* (ABREU et al., 2015). Mais recentemente, foi identificado também em plantas com sintomas, o Papaya meleira virus 2 (PMeV2), um vírus com genoma de ssRNA (ANTUNES et al., 2016). Esses mesmos autores sugerem que em plantas assintomáticas é possível detectar apenas a presença do PMeV, mas somente plantas com dupla infecção com o PMeV e PMeV2 apresentariam sintomas da meleira. Considerando esta possibilidade, passou-se a adotar o termo “Complexo da meleira” para designar a doença (ANTUNES et al., 2016).

No Brasil o PMeV é transmitido mecanicamente e novos resultados confirmam que o Complexo PMeV pode ser transmitido para a geração seguinte através de sementes infectadas (OLIVEIRA, 2019). Existem relatos de sua transmissão por mosca-branca *B. tabaci* biótipo B (*Bemisia argentifolii* Bell. & Perring) (VIDAL et al., 2005). Testes de transmissão com outros insetos como pulgões (Sulzer, 1776)] e cigarrinha *Empoasca bordia* Langlitz, 1964 não tiveram sucesso (VIDAL et al., 2005). Entretanto, no México foi constada a capacidade da cigarrinha (*E. papayae* Omã, 1937) (Hemiptera: Cicadellidae) em adquirir e transmitir o PMeV-Mx para o mamoeiro (GARCIA-CÁMARA, 2018).

O estudo epidemiológico de uma doença é essencial para seu controle. A análise do arranjo espaço-temporal fornece informações para entender a etiologia, verificar a eficiência de sua dispersão e gerar dados sobre a influência de fatores culturais, biológicos e do ambiente na dinâmica populacional da interação patógenos, hospedeiro e ambiente (CAMPBELL; MADDEN, 1990; VIDAL et al., 2004; COSMI et al., 2017). Um dos aspectos relevantes da análise temporal de epidemias é a escolha de um modelo apropriado para descrever a curva de progresso da doença (CAMPBELL; MADDEN, 1990; BERGAMIN FILHO, 1995). Já o estudo do padrão espacial constitui uma ferramenta importante para entendimento da dinâmica de epidemias, revelando a forma como a doença se propaga e ajudando no desenvolvimento de programas de controle (SPARKS et al., 2008). No caso de

viroses, estes padrões são diversos devido ao grande número de vetores e da complexidade das relações vetor-patógeno-hospedeiro-ambiente fazem dos vírus o grupo com maior variedade de padrões espaciais (DELLA VECHIA, 2007).

Um método utilizado para análise espacial de epidemias está baseado no conceito de *quadrats*, unidades de amostragem de plantas doentes. Dessa forma, pode-se lançar mão de diferentes métodos de análise da distribuição espacial, como as áreas isópatas que realçam possíveis diferenças de intensidade da doença dentro de cada parcela, permitindo também a criação de mapas. Essa análise mostra o padrão geral das plantas sintomáticas, delineamento de focos, fonte primária de inóculo e a direção de disseminação da epidemia (VIDAL et al., 2004).

Outra técnica que tem auxiliado os estudos epidemiológicos é a análise da regressão logística. É um recurso que nos permite estimar a probabilidade associada à ocorrência de determinado evento em face de um conjunto de variáveis explanatórias (HOSMER; LEMESHOW, 2000). Embora a regressão logística fosse direcionada para área da saúde humana, eficiência desta técnica viabilizou sua implementação nas mais diversas áreas, inclusive para prever o risco de doenças em plantas (HUGHES et al., 2019). Dessa forma, tornou-se uma poderosa ferramenta para análise de variáveis dicotômicas. Santana-Filho et al. (2019) utilizou a regressão logística para testar a influência da iluminância sobre o interfere nos parâmetros monocíclicos da Sigatoka-amarela da bananeira, como crescimento, esporulação e germinação dos conídios do patógeno.

Alguns estudos foram feitos a fim de investigar a epidemiologia da meleira do mamoeiro. Em estudos sobre a distribuição espacial da meleira, Rodrigues et al. (1989), mostraram que as epidemias iniciaram de maneira aleatória, mas tendiam a agregação dentro da linha de plantio. Maffia et al. (1993), por sua vez, encontraram alta agregação de plantas afetadas pela meleira. Em trabalhos sobre o arranjo temporal da meleira, Tatagiba et al. (2002) detectaram um aumento na percentagem de plantas sintomáticas conforme as temperaturas médias diminuía na região do estudo. Ampliando os estudos sobre a dinâmica espaço-temporal da meleira Vidal et al. (2004) não observaram diferenças significativas na distribuição espacial em pomares localizados em zonas de trópico úmido e trópico semiárido. Observou-se também, que as áreas de maior incidência da meleira concentraram-se nas bordas dos talhões (VIDAL et al., 2004). Estudos mais recentemente realizados no Espírito Santo mostraram que nos meses mais frios e secos são mais favoráveis ao desenvolvimento da doença, enquanto os mais quentes e chuvosos favorecem a atenuação dos sintomas (COSMI et al., 2017).

Este trabalho teve como objetivo identificar fatores de risco para a meleira do mamoeiro e seu padrão espaço-temporal nas condições de cultivo da região do extremo sul da Bahia.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Análise de fatores de risco e regressão logística múltipla

Para o estudo de análise de risco foi feito o levantamento de dados junto a 17 produtores e/ou responsáveis técnicos (RT's) de pomares de mamoeiro localizados na região do extremo sul da Bahia, nos municípios de Eunápolis (7), Porto Seguro (3), Itabela (1), Belmonte (1) e Teixeira de Freitas (5). Este levantamento foi realizado com base nos principais tratos culturais adotados por estes produtores e RT's. Os dados levantados foram utilizados na composição das variáveis categóricas independentes da regressão logística.

A regressão logística múltipla testa uma variável dependente  $Y$  e duas ou mais variáveis independentes, sendo a variável  $Y$  binária, ou seja, assume valor 1 (presença da meleira) e valor 0 (ausência da meleira). As variáveis independentes são também binárias. Assim sendo, a regressão logística múltipla foi usada para modelar os fatores de risco impostos por aquelas variáveis na ocorrência dos eventos de interesse. A variável de interesse foi presença da meleira codificada da seguinte forma: (1) presença da meleira; (0) ausência da meleira. Desse modo, a variável dependente foi modelada em função das seguintes variáveis categóricas independentes: presença de pastagem antes do preparo do solo; presença do café antes do preparo do solo; grupo de mamão utilizado (Formosa ou Havaí); consorciação; consórcio com café; adubação; tipo de irrigação; histórico da ocorrência da meleira no pomar (tabela 3). As interpretações foram feitas avaliando-se os resultados da *odds ratio* (OR), o qual calcula a vantagem ou desvantagem de um dos eventos (sucesso) em relação ao outro. O programa utilizado foi o *software* BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2007).

**Tabela 1.** Relação de propriedades avaliadas na região do extremo sul da Bahia utilizadas para compor a análise de risco.

| <b>Propriedade</b>            | <b>Localização</b>  |
|-------------------------------|---------------------|
| <b>Fazenda Noronha</b>        | Porto Seguro        |
| <b>Fazenda Ipiranga</b>       | Eunápolis           |
| <b>Fazenda Três irmãos</b>    | Eunápolis           |
| <b>Fazenda Acácia</b>         | Eunápolis           |
| <b>Fazenda Lagoa do Coco</b>  | Eunápolis           |
| <b>Fazenda Esperança</b>      | Itabela             |
| <b>Fazenda Novo Acordo.</b>   | Eunápolis           |
| <b>Fazenda Santa Clara</b>    | Eunápolis           |
| <b>Fazenda Santa Efigênia</b> | Porto Seguro        |
| <b>Fazenda Vithara</b>        | Porto Seguro        |
| <b>Fazenda Florianópolis</b>  | Belmonte            |
| <b>Fazenda Dois Irmãos</b>    | Eunápolis           |
| <b>Fazenda Novo Horizonte</b> | Teixeira de Freitas |
| <b>Fazenda Santa Expedito</b> | Teixeira de Freitas |
| <b>Fazenda Apolasa</b>        | Teixeira de Freitas |
| <b>Fazenda Primavera</b>      | Teixeira de Freitas |
| <b>Fazenda Saudade</b>        | Teixeira de Freitas |

## 2.2. Análise espaço temporal e áreas isopatas

Para o estudo de distribuição espacial e temporal da doença foram demarcados em nove pomares cerca de 500 plantas (20 linhas x 25 plantas) em plantios comerciais localizados no extremo sul da Bahia, abrangendo os municípios de Eunápolis e Itabela (Tabela 2). Estes pomares foram demarcados contendo plantas no início da produção, entre oito e nove meses após o plantio, em pomares com ocorrência da meleira. Todas as plantas de cada pomar foram avaliadas mensalmente de maio de 2016 a abril de 2017. As avaliações foram feitas percorrendo toda a área demarcada, anotando-se registrando-se plantas com sintomas da meleira. Foram consideradas como plantas infectadas aquelas que apresentavam frutos com exsudação espontânea do látex e folhas do ápice com as pontas necrosadas. Através da distribuição de plantas doentes representadas nos mapas obtidos nas avaliações, foram elaborados mapas para cada pomar considerando uma matriz X, Y e Z; onde X e Y

correspondem à posição do *quadrat* dentro da parcela e Y, aos valores da incidência de plantas doentes em cada *quadrat*. Para a análise de áreas isopatas, cada pomar foi subdividido em *quadrat* de tamanho 4 plantas x 5 linhas (totalizando 20 plantas dentro de cada *quadrat*). Após a elaboração das matrizes, as áreas isópatas de cada parcela foram geradas por computador com auxílio do programa SIGMAPLOT versão 10.0 (Systat Software Inc., San Jose, Califórnia, EUA).

**Tabela 2.** Áreas mapeadas quanto à incidência da meleira do mamoeiro na região do extremo Sul da Bahia: identificação dos pomares, grupo cultivado e número de plantas avaliadas.

| Local       | Identificação dos pomares | Grupo   |
|-------------|---------------------------|---------|
| Eunápolis 1 | 1                         | Havaí   |
|             | 2                         | Formosa |
| Eunápolis 2 | 3                         | Formosa |
|             | 4                         | Havaí   |
| Itabela 1   | 5                         | Havaí   |
| Itabela 2   | 6                         | Formosa |
| Eunápolis 3 | 7                         | Havaí   |
| Eunápolis 4 | 8                         | Havaí   |
| Eunápolis 5 | 9                         | Formosa |

### 2.3. Análise Sequências Ordinárias (ASO) e Teste t (*student*)

Os *quadrats* utilizados nas áreas isopatas foram utilizados para compor a análise das sequências ordinárias, pois não foi possível a modelagem planta a planta, em virtude das falhas proporcionadas pelo *roguing*. Adotou-se a análise de sequências ordinárias para averiguar se o agrupamento de plantas infectadas sugere disseminação *quadrat a quadrat* do patógeno. Considera-se para isto, uma sequência de um ou mais símbolos idênticos, seguidos ou precedidos por um símbolo diferente ou nenhum símbolo (GIBBONS, 1976). Por exemplo, se tivermos um conjunto (DDSSSDSDSDSSSDDDD), em que D represente uma planta doente e S, uma sadia, podemos dizer que esse conjunto possui nove sequências ordinárias (LARANJEIRA, 2002). Para essa análise, a hipótese nula foi a de que um dado conjunto ordenado de símbolos (plantas infectadas) está distribuído de forma aleatória. As plantas infectadas agrupadas foram consideradas como a hipótese alternativa (MADDEN et

al., 1982). Sob a hipótese de aleatoriedade, o número esperado (E) de sequências ordinárias SO), o desvio padrão de SO (sso) e o SO padronizado (Zso) são obtidos, respectivamente, por:

$$E( SO ) = 1 + 2m( N - m ) / N$$

$$sso = ( 2.m ( N - m ) [ 2m ( N - m ) - N ] / [ N^2 ( N - 1 ) ] )$$

$$Zso = [ SO + 0,5 - E( SO ) ] / sso$$

Em que:

m = número observado de plantas doentes

N = número total de plantas da quadra.

Quanto mais agrupadas estiverem as plantas infectadas, mais negativo será o valor de Zso (LARANJEIRA, 2002). A significância considerada nas análises foi de 5%. Valores de Zso iguais ou inferiores a -1,64 indicam agrupamento de plantas infectadas. Já valores superiores a -1,64 indicam arranjo ao acaso das plantas doentes. A premissa básica para o uso desta análise foi a de que agrupamento significativo de plantas infectadas indica que o patógeno está se disseminando predominantemente de planta a planta (BARBOSA, 2000; VIDAL et al., 2004). As incidências do interior e bordadura das quadras avaliadas foram calculadas por meio do Teste t (*Student*) a 5% de probabilidade de erro.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise dos fatores de risco

A regressão logística foi usada para modelar os riscos impostos por aquelas variáveis na ocorrência do evento de interesse. Esta técnica foi utilizada para entender os riscos associados à presença da meleira aos tratos culturais adotados para pomares de mamoeiro. Verificou-se que as variáveis independentes analisadas: Presença de pasto antes do preparo do solo; Presença do café antes do preparo do solo; Grupo utilizado é Formosa; Grupo utilizado é Solo; A adubação com base na análise de solo; É irrigado; A irrigação é tipo gotejamento; A irrigação é tipo aspersor; Já houve plantio anterior de mamão na mesma área; a regressão logística múltipla não foi significativa, exceto para as variáveis independentes que expressam sobre a existência de consórcio e se a cultura é consorciada com a cultura do café. Estas variáveis foram significativas a 5% de probabilidade (Tabela 3). Para se calcular o risco de

um pomar de mamão apresentar a meleira em relação às variáveis categóricas foi feito baseado nos resultados da *odds ratio* (OR), o qual calcula a vantagem ou desvantagem de um dos eventos (sucesso) em relação ao outro. Diante disso, o risco de um pomar apresentar meleira sendo consorciado ou consorciado com café foi de 61.117 e 52.386 vezes maior, respectivamente, do que quando estes fatores estão ausentes.

**Tabela 3.** Resultados da regressão logística e *Odds ratio* para as variáveis testadas, calculadas a partir da variável dependentes e variáveis independentes.

| Variáveis Independentes                             | P-Valor              | Equação Logística                | Odds Ratio |
|---|----------------------|----------------------------------|------------|
| Presença de pasto antes do preparo do solo.         | 0.8228 <sup>ns</sup> | Logit Pi = 1.0986 - (0.288 X1)   | ns         |
| Presença do café antes do preparo do solo.          | 0.3954 <sup>ns</sup> | Logit Pi = 0.7885 + (10.4144 X1) | ns         |
| Grupo utilizado é Formosa.                          | 0.1255 <sup>ns</sup> | Logit Pi = 0.5878 + (10.6151 X1) | ns         |
| Grupo utilizado é Solo.                             | 0.3954 <sup>ns</sup> | Logit Pi = 11.2029 - (10.414 X1) | ns         |
| É consorciado?                                      | 0.0197*              | Logit Pi = 0.1823 + (11.0206 X1) | 61117.39   |
| É consorciado com café?                             | 0.0382*              | Logit Pi = 0.3365 + (10.8664 X1) | 52386.33   |
| A adubação com base na análise de solo?             | 0.1255 <sup>ns</sup> | Logit Pi = 11.2029 - (10.615 X1) | ns         |
| É irrigado?   | 0.8707 <sup>ns</sup> | Logit Pi = 0.6931 + (0.2231 X1)  | ns         |
| A irrigação é tipo gotejamento?                     | 0.7943 <sup>ns</sup> | Logit Pi = 0.6931 + (0.2877 X1)  | ns         |
| A irrigação é tipo aspersor?                        | 0.8707 <sup>ns</sup> | Logit Pi = 0.9163 - (0.223 X1)   | ns         |
| Já houve plantio anterior de mamão na mesma área?   | 0.7058 <sup>ns</sup> | Logit Pi = 1.0986 - (0.406 X1)   | ns         |
| Já houve plantio anterior de mamão em área próxima? | 0.4896 <sup>ns</sup> | Logit Pi = 1.2528 - (0.742 X1)   | ns         |

ns (não significativo)

Na região do extremo sul da Bahia o mamoeiro tem sido consorciado com culturas permanente como o café, com o objetivo de amenizar o custo de implantação destas lavouras, uma vez que controle de plantas daninhas, a adubação e a irrigação são comuns às culturas consorciadas (MARTINS et al., 2003). Os resultados aqui apresentados demonstram que o consórcio entre as culturas do café e mamão deve ser mais bem investigado em relação à meleira. Em pomares consorciados há uma maior densidade de plantas por área, que pode influenciar no incremento da população de insetos e vetores da meleira. Assim, como já apontado por Vidal et al. (2004), quanto maior a densidade de plantas numa dada área, maior a probabilidade de aumento populacional do inseto vetor da meleira, maior a fonte de alimentação e, portanto, maior a probabilidade de transmissão do vírus.

Em estudos sobre a população de cigarrinhas presentes em pomares de cafeeiro no Espírito Santo, foram encontradas cerca de 21 espécies de cigarrinhas (CARVALHO et al., 2015). O fato da cultura do cafeeiro ser uma boa hospedeira para diferentes espécies de cigarrinhas, aliado a relatos de que estes insetos possam transmitir a meleira (VENTURA et al., 2003; VENTURA; COSTA, 2007; GARCIA-CÁMARA, 2018; GOUVEA et al., 2018), poderiam explicar o incremento do risco de ocorrência da doença em pomares consorciado com o cafeeiro observados neste estudo.

Outro aspecto a ser considerado sobre o aumento da densidade de plantas dentro do pomar, em decorrência do consórcio, também possa levar ao aumento de fonte de inóculo adicionais, devido ao incremento de hospedeiros alternativos, ainda não conhecidos para meleira. Embora não haja relatos do cafeeiro como hospedeiro alternativo para o PMeV e/ou PMeV-2, os resultados aqui apresentados indicam que essa possibilidade deve ser investigada, bem como a possibilidade desta e outras culturas consorciadas incrementarem a população de possíveis insetos vetores da meleira. Existem muitos relatos de que o consórcio possa incrementar a incidência de plantas afetadas por viroses em muitas culturas (BOUDREAU, 2013). Como exemplo do amendoim consorciado com feijão-verde, feijão preto e soja, que foi possível observar um aumento na incidência da necrose da gema do amendoim, causada pelo vírus da necrose do broto do amendoim (*Peanut bud necrosis virus*. PBNV) (GOPAL et al., 2010). Bem como, em tomateiro, onde o consórcio envolvendo couve, cebola, milho e tomate, incrementou o número de plantas infectadas, pelo vírus do vira-cabeça do tomateiro (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV) (RAMKAT et al., 2008).

### **3.2. Análise Sequências Ordinárias (ASO)**

Observou-se uma tendência à aleatoriedade dos pomares avaliados na disseminação do patógeno (Tabela 4). Nos pomares 2, 5, 6 e 7 houve uma avaliação com índice menor que -1,64, ou seja, indicando agregação, mas que se mostrou ocasional, não denotando uma tendência. Arranjos agregados de plantas doentes indicam que a disseminação ocorreu planta a planta ou que o inóculo estava concentrado no mesmo local. Enquanto arranjos aleatórios encontrados neste trabalho indicam que o patógeno não tenha sido disperso de um *quadrat* para outro, supondo que a transmissão da doença não ocorre a curtas distâncias (CAMPBELL et al., 1984). Ademais, arranjos aleatórios indicam que o agente causal da doença é oriundo de fontes distantes da cultura ou de material de plantio infectado (SILVA et al., 2015).



Trabalhos iniciais sobre o padrão de dispersão da meleira realizados por Rodrigues et al. (1989), no norte do Espírito Santo mostraram que plantas doentes estavam distribuídas ao acaso e, posteriormente, tediavam a agregação. Estes resultados iniciais foram corroborados posteriormente por Maffia et al. (1993) e Vidal et al. (2004), que também observaram agregação de plantas doentes nas linhas de plantio, sugerindo que a meleira era transmitida através dos tratos culturais realizados na cultura. No México, a distribuição espacial da meleira foi também estudada e, após um ano de avaliação, cerca de 80% das plantas foram infectadas nas linhas de plantio, indicando assim transmissão mecânica do agente causal da meleira por tratos culturais. (MAGAÑA-ALVAREZ, 2013).

Em trabalhos com o vírus causador do vira-cabeça do fumo (*Groundnut ringspot virus*, GRSV), Silva et al. (2001) verificaram também a presença do arranjo aleatório de plantas doentes e baixo percentual de agregação nas linhas de plantios. Estes autores atribuíram estes resultados a influência que os arranjos espaciais sofrem pela interação de vários fatores, incluindo o ambiente, e possíveis vetores.

Tabela 4. Índice de agregação geral dos nove pomares, calculado pela análise de sequências ordinárias.

| Pomar   | Período das avaliações |              |              |        |              |              |        |        |        |        |
|---------|------------------------|--------------|--------------|--------|--------------|--------------|--------|--------|--------|--------|
|         | mai/16                 | jun/16       | jul/16       | ago/16 | out/16       | nov/16       | dez/16 | jan/17 | fev/17 | abr/17 |
| Pomar 1 | 0.01                   | -0.34        | 1.24         | 0.33   | -0.17        | -0.17        | 0.00   | -      | -      | -      |
| Pomar 2 | <b>-1.83</b>           | -0.34        | -0.45        | 1.41   | 1.41         | 0.00         | -      | -      | -      | -      |
| Pomar 3 | -                      | -            | -            | -      | -            | -1.58        | 0.00   | 0.00   | -      | -      |
| Pomar 4 | -                      | -            | -            | -      | -            | -0.33        | -0.18  | -0.64  | -0.35  | 2.14   |
| Pomar 5 | -                      | <b>-3.40</b> | -0.92        | -0.34  | <b>-1.79</b> | 0.98         | 1.28   | -      | -      | -      |
| Pomar 6 | -                      | -1.83        | -0.96        | -0.92  | -0.30        | <b>-2.86</b> | -      | -      | -      | -      |
| Pomar 7 | -1.55                  | -1.55        | <b>-3.40</b> | -0.64  | -1.63        | -            | -      | -      | -      | -      |
| Pomar 8 | -0.96                  | -0.30        | -0.30        | 1.24   | 0.79         | 1.26         | -      | -      | -      | -      |
| Pomar 9 | 2.14                   | 0.73         | -0.18        | 0.00   | -            | -            | -      | -      | -      | -      |

Os índices sublinhados indicam significância a 5% de probabilidade. (-) indica análise não realizada.

Considerando a possibilidade de transmissão da meleira por espécies de mosca-branca ou por cigarrinhas, o padrão de dispersão aleatório determinado neste trabalho está mais associado àqueles descritos para doenças transmitidas por cigarrinhas, como da clorose variegada do citrus (CVC) (LARANJEIRA et al., 2004). Assim, o padrão de dispersão aleatório reforça a hipótese de que cigarrinhas possam ser vetores do PMeV, como foi

relatado recentemente para *E. papayae* no México (GARCIA-CÁMARA, 2018). As cigarrinhas também são vetores potenciais de fitoplasmas que causam doenças no mamoeiro (CULIK; MARTINS; VENTURA, 2003).

No Brasil, apesar da transmissão da meleira por espécies de cigarrinhas não ter sido ainda esclarecida (VIDAL et al., 2005), existem trabalhos que indicam esta possibilidade. Lima et al. (2003) obtiveram relação positiva entre plantas erradicadas com sintomas de meleira e a população de cigarrinhas nos pomares. Posteriormente, Ventura e Costa (2007) também observaram alta correlação entre a população de Cicadellidae e a incidência de meleira. Estudos realizados por Ventura et al. (2003) relacionou a cigarrinha (Hemiptera: Cicadellidae) como potenciais insetos vetores do agente da meleira, visto que sua flutuação no pomar está relacionada com a maior incidência da doença. Gouvea et al. (2018) encontraram relação positiva entre a flutuação populacional de *Solanasca bordia* com o número de plantas afetadas pela meleira em pomares no Espírito Santo. Por outro lado, o padrão espacial de doenças transmitidas por mosca-branca é densamente agregado (COSMI et al., 2017). Pesquisas de monitoramento da evolução da meleira em lavouras de mamão mostraram que o progresso da doença não segue o mesmo padrão da flutuação da população de mosca-branca (ANDRADE et al., 2003).

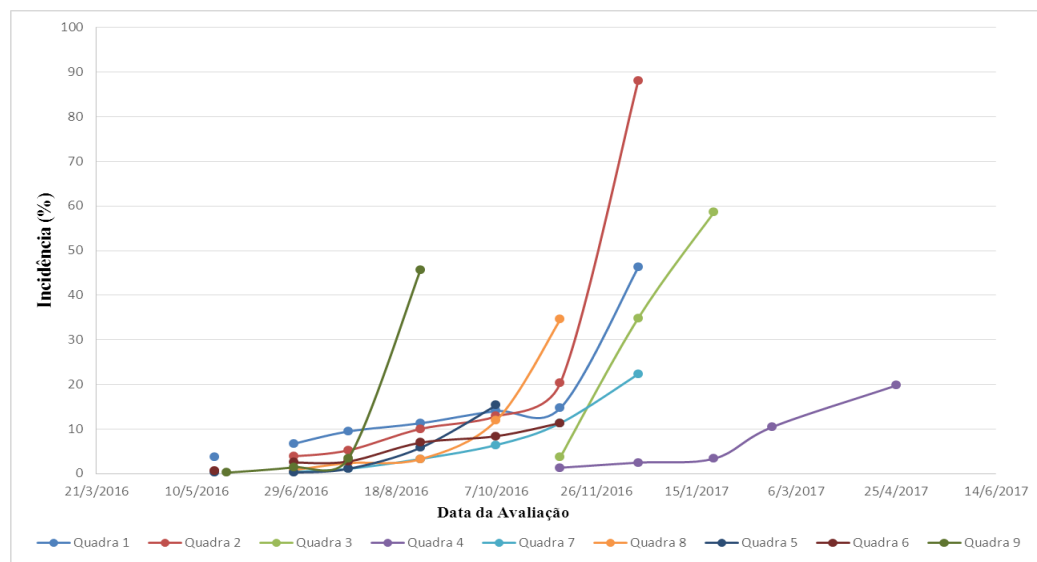
Apesar da evidência da transmissão por vetores, os estudos existentes, até o momento, não são suficientes para afirmar qual espécie de inseto atua como vetor na disseminação da doença no campo.

### **3.3. Análise temporal e áreas isópatas**

De modo geral, a doença evoluiu lentamente do primeiro até o sexto mês de avaliação, chegando até 17,2% de plantas infectadas no sexto mês (Figura 1). A partir do sexto mês a incidência de plantas sintomáticas aumentou, variando de 46 a 88% em determinadas quadras. Observa-se que a maior incidência da meleira ocorreu de novembro a dezembro de 2017, chegando até 88% das plantas infectadas em campo (Figura 1). As quadras 1, 2, 3 e 9 apresentaram as maiores incidências, variando de 46% a 88%. Aparentemente a doença não progride de maneira similar à maioria das doenças de plantas e não houve distinção entre os pomares com grupos Formosa e Haváí. Diante disso, o formato das curvas não permitiu o ajuste de modelos matemáticos tradicionais, como os modelos de crescimento linear, exponencial, monomolecular e logístico. Assim, o progresso temporal

precisa ser melhor investigado, pois os dados obtidos foram insuficientes, em virtude das falhas causadas pelo *roguing*, criaram dificuldades no processo de modelagem.

Estudos anteriores sobre o progresso da meleira em condições de campo determinaram que o modelo monomolecular foi o que melhor se ajustou à disseminação da meleira em pomares no norte do Espírito Santo (VENTURA; COSTA 2007). Posteriormente, Cosmi et al. (2017) encontraram modelos de crescimento monomolecular, logístico e Gompertz ao caracterizar a evolução temporal em pomares com plantas afetadas pela meleira no norte do Espírito Santo.



**Figura 1.** Curvas de progresso da incidência da meleira em plantas de mamoeiro dos grupos Formosa e Havaí em função da data de avaliação, localizadas na região do extremo sul da Bahia.

Em grande parte das quadras verificou-se um progresso linear da incidência da doença no início das avaliações, seguido de súbito aumento, geralmente, a partir da quarta avaliação (Figura 1). Este padrão pode estar associado a dificuldade na identificação precoce de plantas infectadas em campo, e/ou na sua erradicação. A principal alternativa de manejo da meleira é a identificação dos sintomas e a posterior erradicação das plantas doentes (*roguing*). Esta tem sido a estratégia mais eficiente de controle da virose. Entretanto, a identificação precoce dos sintomas da meleira é errática, já que só são mais facilmente visíveis após à frutificação. Assim, plantas infectadas permanecem no campo por mais tempo, constituindo uma

importante fonte de vírus (ABREU et al., 2015). Esse contexto pode levar ao aumento súbito de plantas doentes no pomar, observado neste estudo. Outro aspecto que deve ser considerado no aumento rápido de plantas infectadas em campo é a existência de algum gatilho fenológico, após a frutificação, que possa desencadear o desenvolvimento mais rápido dos sintomas e a conseqüente percepção de um maior número de plantas infectadas no pomar.

As áreas isópatas foram estabelecidas com base nos mapas de distribuição espacial de plantas doentes de todas as avaliações realizadas em campo, demonstrando gradientes de incidência (Figuras 2 a 10). Não há diferença entre os padrões de distribuição espacial entre os grupos Formosa e Havaí. Em estudos sobre a resistência de cultivares de mamoeiro do grupo Solo e Formosa para o vírus da meleira, Meissner Filho et al. (2017) encontraram comportamento semelhante com relação à resistência ao vírus. As áreas isópatas mostram uma tendência do surgimento dos primeiros casos da doença nas bordas das quadras avaliadas, que também apresentaram os maiores níveis de incidência da doença. Estes resultados podem estar relacionados a existência de fonte de inóculo para o vírus em hospedeiros alternativos ao redor do pomar e/ou migração de vetores de fora para dentro do pomar. Maiores incidências para meleira foi encontrado nas bordas de plantio em pomares de mamão por Vidal et al. (2004). O padrão de surgimento de primeiros casos de infecção pelas bordas do plantio tem também sido observados em outros patossistemas, cujo vírus tem um inseto como vetor, a exemplo do vírus da risca amarela da nervura do tomate (*Tomato yellow vein streak virus*, ToYVSV) e vírus do enrugamento severo do tomateiro (*Tomato severe rugose virus*, ToSRV), que podem ser transmitido por mais de 40 biótipos de *B. tabaci* (DELLA VECCHIA et al., 2007; BARBOSA et al., 2016). Uma vez que, a transmissão do vírus da meleira por mosca-branca *B. tabaci* biótipo B (*Bemisia argentifolii* Bell. & Perring) foi considerada (VIDAL et al., 2003).

Observou-se também por meio das avaliações das quadras de 1 a 9 a presença de focos secundários e isolados da doença, que não apresentaram associação com os focos iniciais da meleira (Figuras 2 a 10). Resultados similares foram descritos por Vidal et al. (2004) na avaliação do padrão espacial da meleira, que observaram alguns focos secundários isolados dentro dos pomares, sugerindo que a formação de colônias dos vetores e transmissão planta a planta a partir de inóculo secundário, possa assumir um papel importante da disseminação da doença.

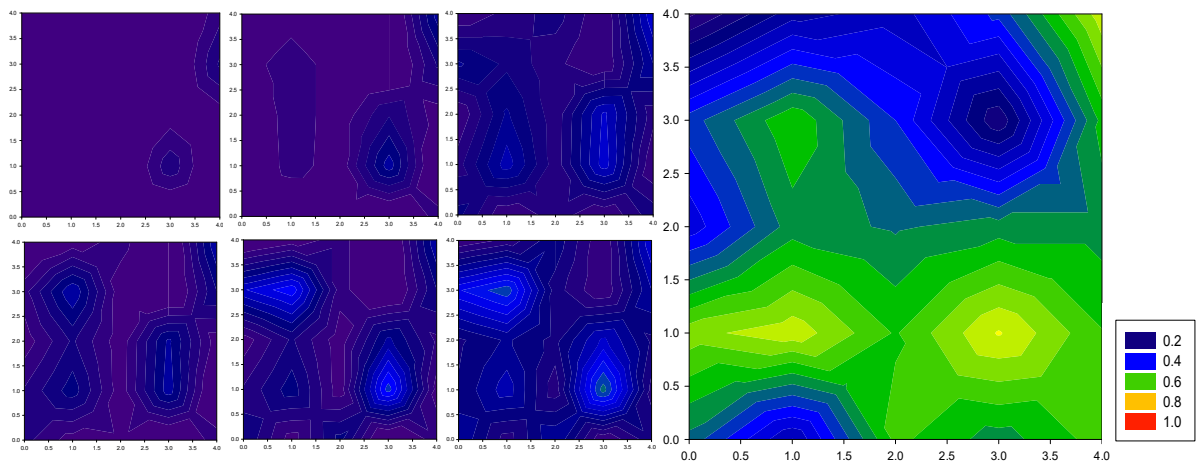
De acordo com o Test *t* (*student*) verificou-se que em 73% das avaliações de todos os pomares, a média de incidência da meleira na bordadura foi superior ao interior. Contudo, as médias não apresentaram diferença estatística significativa a 5% de probabilidade entre as

avaliações (Tabela 5). Os resultados da análise de áreas isópatas mostraram uma tendência do surgimento dos primeiros casos da doença nas bordas das quadras avaliadas. Estes resultados demonstram que o foco de inóculo inicial possa estar associado a plantas hospedeiras alternativas do agente da meleira ou de seus vetores ao redor do pomar, como já haviam pontuado os trabalhos de Vidal et al. (2004). Por outro lado, os resultados da análise de risco mostraram um maior risco de ocorrência da meleira em plantios consorciados e consorciados com o café, indicando que a fonte de infecção e/ou vetores da meleira, nestes casos, possa vir principalmente, e também, de dentro do pomar.

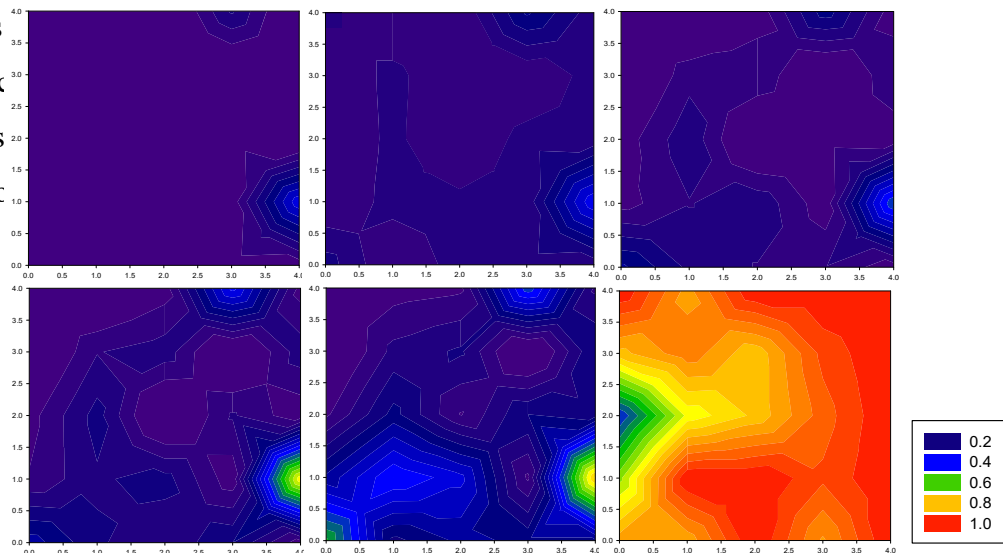
Tabela 5. Média de incidência da meleira na bordadura e interior calculado a partir do Teste *t* (*student*) dos pomares avaliados.

|          | 1º Avaliação | 2º Avaliação | 3º Avaliação | 4º Avaliação | 5º Avaliação | 6º Avaliação | 7º Avaliação |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Quadra 1 | 0.67         | 0.06         | 0.15         | 0.17         | 0.29         | 0.28         | -            |
| Quadra 2 | 0.08         | 0.46         | 0.47         | 0.50         | 0.48         | 0.51         | 0.58         |
| Quadra 3 | 0.91         | 0.90         | 0.51         | 0.97         | 0.38         | -            | -            |
| Quadra 4 | 0.87         | 0.31         | 0.66         | -            | -            | -            | -            |
| Quadra 5 | 0.33         | 0.94         | 0.34         | 0.42         | 0.13         | 0.13         | -            |
| Quadra 6 | 0.08         | 0.10         | 0.13         | 0.79         | 0.51         | -            | -            |
| Quadra 7 | 0.33         | 0.33         | 0.17         | 0.84         | 0.42         | -            | -            |
| Quadra 8 | 0.47         | 0.61         | 0.71         | 0.21         | 0.29         | 0.15         | -            |
| Quadra 9 | 0.33         | 0.14         | 0.06         | -            | -            | -            | -            |

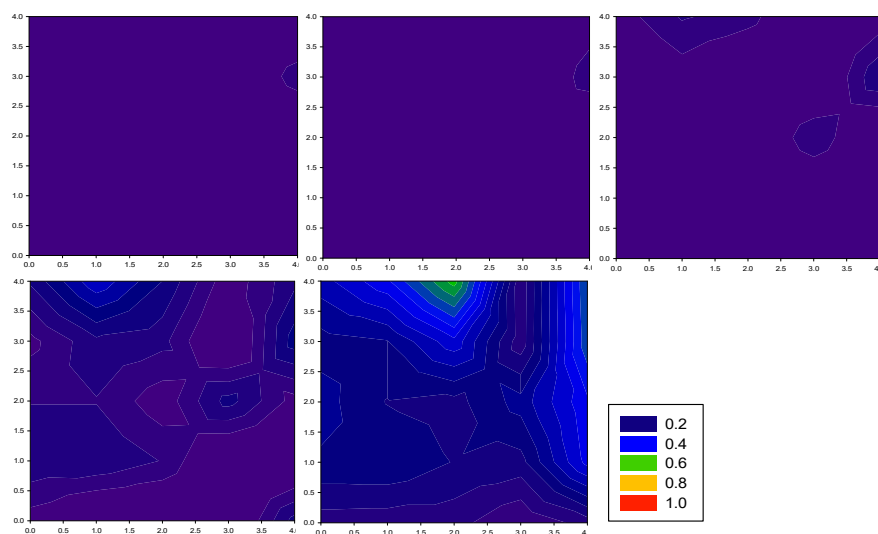
ns (não significativo) (Teste t,  $P \leq 0,05$ ). (-) indica análise não realizada.



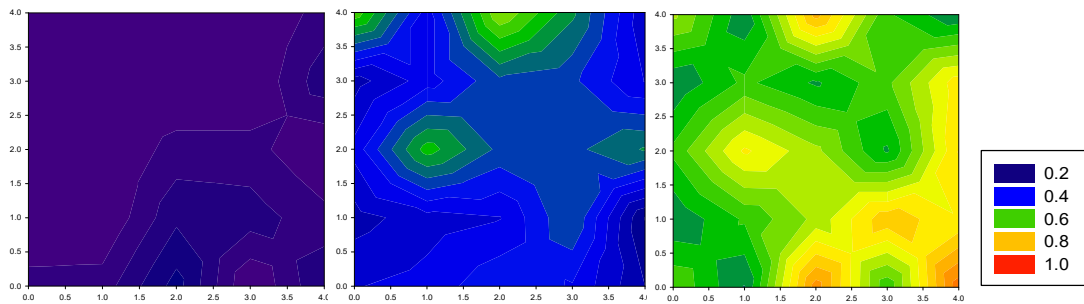
**Figura 2.** Áreas isópatas de pomar 1, referentes às avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Formosa.



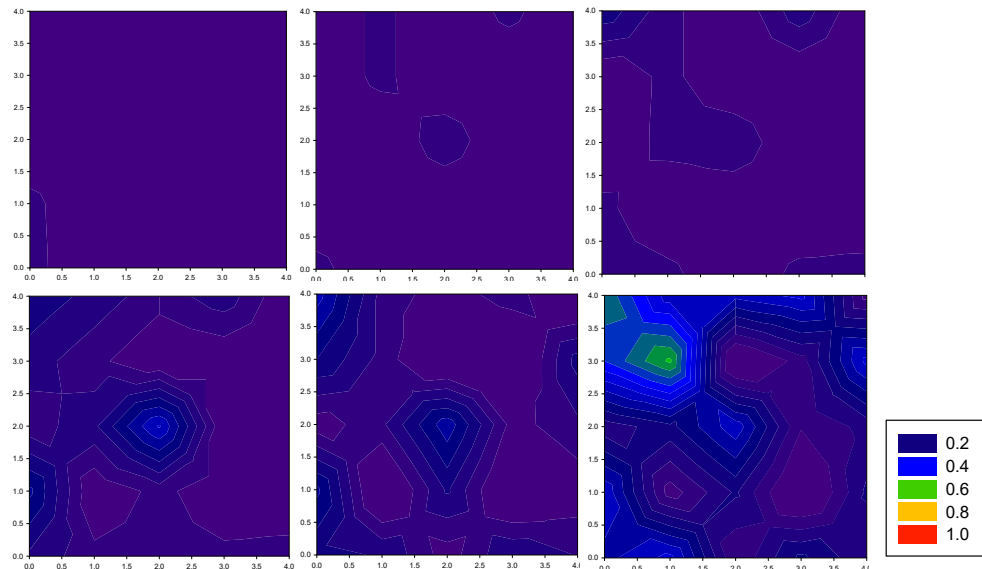
**Figura 3.** Áreas isópatas do pomar 2, referentes às avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Formosa.



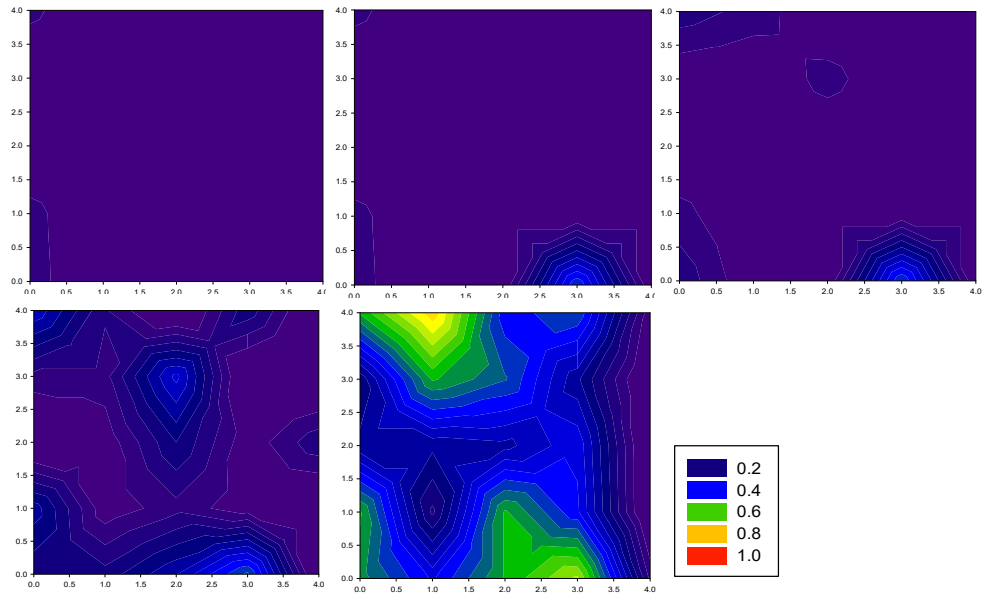
**Figura 4.** Áreas isópatas do pomar 3, referentes às avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Formosa.



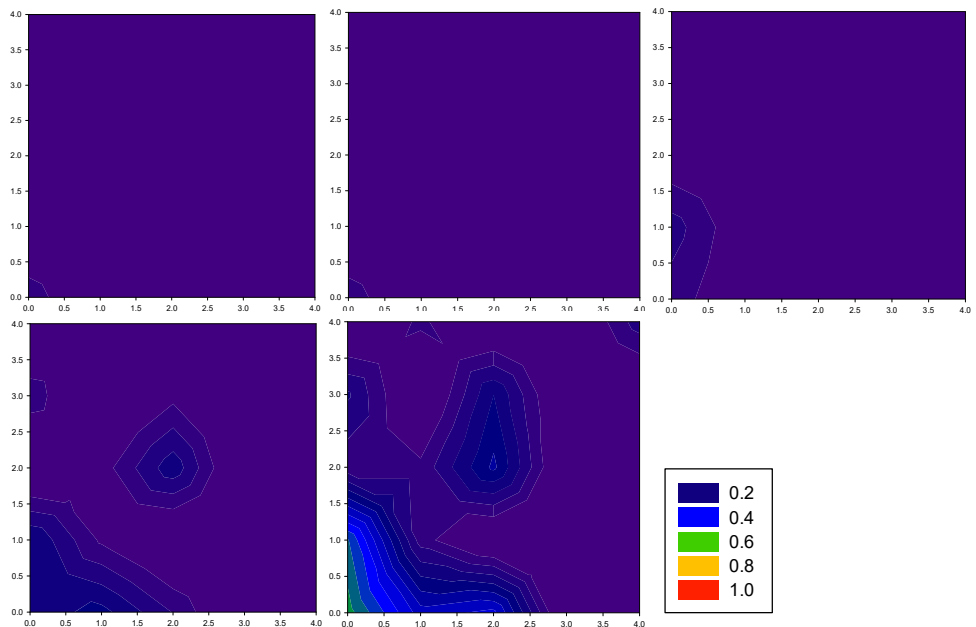
**Figura 5.** Áreas isópatas do pomar 4, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Havaí.



**Figura 6.** Áreas isópatas do pomar 5, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Havaí.

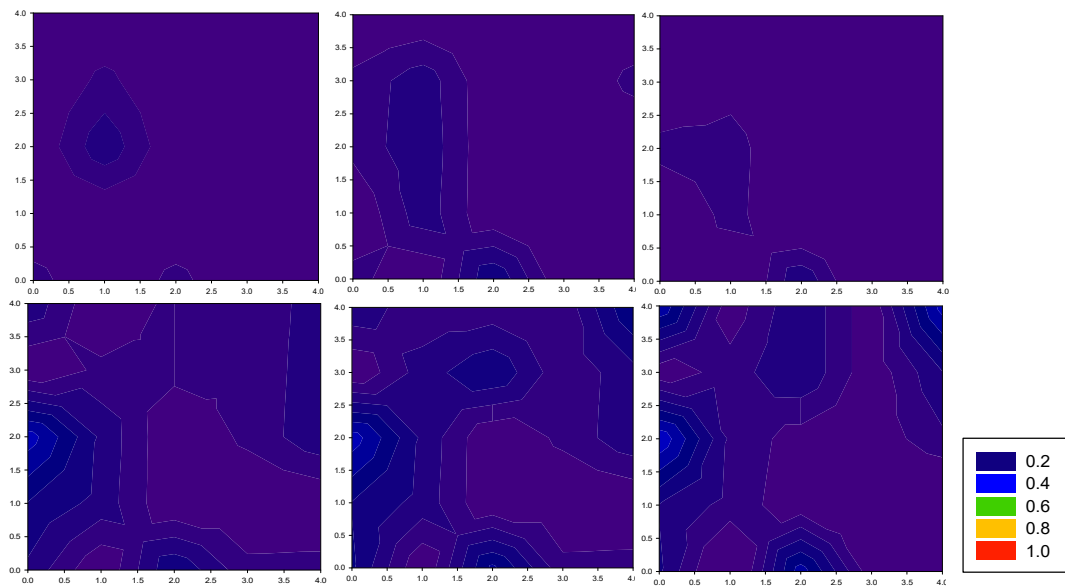


**Figura 7.** Áreas isópatas do pomar 6, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Formosa.

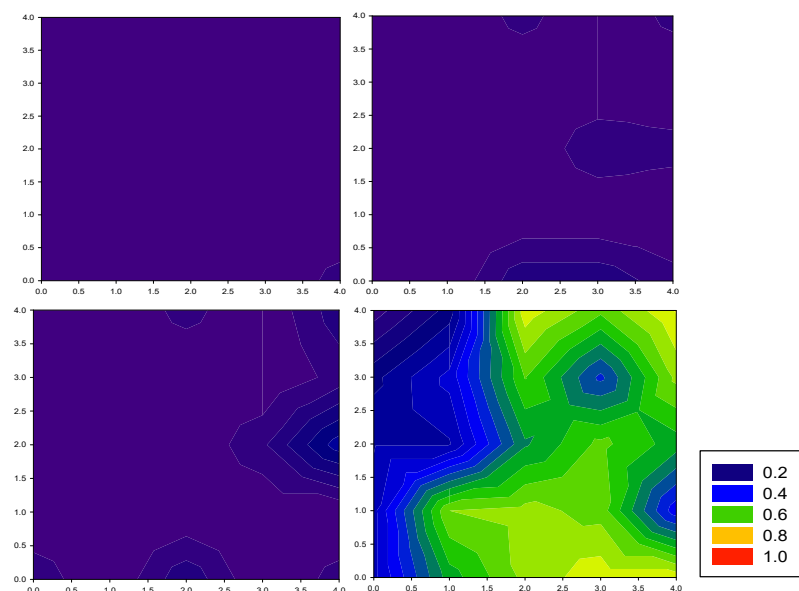


**Figura 8.** Áreas isópatas do pomar 7, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por PMeV. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Havaí.





**Figura 9.** Áreas isópatas do pomar 8, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por P<sub>MeV</sub>. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Havai.



**Figura 10.** Áreas isópatas do pomar 9, referentes as avaliações da incidência de plantas infectadas por P<sub>MeV</sub>. As cores indicam uma variação nos valores de incidência (azul escuro – ausência de plantas sintomáticas; vermelho escuro – maior incidência de plantas sintomáticas). Grupo do pomar: Formosa.

Este trabalho evidenciou que existe um risco maior de um pomar consorciado apresentar meleira, do que quando não tem consórcio. Desde modo, faz-se necessário estudos para melhor investigar o consorcio entre estas culturas do café e mamão, considerando a possibilidade desses consórcios influenciarem no incremento da população de insetos, vetores da meleira, além de plantas hospedeiras alternativas do vírus ainda desconhecidas. Foi observado uma tendência à aleatoriedade das quadras avaliadas. Normalmente, arranjos aleatórios indicam a meleira é oriundo de fontes distantes do pomar ou de material de plantio infectado (SILVA et al., 2015). Considerando possíveis vetores como peças importantes desse patossistema, os resultados obtidos assemelham-se aos padrões de dispersão encontrados por doenças transmitidas por cigarrinhas, como a clorose variegada do citrus (CVC) (Laranjeira et al., (2004). Reforçando a possibilidade de que a cigarrinha pode ser também um agente vetor do PMeV, como foi relatado recentemente a capacidade da cigarrinha *Empoasca papayae* Omã (Hemiptera: Cicadellidae) em adquirir e transmitir PMeV-Mx (variante mexicana) para o mamoeiro (GARCIA-CÁMARA, 2018). Do mesmo modo, foi verificado uma maior tendência do surgimento dos primeiros casos da doença nas bordas das quadras avaliadas e a presença de focos secundários isolados. Estes resultados indicam que o patógeno possa ser introduzido de fora para dentro do pomar. Neste caso, permite inferir que a estratégia de remoção de fontes de inóculo, oriundas de possíveis hospedeiros alternativos, além de controle de vetores na bordadura dos pomares possa ser uma medida que aumente a eficiência do manejo da meleira.

#### 4. CONCLUSÕES

- O risco de um pomar apresentar meleira sendo consorciado ou consorciado com café é cerca de 61.117 e 52.386 vezes maior, respectivamente, do que um não consorciado.
- A meleira ocorreu de forma aleatória nos pomares avaliados.
- Verificou-se que a meleira inicia pelas bordas dos pomares. Observou-se presença de focos secundários e isolados da doença, mas que aparentemente não apresentam associação com os focos iniciais, sugerindo a formação de colônias de possíveis dos vetores.
- Nas áreas isopatas foi verificada uma tendência do surgimento dos primeiros casos da doença nas bordas das quadras avaliadas. De acordo com o Test *t* (*student*) verificou-

se que em 73% das avaliações de todas as quadras, a média incidência da doença na bordadura foi superior ao interior.

## 5. REFERÊNCIAS

ABREU, P.; ANTUNES, T.F.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; VENTURA, J.A. A Current Overview of the Papaya meleira virus, an Unusual **Plant Virus**. *Viruses*, v.7, n.4, p.1853–1870, 2015. doi: 10.3390/v7041853 PMID: 25856636

ANDRADE, J. S.; VENTURA, J. A.; RODRIGUES, S. P.; FERNANDES, P. M. B. TATAGIBA, J. S; COSTA, H. Avaliação de diferentes métodos de inoculação da meleira em plantas jovens de mamão. *Fitopatologia Brasileira*, v.28, p.288, 2003. (Suplemento).

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.

AYRES, M.; AYRES J. R. M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: IDSM, p. 364, 2007.

BARBOSA, C. J.; PATROCÍNIO, E.; HABIBE, T. C.; NASCIMENTO, A. S.; MATRANGO, W. J. R. Detecção de formas replicativas de vírus em plantas de mamoeiro inoculadas com látex de plantas afetadas pela meleira. *Biotemas*, v. 13, p. 47-53. 2000.

BARBOSA, J. C.; REZENDE, J. A. M.; AMORIM, L.; FILHO, A. B. Dinâmica Temporal do *Vírus Rugose Grave de Tomate* e *Bemisia tabaci* em Tomato Fields em São Paulo, **Brasil. J. Phytopathol**, 164: p.1-10, 2016.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Ceres, v. 1, p. 602-626, 1995.

BOUDREAU, M. A. **Diseases in intercropping systems.** *Annu. Rev. Phytopathol.* 51:499–519, 2013.

CAMPBELL, C. L.; JACOBI, W. R.; POWELL, N. T.; MAIN, C. E. Analysis of disease progression and the randomness of occurrence of infected plants during tobacco black shank. **Phytopathology**, v.74, p.230-235, 1984.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology.** New York: John Wiley, p. 532, 1990.

CARVALHO, R. A.; LOPES, M. M.; RODRIGUES, L. G. N. Espécies de cigarrinhas em cultivo de café no Município de Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil (Hemiptera, Cicadellidae, Cicadellinae). **Papéis Avulsos de Zoologia** (São Paulo), v. 55, n. 13, São Paulo, 2015.

COSMI, F. C.; ALVES, K. S.; MORAES, W. B.; VENTURA, J. A.; MORAES, S. P. C. B.; MORAES, W. B.; DE JESUS JÚNIOR, W. C. Epidemiologic analysis of temporal evolution of papaya sticky disease. **Summa Phytopathologica**, v.43, n. 4, p. 303-309, 2017. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/169330>

CULIK, M.P.; MARTINS, D. S.; VENTURA, J.A. **Índice de artrópodes pragas do mamoeiro (*Carica papaya* L.).** Vitória: INCAPER, p. 48, 2003. (INCAPER. Documentos, 121).

DALTRO, C. B.; PEREIRAII, A. J.; CASCARDO, R. S.; ALFENAS-ZERBINI, P.; BEZERRA-JUNIOR, J. E. A.; LIMA, J.A.A.; ZERBINI, F.M.; ANDRADE, E.C. Genetic variability of Papaya lethal yellowing virus isolates from Ceará and Rio Grande do Norte States, Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v.39, p. 104-108, 2014.

DELLA VECCHIA, M. G. S.; ROSA, D. D.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; RIBEIRO, A. Dinâmica temporal e espacial da begomovirose causada por *Tomato yellow vein streak virus* em tomateiro na região de Campinas-SP. **Summa Phytopathologica**, v.33, n.4, p.388-396, 2007.

GARCIA-CAMARA, G. I. **Evidencia de la transmisión del Papaya meleira virus (PMeV) por insectos en Carica papaya L.** 2018. Tese de Doutorado. Centro de Investigación Científica de Yucatán.

GIBBONS, J. D. **Nonparametric methods for quantitative analysis.** New York: Holt, p. 463, 1976.

GOPAL, K; MUNIYAPPA, V; JAGADEESWAR, R. Management of peanut bud necrosis disease in groundnut through intercropping with cereal and pulse crops. **Archives Phytopathology Plant Protection**, v. 43: p.883–91, 2010.

GOUVEA, R.; ROSA, R.; ALVES, W. D. S.; VITÓRIA, R. Z.; FANTON, C.; MARTINS, D. D. S.; CALATRONI, D. Flutuação populacional de cigarrinhas (Hemiptera: cicadellidae) e ocorrência do vírus da meleira do mamoeiro. In: **SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO**, Vitória, ES. 2018.

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. **Applied logistic regression.** New York: Wiley & Sons, p. 347, 2000.

HUGHES, G.; CHOUDHURY, R. A.; MCROBERTS, N. Summary Measures of Predictive Power Associated with Logistic Regression Models of Disease Risk. **Phytopathology**, v. 109, n. 5, p. 712-715, 2019.

IBGE. **Banco de Dados Agregados: produção agrícola municipal.** Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso: 11 maio de 2020.

LARANJEIRA, F. F. L. **Epidemiologia da clorose variegada dos citros no Estado de São Paulo.** 2002. 158 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LARANJEIRA, F. F.; BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L.; GOTTWALD, T. R. Dinâmica espacial da clorose variegada dos citros em três regiões do estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, p.56-65, 2004.

LIMA, R. C. A.; COUTO, A. O. F.; ANDRADE, J. S.; MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A.; TATAGIBA, J. S.; COSTA, H. Flutuação populacional de insetos vetores de doenças do mamoeiro e sua relação com a ocorrência de doenças viróticas. In: MARTINS, D. S. (Ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: INCAPER, 2003. p. 539- 541, 2003.

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

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.

MADDEN, L. V.; LOUIE, R.; ABT, J. J.; KNOKE, J. K. Evaluation of tests for randomness of infected plants. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 72, p. 195-198, 1982.

MAFFIA, L. A.; RODRIGUES, L. A.; VENTURA, J. A. Significância epidemiológica do conhecimento do arranjo espacial de plantas doentes no campo: 1. Meleira do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 26:315. 1993. (Resumo)

MAGAÑA-ALVAREZ, A. **Evaluación de la transmisión de Papaya Meleira Virus (PMeV) por Semillas**. Maestría; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.: Mexico, Mexico, 2013.

MARTINS, D. S; GALVÃO, T. D. L; TATAGIBA, J. Diagnostico da cultura do mamoeiro no estado do Espírito Santo. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 5, Bento Gonçalves: Embrapa, 2003. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: EMBRAPA Uva e Vinho, p. 105, 2003.

MEISSNER FILHO, P. E.; LIMA NETO, F. P.; OLIVEIRA, C. L. B.; 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.

OLIVEIRA, S. A. **Transmissão vertical e localização do papaya meleira virus (PMeV) em tecidos embrionários de Carica papaya L.** 2019. 84 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

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

RAMKAT, R. C.; WANGAI, A. W.; OUMA, J. P.; RAPANDO, P. N.; LELGUT, D. K. Cropping system influences Tomato spotted wilt virus disease development, thrips population and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Annals of Applied Biology**, v. 153: p.373–80, 2008.

RODRIGUES, C. H.; VENTURA, J. A.; MAFFIA, L. A. Distribuição e transmissão da meleira em pomares de mamão no Espírito Santo. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Fitopatologia**, p. 118, 1989.

SANTANA-FILHO, D. M.; DA SILVA, M. C.; DE SOUZA, J. T.; CORDEIRO, Z. J.; ROCHA, H. S.; LARANJEIRA, F. F. Illuminance affects epidemiological parameters of banana Yellow Sigatoka in Brazil. **BioRxiv**, p. 828-848, 2019. **doi:** <https://doi.org/10.1101/828848>

SILVA, M.A.; LIMA, G. S. A.; ASSUNÇÃO, I. P.; BARBOSA, F. F. L.; MICHEREFF, S. Progresso e arranjo espacial do mosaico dourado em fava. **Revista Caatinga**, v.28, n.1, p.19-27, 2015.

SILVA, J. N.; MICHEREFF, S. J.; PIO-RIBEIRO, G. I. L. V. A. N.; ANDRADE, G. P. Arranjo espacial do vira-cabeça do fumo em Arapiraca, Estado de Alagoas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 721-725, 2001.

SPARKS, A. H.; ESKER, P. D.; ANTONY, G.; CAMPBELL, L.; FRANK, E. E.; HUEBEL, L.; ROUSE, M. N.; VAN ALLEN, B.; GARRETT, K. A. **Ecology and Epidemiology in R: Spatial Analysis**. 2008.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. 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, p. 267-276, 2003.

VENTURA, J. A.; COSTA, H. Epidemias de viroses do mamoeiro. In.: **Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas**, 2, Campos do Jordão: USP-ESALQ, 2007. **Palestras**. Campos do Jordão-SP: ESALQ- USP, p. 58-63, 2007.

VIDAL, C. A. Transmissão do vírus da meleira do mamoeiro (*Carica papaya* L.) por insetos. **Magistra**, v. 17, n. 2, p.101-106. 2005.

VIDAL, C. A.; LARANJEIRA, F. F.; NASCIMENTO, A. S.; HABIBE, T. C. Distribuição Espacial da Meleira do Mamoeiro em Zonas de Trópico Úmido e Trópico Semi-Árido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n.2, p. 177-182, 2004.



## **CAPÍTULO 2**

### **CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR E ESTUDO DA DIVERSIDADE GENÉTICA DO Papaya meleira virus 2 (PMeV2) DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**

## CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR E ESTUDO DA DIVERSIDADE GENÉTICA DO Papaya meleira vírus 2 (PMeV2) DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

Alírio Jose da Cruz Neto<sup>1</sup>, Eduardo Chumbinho de Andrade<sup>2</sup>, Cristiane de Jesus Barbosa<sup>2</sup>,  
Alessandra Selbach Schnadelbach<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudante de Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: alirioneto@hotmail.com; <sup>2</sup>Pesquisador(a) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, e-mails: eduardo.andrade@embrapa; cristiane.barbosa@embrapa.br; <sup>3</sup>Professora da Universidade Federal da Bahia, e-mail: alessandra.schnadelbach@gmail.com

### RESUMO

A meleira do mamoeiro é uma das principais doenças que acometem a cultura no Brasil, caracterizada pela exsudação espontânea do látex nos frutos, que oxida, dando o aspecto melado ao fruto. Esta doença foi inicialmente atribuída a presença do vírus da meleira do mamoeiro (Papaya meleira virus, PMeV), mas recentemente foi identificado um novo vírus associado às plantas com sintomas, denominado de Papaya meleira virus 2, PMeV2, passando este patossistema a ser designado de complexo da meleira. O PMeV2, menos estudado atualmente que o PMeV, é estreitamente associado ao gênero *Umbravirus*. Este trabalho visou a caracterização molecular de um isolado do PMeV2 da região nordeste do Brasil, estimar as relações filogenéticas deste isolado com os demais vírus da família *Tombusviridae*, além de estimar a diversidade genética e as relações filogenéticas existentes entre isolados de PMeV2 oriundos de pomares da região nordeste do Brasil. A sequência obtida neste trabalho foi designada de PMeV2-RN, possui 4.435 nucleotídeos e apresentou de 94% de identidade com o isolado PMeV2-ES, do Espírito Santo. A sequência contém duas ORFs preditas em diferentes fases de leitura. A ORF1 codifica um polipeptídeo de 238 aminoácidos que possui 88% de identidade com a proteína correspondente do PMeV2-ES. A ORF2 codifica uma proteína de 473 aminoácidos que apresenta 100% de identidade com a proteína referente a RdRp do PMeV2-ES. As análises filogenéticas mostraram uma maior proximidade entre o isolado PMeV2-ES e os isolados PpVQ e PMeV-Mx do que com o PMeV2-RN, que parece pertencer a uma linhagem distinta deste vírus no Brasil. A análise comparativa das sequências de nucleotídeos entre os isolados de obtidos em diferentes regiões produtoras de mamão do Brasil indicou alto grau de similaridade entre as sequências, mostrando um alto grau conservação entre os isolados, que não formaram grupos geograficamente estruturados.

**Palavras-chave:** Meleira do mamoeiro, PMeV, *Umbravirus*.

## ABSTRACT

Papaya sticky disease, or “meleira” is one of the main diseases that affect the crop in Brazil, characterized by the spontaneous exudation of latex in the fruits, which oxidizes, giving the fruit a luscious aspect. This disease was initially attributed to the presence of the papaya meleira virus (Papaya meleira virus, PMeV), but recently a new virus has been identified associated with plants with symptoms, called Papaya meleira virus 2, PMeV2, and this pathosystem is now called meleira complex. PMeV2, less studied today than PMeV, is closely associated with the genus *Umbravirus*. This work aimed at the molecular characterization of a PMeV2 isolate from northeastern Brazil, estimating the phylogenetic relationships of this isolate with the other viruses of the *Tombusviridae* family, in addition to estimating the genetic diversity and phylogenetic relationships between PMeV2 isolates from orchards in the northeast region of Brazil. The sequence obtained in this work was designated PMeV2-RN, has 4,435 nucleotides and showed 94% identity with the isolate PMeV2-ES, from Espírito Santo. The sequence contains two ORFs predicted at different reading stages. ORF1 encodes a 238 amino acid polypeptide that has 88% identity with the corresponding PMeV2-ES protein. ORF2 encodes a 473 amino acid protein that has 100% identity with the PMeV2-ES RdRp protein. Phylogenetic analyzes showed a greater proximity between the isolate PMeV2-ES and the isolates PpVQ and PMeV-Mx than with PMeV2-RN, which seems to belong to a distinct strain of this virus in Brazil. The comparative analysis of the nucleotide sequences among the isolates obtained in different papaya producing regions in Brazil indicated a high degree of similarity between the sequences, showing a high degree of conservation among the isolates, which did not form geographically structured groups.

Keywords: Sticky disease or Meleira, PMeV, *Umbravirus*.

## 1. INTRODUÇÃO

A meleira é uma das principais viroses que acomete a cultura do mamoeiro no Brasil, principalmente na região do extremo sul da Bahia, onde está concentrada cerca de 52% da produção baiana (IBGE, 2018). Apesar desta posição destaque, a Bahia tem sua produtividade e rendimento econômicos comprometidos devido a problemas fitossanitários. Dentre os principais problemas, destaca-se o vírus da meleira do mamoeiro (Papaya meleira virus - PMeV) (DANTAS; OLIVEIRA, 2009). A meleira foi relatada pela primeira vez no Brasil no início da década de 1980 e, posteriormente, no México em 2012 (KITAJIMA et al., 1993; PEREZ-BRITO et al., 2012).

A doença caracteriza-se por uma exsudação espontânea do látex nos frutos que oxida, dando o aspecto melado ao fruto. Em alguns casos, o sabor da polpa pode ser afetado. Sintomas necróticos podem aparecer nas bordas das folhas novas, resultado da exsudação do látex (ABREU et al., 2015).

O agente etiológico da meleira é o Papaya meleira virus (PMeV), caracterizado por possuir partícula isométrica, e genoma composto por uma molécula de RNA fita dupla (dsRNA) de aproximadamente 8,8kb (ABREU et al., 2015). Análises sobre a diversidade genética do PMeV utilizando-se um fragmento de aproximadamente 560pb da RNA polimerase dependente de RNA (RdRp), indicaram semelhanças com micovírus da família *Totiviridae* (ARAÚJO et al., 2007; DALTRO et al., 2014). Outros estudos comprovaram que a ORF 2 do PMeV possui os domínios conservados característicos das RdRps de micovírus da família *Totiviridae* (ABREU et al., 2015).

Em estudos realizados no Brasil demonstraram a presença de um novo vírus associado a plantas de mamoeiro com sintomas da meleira. Em amostras de RNA extraídas do látex de mamão infectado pelo PMeV foi observado um fragmento de aproximadamente 4,5 kb que foi, primeiramente, atribuído a presença de um RNA subgenômico (TAVARES et al., 2004). Posteriormente, observou-se que se tratava de um vírus de fita simples (ssRNA), com aproximadamente 4,5 kb, nomeado de Papaya meleira virus 2 (PMeV2). Este segundo vírus, não tem nenhuma relação genética com o dsRNA do PMeV, mas está relacionado ao PMeV-Mx, identificado no México e ao PpVQ, identificado no Equador, que são estreitamente relacionados ao gênero *Umbravirus* (QUITO-AVILA et al., 2015; ANTUNES et al., 2016).

Comumente, os vírus do gênero *Umbravirus* são dependentes de outros vírus para o encapsulamento de seu RNA. Diante disso, estudos realizados por Antunes et al. (2016)

indicaram que o PMeV parece atuar como um vírus auxiliar para o PMeV2 e que a cápsula proteica do PMeV forma partículas virais híbridas encapsidando o ssRNA do PMeV2. Além disto, estudos preliminares apontam que a indução dos sintomas típicos da doença esteja associada à dupla infecção do PMeV e PMeV2 (ANTUNES et al., 2016).

A caracterização de um novo vírus associado à meleira do mamoeiro é essencial para o melhor entendimento sobre o patossistema da meleira e das relações planta x complexo viral, e poderá subsidiar o estabelecimento de novos diagnósticos e de controle mais eficientes para a doença. Neste contexto, este trabalho teve como objetivos a caracterização molecular do genoma de um isolado do PMeV2, estimar as relações filogenéticas deste isolado com os demais vírus da família *Tombusviridae*, além de estimar a diversidade genética e as relações filogenéticas existentes entre os isolados do PMeV2 provenientes de regiões produtoras de mamão do nordeste do Brasil, a partir do sequenciamento da região genômica do gene da replicase (RdRp).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Seleção e caracterização de isolados

Foram coletadas amostras de látex em plantas com sintomas característicos da meleira (RODRIGUES et al., 1989) em pomares de mamoeiro localizados na Bahia e Rio Grande do Norte para obtenção dos isolados de Papaya meleira virus 2 (PMeV2) (Tabela 1). As coletas foram realizadas entre os anos de 2016 e 2018. O látex foi coletado e diluído tampão (1:1, v/v) citrato de amônio 0,1 M, pH 5,0 e armazenado a -20 °C. Estes isolados foram incorporados à coleção do Laboratório de Virologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Posteriormente as amostras de látex foram submetidas à extração do RNA total.

**Tabela 1.** Relação de isolados de Papaya meleira virus 2 (PMeV2) estudados durante o desenvolvimento deste trabalho e suas respectivas localidades.

| Isolado | Local         | Ano Coleta |
|---------|---------------|------------|
| 208     | Eunápolis, BA | 2017       |
| 215     | Itabela, BA   | 2017       |
| 216     | Itabela, BA   | 2017       |
| 274     | Baraúna, RN   | 2018       |
| 276     | Baraúna, RN   | 2018       |
| 277     | Baraúna, RN   | 2018       |
| 287     | Baraúna, RN   | 2018       |

|                       |               |      |
|-----------------------|---------------|------|
| 288                   | Baraúna, RN   | 2018 |
| 294                   | Baraúna, RN   | 2018 |
| 04                    | Utinga, BA    | 2018 |
| 201                   | Eunápolis, BA | 2018 |
| 211                   | Eunápolis, BA | 2018 |
| 240                   | Itabela, BA   | 2018 |
| 270                   | Baraúna, RN   | 2018 |
| 271                   | Baraúna, RN   | 2018 |
| <b>PMeV2-RN (152)</b> | Baraúna, RN   | 2009 |
| <b>PMeV-ES*</b>       | Sooretama, ES | -    |
| <b>PMeV-Mx**</b>      | México        | -    |
| <b>PpVQ***</b>        | Equador       | -    |

\*Sequência retirada do trabalho de Antunes et al. (2016). \*\*Sequência retirada do trabalho de Perez-Brito et al. (2012). \*\*\*Sequência retirada do trabalho de Quito-Ávila et al. (2012). O isolado 152 foi utilizado para o estudo da região genômica da RdRp do PMeV2-RN.

## 2.2. Sequenciamento e análise genômica

O RNA total foi extraído das amostras de látex utilizando o reagente Trizol (Thermo), seguindo as instruções do fabricante, ressuspendido em 25µL de água ultrapura, e armazenado em freezer a -20°C. O sequenciamento foi realizado na empresa MacroGen Inc. (Seul, Coréia do Sul), a partir de amostras liofilizadas de 5 µg de RNA. Tais amostras de RNA foram utilizadas para a obtenção de bibliotecas de cDNA a partir de hexâmeros aleatórios, e as bibliotecas de cDNA foram sequenciadas em Plataforma 454 GS FLX – Titanium.

Os *contigs* obtidos foram editados no programa Geneious 5.4.5 (DRUMMOND et al., 2011), e as sequências obtidas foram comparadas às depositadas no banco de dados do GeneBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) pela ferramenta *BLASTx*, que indicou as sequências mais similares àquelas obtidas no presente estudo. Os *contigs* que apresentaram homologia com vírus foram mantidos e utilizados para edição e montagem de *contigs* maiores no programa Geneious 5.4.5. O programa ORF Finder (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gorf/gorf.html>) foi utilizado para detecção de quadros de leitura aberta (ORFs) correspondentes a genes virais conhecidos. Os genomas dos vírus mais similares as sequências do PMeV2 foram utilizados para determinar sua estrutura e organização, bem como definir sua classificação taxonômica.

## 2.3. Análise da sequência do PMeV2-RN e relações filogenéticas entre o PMeV2-RN e espécies da família *Tombusviridae*

A sequência completa de nucleotídeos do vírus PMeV2 foi obtida a partir de um isolado coletado no Rio Grande do Norte, aqui denominado de PMeV2-RN. A sequência genômica deste isolado foi comparada com o genoma de outras 17 espécies da família *Tombusviridae* (Tabela 2). Análises filogenéticas foram realizadas utilizando-se os princípios de máxima verossimilhança (MV) e a Inferência Bayesiana. A análise de máxima verossimilhança foi realizada no programa MEGA X (KUMAR et al., 2018) utilizando o modelo de substituição Hasegawa-Kishino-Yano (HKY) com um *bootstrap* de 1.000 repetições para determinar a confiabilidade de cada clado.

Para a análise de Inferência Bayesiana (IB), o modelo evolutivo HKY+G foi escolhido para região utilizando-se testes de verossimilhança hierárquicos considerando o Critério Akaike de Informação (AIC), a partir do programa jModelTest2 (DARRIBA et al., 2012), implementado na plataforma CIPRES Science Gateway (MILLER et al., 2010). A análise foi realizada no software MrBayes 3.2.2 (RONQUIST; HUELSENBECK, 2003), acoplado à plataforma CIPRES Science Gateway (MILLER et al., 2010), por meio de duas corridas com quatro cadeias de Markov – Monte Carlo (MCMC), cada uma das corridas com 5.000.000 gerações. Foram amostradas uma árvore a cada 1.000 gerações, descartando 25% das árvores iniciais correspondentes ao período de *burn-in*. A probabilidade posterior (PP) de cada clado foi estimada. A árvore gerada foi visualizada e editada no programa *FigTree* 1.4.4 (<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>). Valores inferiores a 75% de suporte de *bootstrap* (BS) e PP não foram citados.

**Tabela 2.** Nome, sigla, número de acesso, percentual de identidade genética da sequência viral com a sequência do isolado PMeV2-RN, e classificação taxonômica dos vírus da família *Tombusviridae* utilizados na análise filogenética.

| Nome do vírus                              | Sigla | Nº acesso | % Ident. Genética | Classificação Taxonômica (família/gênero) |
|--|-------|-----------|-------------------|---|
| <i>Beet black scorch vírus</i>             | BBSV  | JN635328  | 44%               | <i>Tombusviridae/Umbravirus</i>           |
| <i>Carrot mottle vírus</i>                 | CMoV  | NC_011515 | 43%               | <i>Tombusviridae/Umbravirus</i>           |
| <i>Carrot mottle mimic vírus</i>           | CMoMV | NC_001726 | 44%               | <i>Tombusviridae/Umbravirus</i>           |
| <i>Citrus yellow vein-associated vírus</i> | CYVaV | JX101610  | 44%               | Unassigned                                |
| <i>Cowpea mottle vírus</i>                 | CPMoV | NC_003535 | 43%               | <i>Tombusviridae/Carmovirus</i>           |
| <i>Galinsoga mosaic vírus</i>              | GaMV  | NC_001818 | 45%               | <i>Tombusviridae/Gallantivirus</i>        |
| <i>Groundnut rosette vírus</i>             | GRV   | NC_003603 | 35%               | <i>Tombusviridae/Umbravirus</i>           |
| <i>Maize chlorotic mottle vírus</i>        | MCMV  | KF010583  | 34%               | <i>Tombusviridae/Machlomovirus</i>        |
| <i>Melon necrotic spot vírus</i>           | MNSV  | JX879088  | 33%               | <i>Tombusviridae/Carmovirus</i>           |
| <i>Olive mild mosaic vírus</i>             | OMMV  | AY616760  | 34%               | <i>Tombusviridae/Alphanecrovirus</i>      |

|                                   |          |           |     |                                      |
|-----------------------------------|----------|-----------|-----|--------------------------------------|
| <i>Olive latent virus 1</i>       | OLV-1    | NC_001721 | 30% | <i>Tombusviridae/Alphanecrovirus</i> |
| <i>Opium poppy mosaic virus</i>   | OpPMV    | NC_027710 | 34% | <i>Tombusviridae/ unassigned</i>     |
| <i>Papaya meleira virus-Mx</i>    | PMeV-Mx  | KF214786  | 72% | <i>Tombusviridae/ unassigned</i>     |
| <i>Papaya virus Q</i>             | PpVQ     | KP165407  | 70% | <i>Tombusviridae/ unassigned</i>     |
| <i>Pea enation mosaic virus-2</i> | PEMV-2   | NC_003853 | 30% | <i>Tombusviridae/ unassigned</i>     |
| <i>Tobacco bushy top virus</i>    | TBTv     | FM242700  | 32% | <i>Tombusviridae/Umbravirus</i>      |
| <i>Tobacco necrosis virus A</i>   | TNV-A    | GQ221829  | 36% | <i>Tombusviridae/Alphanecrovirus</i> |
| <i>Tobacco necrosis virus D</i>   | TNV-D    | NC_003487 | 33% | <i>Tombusviridae/Betanecrovirus</i>  |
| <i>Turnip crinkle virus</i>       | TCV      | NC_003821 | 31% | <i>Tombusviridae/Carmovirus</i>      |
| <i>Papaya meleira virus 2</i>     | PMeV2-ES | KT921785  | 94% | <i>Umbravirus</i>                    |

## 2.2. Estudo da diversidade genética e relações filogenéticas entre isolados do PMeV2 da região nordeste do Brasil

Para o estudo da diversidade genética do PMeV2, foram utilizadas 16 amostras de látex obtidas de plantas com sintomas da meleira (Tabela 1).

O RNA total foi extraído do látex utilizando o Trizol (Thermo), seguindo as instruções do fabricante, ressuspendido em 25 µL de água ultrapura, e armazenado em freezer a -20°C. O RNA total foi utilizado em reações de transcrição reversa (RT) para síntese da fita de DNA complementar (cDNA). Para a reação de RT foram utilizados 1 µg do RNA total, 2,5 mM de dinucleotídeos randômicos e 0,2 mM de dNTP. O RNA foi desnaturado a 95 °C por 3 min e imediatamente resfriado em gelo por 2 min. Em seguida foram adicionados tampão de reação 1X (500 mM Tris pH 8.3; 750 mM KCL; 50 mM DTT; 30 mM MgCl<sub>2</sub>), 5,0 mM de MgCl<sub>2</sub>, 40U/µL inibidor de RNA, 200U da enzima de transcriptase reversa (M.MLV), e o volume da reação foi completado para 20 µL adicionando-se água livre de nucleases. As amostras foram incubadas a 25 °C por 10 min, a 42 °C por 50 min, e por fim a 95 °C por 5 min para inativação da enzima.

A região genômica do gene da replicase (PMeV-2 RdRp) foi amplificada em um volume final de 20 µL via Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), utilizando-se 3,0 µL do cDNA, tampão de reação da PCR 1X (200 mM Tris-HCl, pH 8.4, 500 mM KCl), 5,0 mM de MgCl<sub>2</sub>, 0,2 mM de dNTPs, 1U da Taq Platinum DNA polimerase (Invitrogen), 0,2 mM dos oligonucleotídeos PMeV2-RdRp F2 5' AATTGAACAATCTTCTTCGTGG 3' e PMeV2-R2 5' ATTGCTTAAGACTCAGTAGC 3', desenhados com base na sequência do PMeV2-ES (KT921785), e o volume da reação foi completado com água livre de nucleases.



Os fragmentos amplificados foram purificados utilizando colunas de extração (EASYPEP Gel/PCR Purificação), sequenciados usando o sequenciador automático ABI 3500XL no Instituto Gonçalo Muniz – Fiocruz (Salvador, BA, Brasil). As sequências obtidas foram checadas manualmente e alinhadas utilizando o programa Clustal W (THOMPSON et al., 1994) e comparadas com sequências similares depositadas no banco de dados GenBank, utilizando o programa *Blastn* (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

A identidade genética entre as sequências gerada com o auxílio do Programa Clustal W (THOMPSON et al., 1994). Para análise de diversidade genética entre os isolados foi gerada uma matriz de distância genética baseada no modelo de substituição *p-distance* (NEI; KUMAR 2000), utilizada para análise de agrupamento com algoritmo *Neighbour-Joining* (NJ) no programa MEGA X (KUMAR et al., 2018). A análise filogenética foi realizada a partir do princípio de máxima verossimilhança (MV) e o modelo evolutivo adotado foi o HKY+G com auxílio do programa MEGA X. As sequências de nucleotídeos dos isolados 208-BA, 215-BA, 216-BA, 04-BA, 201-BA, 211-BA, 240-BA, 274-RN, 276-RN, 277-RN, 287-RN, 288-RN, 294-RN, 270-RN, 271-RN, 152-RN, e a sequência de nucleotídeos do PMeV2-ES referente ao trabalho de Antunes et al. (2016). Como grupo externo foram utilizadas sequências de isolados de PpVQ (QUITO-ÁVILA et al., 2012) e PMeV-Mx (PEREZ-BRITO et al., 2012).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

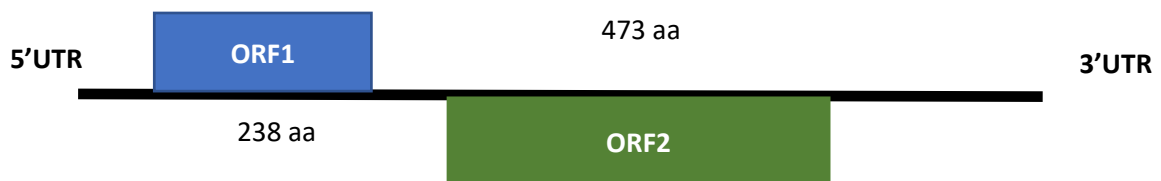
#### Sequenciamento e análise genômica do PMeV2-RN

O sequenciamento do isolado PMeV2-RN gerou 96.215 leituras, com comprimento médio de cerca de 400 nucleotídeos (nt), totalizando 39.081.589 nt. Após a edição no programa Geneious 5.4.5 foram obtidos 519 *contigs*, entre os quais foi identificado um *contig* de 4435 nt com homologia elevada com o isolado PMeV2-ES (KT921785), correspondendo a 98% do genoma deste isolado identificado no Espírito Santo em 2016 (ANTUNES et al., 2016). A sequência gerada neste trabalho foi nomeada de PMeV-RN, em referência ao estado onde foi coletada (Tabela 1).

A sequência genômica do PMeV2-RN apresentou-se estreitamente idêntico ao Papaya virus Q (PpVQ) (70%) (KP165407.1), um vírus semelhante a *Umbravirus* descrito

recentemente no Equador (QUITO-AVILA et al., 2015) e ao isolado PMeV-Mx, com 72% de identidade. O isolado PMeV-Mx foi detectado em plantas de mamão com sintomas semelhantes ao da meleira em pomares no México (ZAMUDIO-MORENO et al., 2015). No trabalho de Antunes et al. (2016), que identificou a presença do PMeV2-ES, foi constatada porcentagem de identidade de 70 e 79% deste isolado com os vírus PpVQ e PMeV-Mx, respectivamente.

A sequência determinada contém duas ORFs preditas em diferentes fases de leitura (Figura 1). A ORF1 (nt 717-3614) codifica um polipeptídeo de 238 aminoácidos (aa). Esta ORF proteína possui 88% de identidade com a proteína hipotética correspondente do PMeV2-ES e 47.5% de identidade com a proteínas do PMeV-Mx. Já a ORF2 (nt 2031-3452) codifica para uma proteína de 473aa, e indicou 100% de identidade com a proteína referente a RdRp do PMeV2-ES.



**Figura 1.** A: Representação esquemática da organização genômica do Papaya meleira vírus (PMeV2-RN). O ssRNA viral possui duas ORFs em diferentes fases de leitura. A ORF1 codifica para uma proteína hipotética e a ORF2 codifica para uma putativa RdRp.

Segundo Antunes et al. (2016) esta proteína contém o domínio conservado de RdRp superfamília 3 (pfam 00998: RdRP 3), que inclui a RdRp de vários vírus de plantas. O produto da ORF2 possui 73% e 66% de identidade com as RdRp's do PpVQ e PMeV-Mx, respectivamente, 44% de identidade com as RdRp's do *Ethiopia maize-associated virus* (AWS06679.1) e *Opuntia umbra-like virus* (AXG65483), 42% de identidade com a RdRp do *Citrus yellow vein-associated virus* (CYVaV; YP\_009551334), 42% de identidade com a RdRp do *Carrot mottle virus* (CMoV) ([BBH43057.1](#)).

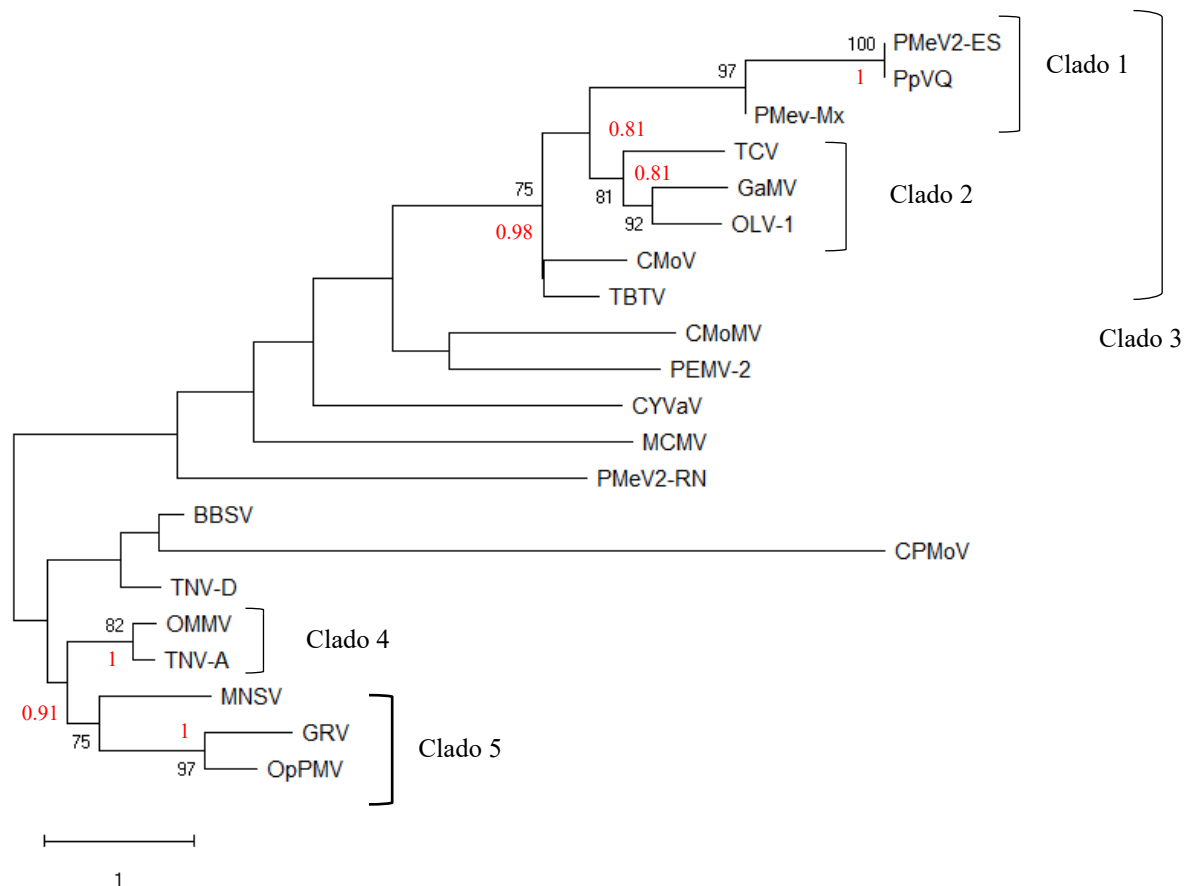
### Relações filogenéticas entre o PMeV2-RN e os vírus da família *Tombusviridae*

As análises filogenéticas realizadas para inferir as relações evolutiva entre o PMeV2-RN, PpVQ, PMeV-Mx e 17 espécies da família *Tombusviridae* (Tabela 2) com base nos métodos de Máxima Verossimilhança e Inferência Bayesiana produziram árvores cujas topologias foram similares, principalmente em relação aos clados de maior suporte. Isso indica que as relações filogenéticas evidenciadas neste trabalho não foram influenciadas pelos métodos de análise filogenética empregados e, por este motivo, optou-se por apresentar e discutir apenas a árvore mais verossímil (Figura 2).

A árvore mais verossímil revelou alto suporte (maior que 75%) de *bootstrap* e de probabilidade posterior (PP) para os clados formados entre os isolados PMeV2-ES, PpVQ, PMeV-Mx (Clado 1); TCV, GaMV e OLV-1 (Clado 2); OMMV e TNV-A (Clado 4), pertencentes ao mesmo gênero *Alphanecrovirus*; MNSV, GRV e OpPMV (Clado 5). Os clados 1 e 2 se agruparam com os isolados CMoV e TBTv formando o clado 3. Estes resultados refletem uma maior proximidade entre os isolados PMeV2-ES, PpVQ, PMeV-Mx do que com os demais isolados da família *Tombusviridae*. Os mesmos agrupamentos foram observados por Antunes et al. (2016) na comparação de sequências da RdRp realizadas entre os isolados PMeV2-ES, PpVQ e PMeV-Mx. Estes autores sugeriram que os isolados PMeV2-ES, PpVQ e PMeV-Mx podem pertencer ao mesmo *Umbravirus* ou a um vírus estreitamente relacionado ao gênero *Umbravirus*. Dessa forma, não é possível determinar que estes vírus são isolados distintos da mesma espécie ou espécies diferentes, uma vez que, as sequências completas do PMeV-Mx e do PpVQ ainda não foram verificadas. Bem como, as porcentagens de identidade encontradas neste trabalho (72 e 70%) com o PMeV2-RN e as sequências de nucleotídeos disponíveis do PMeV-Mx e PpVQ estão próximas ao limite de 70% determinado para a demarcação de espécies no gênero *Umbravirus* (RYABOV et al., 2012).

Comumente, os *Umbravirus* são diferentes da maioria dos outros vírus que infectam plantas, pois não codificam uma proteína capsídica convencional e são dependentes da presença de um vírus auxiliar para a formação de partículas virais capazes de encapsidar o seu RNA (TALIANSKY; ROBINSON, 2003), e codificam um produto semelhante a uma proteína de movimento. Dessa forma, concluiu-se há a necessidade de formação de um complexo viral, no qual o PMeV é um vírus auxiliar do PMeV2 e a cápsula proteica do PMeV forma partículas virais híbridas encapsidando o ssRNA do PMeV2. Além disso, acredita-se que a proteína codificada pela ORF1 do PMeV2 seja responsável pelo movimento do PMeV na planta (SYLLER, 2003; ANTUNES et al., 2016). O isolado PMeV2-RN constituiu o grupo

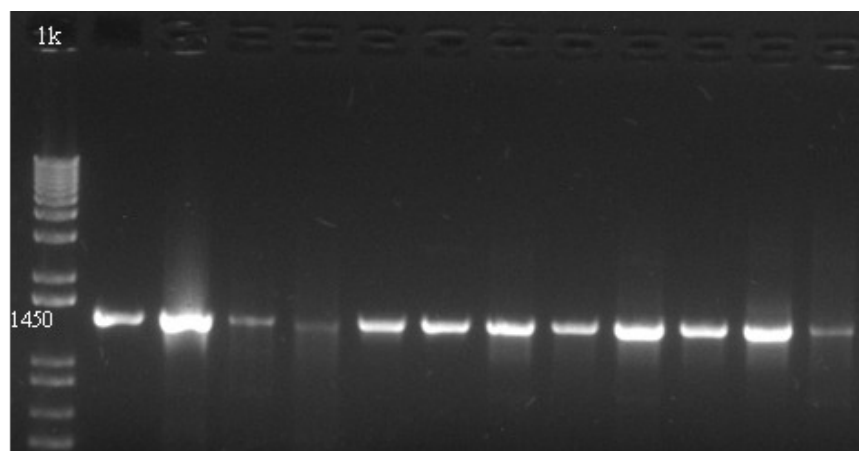
irmão, embora sem suporte de *bootstrap*, de um grande grupo que inclui os isolados PMeV2-ES, PpVQ e PMeV-Mx, revelando que ambos isolados brasileiros (PMeV2-RN e PMeV2-ES) constituem linhagens distintas deste vírus no território brasileiro ou representam eventos de infecções distintos.



**Figura 2.** Árvore mais verossímil obtida a partir das sequências de nucleotídeos do PMeV2-RN e de espécies da família *Tombusviridae* mostrando as relações filogenéticas entre o PMeV2-RN e vírus relacionados. Valores de *bootstrap* (em preto) e probabilidade posterior (em vermelho) são mostrados nos nós. Os nomes do vírus utilizados na análise e seus respectivos números de acesso no Genbank estão listados na Tabela 2. A barra de escala representa o número de substituições por sítio.

### Análises fenética e filogenética entre isolados de PMeV2

Foram sequenciadas 16 amostras (Tabela 1) após extração do RNA total oriundos de látex de mamoeiros com sintomas de meleira. A região genômica escolhida para a análise corresponde a uma parte do gene que codifica a RNA polimerase dependente de RNA com aproximadamente 473aa (RdRp com aproximadamente 1.450 nt) (Figura 3).



**Figura 3.** Gel de agarose 1% mostrando fragmento de 1450pb amplificado em reação de PCR utilizando primers específico para a RdRp do PMeV2. M, marcador de peso molecular 1kb (Invitrogen).

A análise comparativa das sequências dos isolados indicou grau de identidade entre as sequências entre 85,9 e 99,8% (Tabela 3). Esses dados ressaltam o alto grau de conservação entre os isolados analisados, mesmo entre isolados oriundos de regiões distante (Tabela 1), como o 152 (do Rio Grande do Norte), que embora tenha sido coletado em 2009 (oito anos antes dos outros isolados) apresentou alto índice de identidade (variando de 88,8% à 98,7%) com os demais isolados, inclusive àqueles de regiões distantes (Tabela 1). Resultados semelhantes também foram observados na comparação das sequências entre dois isolados de regiões diferentes nos Estados Unidos do *Pea enation mosaic virus* (PEMV-2), outra espécie do gênero *Umbravirus*, com identidade de 94% (VEMULAPATI et al., 2011). Em outros estudos com vírus de ssRNA foi verificado altos valores de identidade em regiões distantes, como: *Potato virus M* (PVM), *Cherry virus A* (CVA), blueberry scorch virus (BlScV), *Grapevine fanleaf virus* (GFLV), *Cherry leaf roll virus* (CLRV) (GE et al., 2014; GAO et al.,

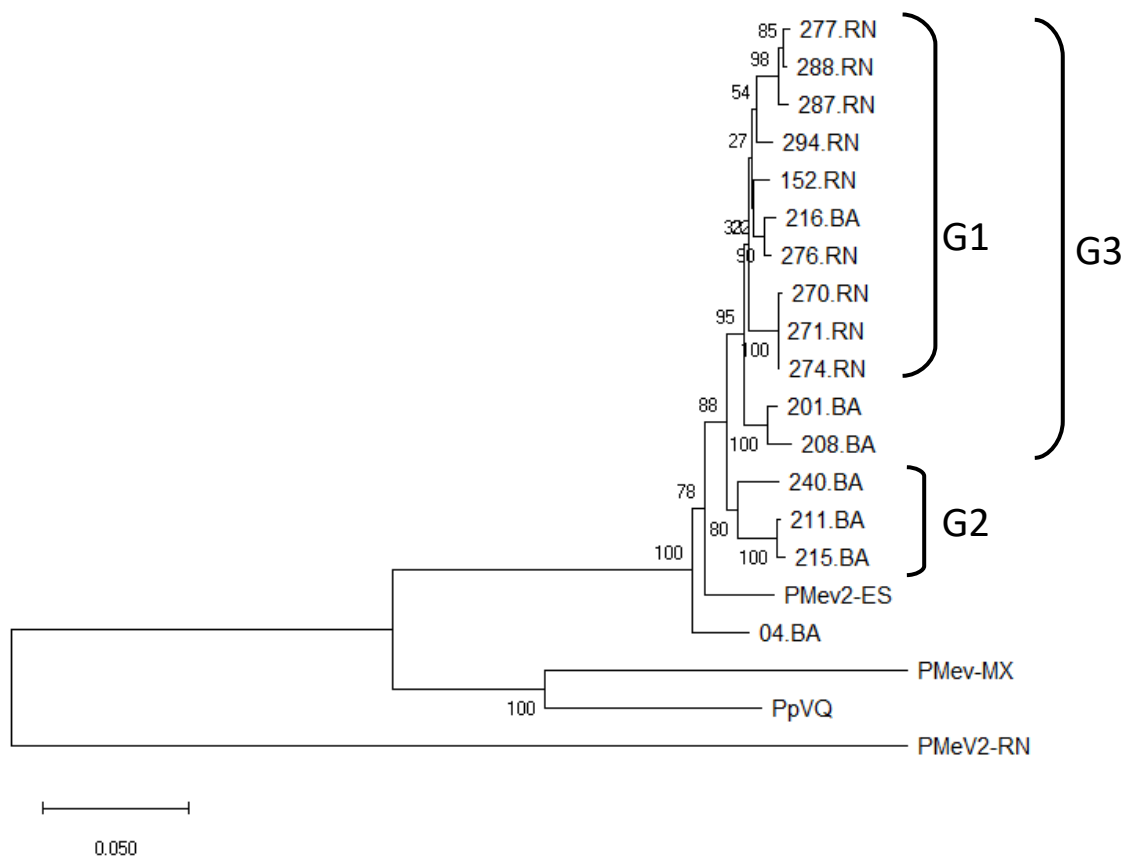
2017; ZHOU et al., 2015; WOO et al., 2014). Em trabalhos sobre a diversidade genética examinando a cápsula proteica (CP) do complexo viral causador da roseta do amendoim (*Groundnut rosette disease*, GRD), formado inclusive por um *Umbravirus* (*Groundnut rosette umbravirus*, GRV), na região da africana, mostrou que o gene da CP estava altamente conservado (97 a 99%), independentemente de sua origem geográfica (DEOM et al., 2000).

Quando comparadas à sequência de nucleotídeos da RdRp do PpVQ e do PMeV-Mx, pertencentes ao gênero *Umbravirus*, os níveis de identidade variaram entre 67,3-71,3% e 64,8-67,2%, respectivamente (Tabela 3). Estes resultados corroboram aos obtidos por Antunes et al. (2016), que detectaram cerca de 70 e 71% de identidade entre as sequências de região da RdRp do PMeV2-ES com as sequências da mesma região do PpVQ e o PMeV-Mx, respectivamente. Entretanto, não é possível afirmar se estes vírus são diferentes isolados da mesma espécie ou espécies distintas, pois as sequências completas do PMeV-Mx e do PpVQ ainda não foram determinadas (ANTUNES et al., 2016). Ademais, as sequências do PpVQ e o PMeV-Mx são 79% idênticas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Matriz de Percentual de identidade genética entre as sequências de nucleotídeos deduzidos da RdRp de isolados da região nordeste do Brasil, e PMeV-ES, PMeV-Mx e PpVQ.

|          | PMeV-MX | PpVQ | 04.BA | 240.BA | PMeV2-ES | 201.BA | 208.BA | 215.BA | 211.BA | 287.RN | 277.RN | 288.RN | 294.RN | 274.RN | 270.RN | 271.RN | 152.RN | 216.BA | 276.RN |
|----------|---------|------|-------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PMeV-MX  | 100     | 79.0 | 64.8  | 67.2   | 66.5     | 65.9   | 65.6   | 65.3   | 64.9   | 65.8   | 65.4   | 66.0   | 66.7   | 66.4   | 65.3   | 65.5   | 65.6   | 67.1   | 67.2   |
| PpVQ     | 79.0    | 100  | 67.3  | 69.7   | 71.0     | 71.3   | 71.1   | 70.7   | 71.0   | 70.8   | 71.1   | 70.9   | 70.6   | 71.1   | 71.1   | 71.3   | 71.3   | 71.2   | 71.4   |
| 04.BA    | 64.8    | 67.3 | 100   | 85.9   | 89.1     | 87.2   | 87.5   | 88.8   | 88.7   | 88.5   | 88.3   | 88.8   | 88.2   | 88.0   | 88.1   | 88.1   | 88.8   | 89.2   | 89.1   |
| 240.BA   | 67.2    | 69.7 | 85.9  | 100    | 91.1     | 91.5   | 91.4   | 93.4   | 93.4   | 92.5   | 92.5   | 92.6   | 92.7   | 92.6   | 92.7   | 92.7   | 92.8   | 93.4   | 93.3   |
| PMeV2-ES | 66.5    | 71.0 | 89.1  | 91.1   | 100      | 94.0   | 93.7   | 94.5   | 94.6   | 94.8   | 94.5   | 94.7   | 95.1   | 94.8   | 94.7   | 94.9   | 95.2   | 95.1   | 95.0   |
| 201.BA   | 65.9    | 71.3 | 87.2  | 91.5   | 94.0     | 100    | 98.7   | 94.8   | 95.1   | 95.8   | 95.7   | 95.9   | 96.5   | 96.1   | 96.1   | 96.3   | 96.9   | 96.4   | 96.2   |
| 208.BA   | 65.6    | 71.1 | 87.5  | 91.4   | 93.7     | 98.7   | 100    | 93.9   | 94.1   | 95.2   | 95.2   | 95.3   | 95.8   | 95.4   | 95.3   | 95.4   | 96.1   | 95.8   | 95.5   |
| 215.BA   | 65.3    | 70.7 | 88.8  | 93.4   | 94.5     | 94.8   | 93.9   | 100    | 99.3   | 95.9   | 95.8   | 95.9   | 96.6   | 96.6   | 96.5   | 96.5   | 96.5   | 96.5   | 96.3   |
| 211.BA   | 64.9    | 71.0 | 88.7  | 93.4   | 94.6     | 95.1   | 94.1   | 99.3   | 100    | 96.2   | 96.0   | 96.2   | 96.7   | 96.6   | 96.8   | 96.8   | 96.7   | 96.6   | 96.5   |
| 287.RN   | 65.8    | 70.8 | 88.5  | 92.5   | 94.8     | 95.8   | 95.2   | 95.9   | 96.2   | 100    | 99.3   | 99.3   | 98.4   | 97.2   | 97.1   | 97.3   | 98.0   | 97.8   | 98.3   |
| 277.RN   | 65.4    | 71.1 | 88.3  | 92.5   | 94.5     | 95.7   | 95.2   | 95.8   | 96.0   | 99.3   | 100    | 99.6   | 98.1   | 97.2   | 97.1   | 97.3   | 97.9   | 97.8   | 98.5   |
| 288.RN   | 66.0    | 70.9 | 88.8  | 92.6   | 94.7     | 95.9   | 95.3   | 95.9   | 96.2   | 99.3   | 99.6   | 100    | 98.2   | 97.3   | 97.2   | 97.4   | 98.0   | 97.9   | 98.4   |
| 294.RN   | 66.7    | 70.6 | 88.2  | 92.7   | 95.1     | 96.5   | 95.8   | 96.6   | 96.7   | 98.4   | 98.1   | 98.2   | 100    | 98.1   | 98.0   | 98.1   | 98.7   | 98.1   | 98.5   |
| 274.RN   | 66.4    | 71.1 | 88.0  | 92.6   | 94.8     | 96.1   | 95.4   | 96.6   | 96.6   | 97.2   | 97.2   | 97.3   | 98.1   | 100    | 99.8   | 99.9   | 98.3   | 97.8   | 98.0   |
| 270.RN   | 65.3    | 71.1 | 88.1  | 92.7   | 94.7     | 96.1   | 95.3   | 96.5   | 96.8   | 97.1   | 97.1   | 97.2   | 98.0   | 99.8   | 100    | 99.8   | 98.2   | 97.8   | 97.9   |
| 271.RN   | 65.5    | 71.3 | 88.1  | 92.7   | 94.9     | 96.3   | 95.4   | 96.5   | 96.8   | 97.3   | 97.3   | 97.4   | 98.1   | 99.9   | 99.8   | 100    | 98.4   | 97.9   | 98.1   |
| 152.RN   | 65.6    | 71.3 | 88.8  | 92.8   | 95.2     | 96.9   | 96.1   | 96.5   | 96.7   | 98.0   | 97.9   | 98.0   | 98.7   | 98.3   | 98.2   | 98.4   | 100    | 98.7   | 98.7   |
| 216.BA   | 67.1    | 71.2 | 89.2  | 93.4   | 95.1     | 96.4   | 95.8   | 96.5   | 96.6   | 97.8   | 97.8   | 97.9   | 98.1   | 97.8   | 97.8   | 97.9   | 98.7   | 100    | 99.3   |
| 276.RN   | 67.2    | 71.4 | 89.1  | 93.3   | 95.0     | 96.2   | 95.5   | 96.3   | 96.5   | 98.3   | 98.5   | 98.4   | 98.5   | 98.0   | 97.9   | 98.1   | 98.7   | 99.3   | 100    |

A análise de agrupamento revelou grande diversidade entre os isolados analisados até o momento (Figura 4), que se agruparam, na sua maioria, em dois grupos. Os isolados coletados no Brasil formaram um grande grupo com BS 100%, com exceção do isolado PMeV2-RN, que possivelmente constitui outra linhagem do vírus no Brasil (ver item anterior). Os isolados do Rio Grande do Norte, com exceção do isolado PMeV2-RN, formaram um grupo com 90% de suporte de *bootstrap* (Grupo 1), entretanto este grupo também inclui o isolado 261 da Bahia. Os isolados da Bahia não formaram grupos preferenciais, ocorrendo em dois grupos distintos, um grupo pequeno, formado pelos isolados 211, 215 e 240 (Grupo 2, BS 80%), e outro com os demais isolados da Bahia e todos os isolados do Rio Grande do Norte (Grupo 3, BS 95%). A única exceção foi o isolado 04, que foi o mais distante dos demais, ocorrendo na base do agrupamento da maioria dos isolados brasileiros, incluindo o isolado do Espírito Santo (BS 100%). O isolado do Espírito Santo, assim como o isolado 04 da Bahia, também apresentou grande divergência genética em relação aos demais, não se agrupando com nenhum outro isolado deste estudo (Figura 4).



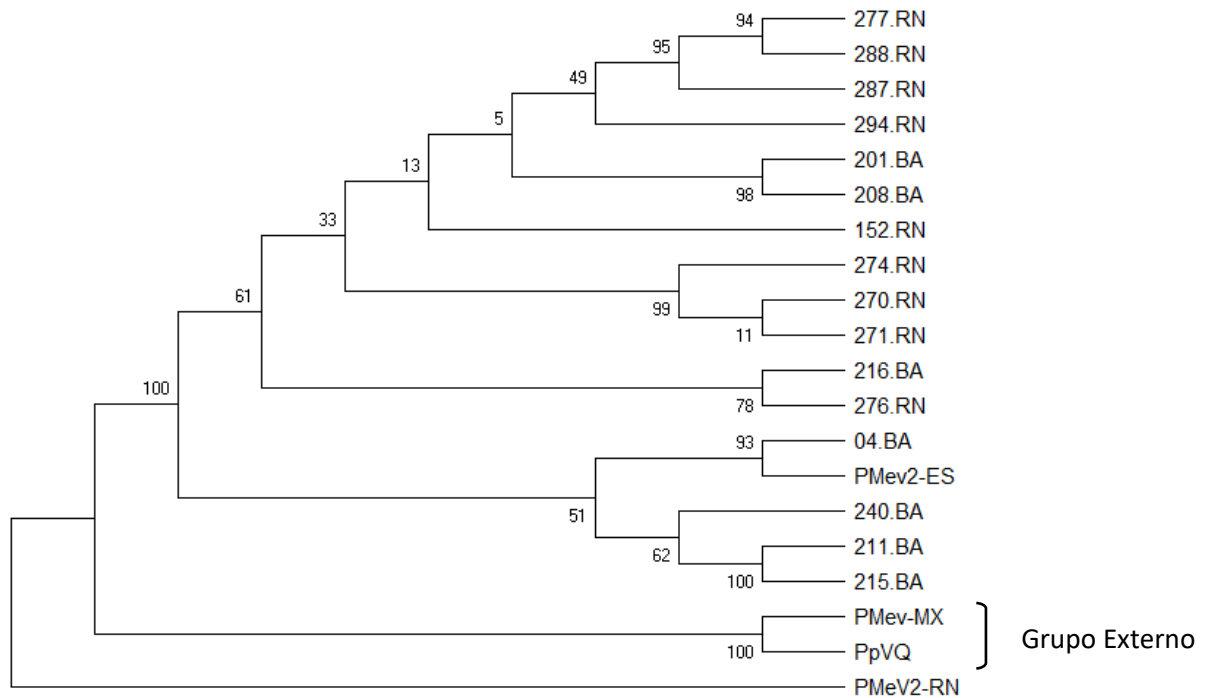
**Figura 4.** Dendrograma obtido a partir das sequências de nucleotídeos da região genômica do gene da replicase (PMeV2 RdRp) de isolados da região nordeste do Brasil, baseado no



modelo de substituição *p-distance* e algoritmo NJ. Os números acima dos ramos indicam valores de *bootstrap* com 1000 repetições.

Em estudos para estimar a diversidade genética do PMeV no Brasil foi verificado níveis de identidades superiores a 88% entre os isolados avaliados. Os valores observados demonstram que a região analisada se mostra conservada, mesmo entre isolados provenientes de regiões distantes (DALTRO et al., 2014). Estes mesmo autores afirmaram que a falta de tendência para o agrupamento de isolados da mesma região ocorreu provavelmente devido à introdução repetida de várias cepas de vírus ao longo dos anos, devido ao constante movimento de vírus por meio de sementes e mudas infectadas ou pelo vetor putativo. Uma vez que, estudos recentes demonstraram que a meleira pode ser transmitida para a geração seguinte através de sementes infectadas (OLIVEIRA, 2019).

A análise filogenética realizada a partir análise de máxima verossimilhança (MV) mostrou que os isolados brasileiros, com exceção do PMeV2-RN, formam um único grupo monofilético altamente sustentado (BS 100%). Este fato já era esperado em vista da alta conservação entre os isolados, evidenciadas pelos altos níveis de identidade, mesmo entre isolados de regiões distantes. Dessa forma, a ausência de variação entre os isolados resultou no baixo sinal filogenético. Daltro et al. (2014) verificaram em estudos sobre a diversidade genética do gene RdRp dos isolados PMeV regiões conservadas, mesmo entre isolados provenientes de regiões distantes. Além disso, é possível observar que os isolados oriundos do mesmo estado não apresentam uma origem única, indicando que diferentes linhagens do vírus estão presentes tanto na Bahia quanto no Rio Grande do Norte. Ademais, foi possível verificar grande proximidade filogenética entre o isolado do Espírito Santo (PMeV2-ES) e o isolado 04 da Bahia (BS 93%) (Figura 5).



**Figura 5.** Árvore mais verossímil obtida a partir da análise da região genômica do gene da replicase (PMeV2 RdRp) de isolados obtidos do látex de mamoeiros com sintomas da meleira da região nordeste do Brasil. Os números apresentados nos ramos indicam suporte de *bootstrap* com 1000 repetições ( $-\ln= 0.597015$ ).

Os resultados obtidos a partir da análise do PMeV2-RN e sequências de outros vírus disponíveis no banco de dados do Genbank, apontam a existência de proximidade filogenética entre este isolado e espécies do gênero *Umbravirus*, e que este isolado, entretanto constitui, possivelmente, uma linhagem do vírus diferente da linhagem a qual pertence o PMeV2-ES. Os vírus gênero *Umbravirus* são dependentes de um vírus auxiliar para encapsidação do RNA. Dessa forma, acredita-se que o PMeV seja o vírus auxiliar do PMeV2 (Antunes et al., 2016). Além disso, o estudo de diversidade genética revelou que a região da RpRd analisada se mostra conservada entre os diferentes isolados do PMeV2, com níveis de identidades próximos aos verificados para outras espécies de vírus com genoma de ssRNA. Conhecer a diversidade do PMeV2 que está associado à meleira do mamoeiro no Brasil é determinante para o melhor entendimento deste patossistema, podendo subsidiar o estabelecimento de métodos diagnóstico e de controle mais eficientes para a doença. As regiões da RpRd que apresentaram maiores níveis de identidade entre os isolados do PMeV2, podem ser usadas objetivando a produção de plantas de mamoeiro resistentes ao vírus da meleira, por meio de

diversas técnicas, como a resistência derivada do patógeno. Esta técnica baseia-se na transformação de plantas com sequências não traduzíveis derivadas do genoma do vírus, atuando por meio do silenciamento gênico pós-transcricional (BAULCOMBE, 2004). Desde modo, é importante o estudo da diversidade de vírus que se pretende controlar, principalmente, quando se trata do controle através do uso de plantas transformadas que expressam o gene deste vírus. O estudo da diversidade, principalmente de um novo vírus associados à meleira do mamoeiro é essencial para melhor compreensão desta interação planta-patogeno, pois os genomas virais são as chaves para se entender como os vírus interagem com as células que eles infectam. Dessa forma, poderá subsidiar o estabelecimento de métodos diagnósticos e de controle mais eficientes para a meleira.

### 3. CONCLUSÕES

- A sequência do PMeV2-RN possui 4.435 nucleotídeos e cerca de 94% de identidade com o PMeV2-ES.
- O PMeV2-RN contém duas ORFs preditas em diferentes fases de leitura. A ORF1 codifica um polipeptídeo de 238 aminoácidos e possui 88% e 47,5% de identidade com a proteína correspondente do PMeV2-ES e PMeV-Mx, respectivamente.
- A ORF2 codifica para uma proteína de 473 aminoácidos, e apresentou 100% de identidade com a proteína referente a RdRp do PMeV2-ES.
- As análises filogenéticas mostraram uma maior proximidade entre os isolados PMeV2-ES, PpVQ, PMeV-Mx do que com os demais isolados da família *Tombusviridae*.
- As sequências dos isolados de diferentes regiões produtoras de mamão no nordeste do Brasil apresentaram alto grau de similaridade.
- Ao menos duas linhagens distintas do PMeV2 ocorrem no Brasil, o PMeV2-RN pertence a uma delas e o PMeV2-ES à outra.

### 4. REFERÊNCIAS

ABREU, P.; ANTUNES, T. F.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; VENTURA, J. A. A Current Overview of the Papaya meleira virus, an

Unusual Plant Virus. **Viruses**, v.7, n.4, p.1853–1870, 2015. doi: 10.3390/v7041853 PMID: 25856636

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.

ARAÚJO, M. M. M.; TAVARES, E. T.; SILVA, F. R.; ALMEIDA MARINHO, V. L.; 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, n. 1-2, p. 305-310, 2007.

BAULCOMBE, D. RNA silencing in plants. **Nature**, v. 431, p. 356-363, 2004.

DALTRO, C. B.; PEREIRAII, A. J.; CASCARDO, R. S.; ALFENAS-ZERBINI, P.; BEZERRA-JUNIOR, J. E. A.; LIMA, J. A. A.; ZERBINI, F. M.; ANDRADE, E. C. Genetic variability of Papaya lethal yellowing virus isolates from Ceará and Rio Grande do Norte States, Brazil. **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.

DARRIBA, D.; TABOADA, G. L.; DOALLO, R.; POSADA, D. jModelTest2: more models, new heuristics and parallel computing. **Nature Methods**, v.9, n.8, p. 772, 2012.

DEOM, C. M.; NAIDU, R. A.; CHIYEMBEKEZA, A. J.; NTARE, B. R.; SUBRAHMANYAM, P. Sequence diversity within the three agents of groundnut rosette disease. **Phytopathology**, v. 90, n. 3, p. 214-219, 2000.

DRUMMOND, A. J.; KEARSE, M.; HELED, J.; MOIR, R.; THIERER, T.; ASHTON, B.; WILSON, A.; STONES-HAVAS, S. **Geneious, version 5.4.4** Biomatters, Auckland, New Zealand, 2011.

GAO, R.; XU, Y.; CANDRESSE, T.; HE, Z.; LI, S.; MA, Y.; LU, M. Further insight into genetic variation and haplotype diversity of Cherry virus A from China. **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, 2017.

GE, B.; HE, Z.; ZHANG, Z.; WANG, H.; LI, S. Genetic variation in potato virus M isolates infecting pepino (*Solanum muricatum*) in China. **Archives of virology**, v. 159, n. 12, p. 3197-3210, 2014.

IBGE. **Banco de Dados Agregados: produção agrícola municipal**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso: 11 maio de 2020.

MILLER, M. A.; PFEIFFER, W.; SCHWARTZ, T. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees. In: **Proceedings of the Gateway Computing Environments Workshop (GCE)**, New Orleans, p. 1-8, 2010.

NEI, M.; KUMAR S. **Molecular Evolution and Phylogenetics**. Oxford University Press New York, 2000.

KITAJIMA, E. W.; RODRIGUES, C. H.; SILVEIRA, J. A.; 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**, 18: 118–122, 1993.

KUMAR, S.; STECHER, G.; LI, M.; KNYAZ, C.; TAMURA, K. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. **Molecular Biology and Evolution**, v. 35, n. 6, p. 1547-1549, 2018.

OLIVEIRA, S. A. **Transmissão vertical e localização do papaya meleira virus (PMeV) em tecidos embrionários de *Carica papaya* L.** 2019. 84 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

PEREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; CORTES-VELAZQUEZ, A.; QUIJANO-RAMAYO, 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.

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.

RYABOV, E.; TALIANSKY, M.; ROBINSON, D. G.; WATERHOUSE, P. M.; ZOETEN, G. A.; FALK, B. W.; GIBBS, M. J. Genus Umbravirus. **Virus Taxonomy: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses**. Virus Taxonomy, p. 1191-1195, 2012.

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. In: **Selecta de Trabalhos sobre a Meleira do mamoeiro**. Linhares, EMCAPA, p. 118, 1989.

RONQUIST, F.; HUELSENBECK, J. P. MrBayes 3: Bayesian Phylogenetic inference under mixed models. **Bioinformatics**, v.19, n.12, p. 1572-1574, 2003.

SYLLER, J. Molecular and biological features of umbraviruses, the unusual plant viruses lacking genetic information for a capsid protein. **Physiological and molecular plant pathology**, v. 63, n. 1, p. 35-46, 2003.

TALIANSKY, M. E.; ROBINSON, D. J. Molecular biology of umbraviruses: phantom warriors. **Journal of General Virology**, v. 84, n. 8, p. 1951-1960, 2003.

TAVARES, E. T.; TATAGIBA, J. S.; VENTURA, J. A.; SOUZA JR, M. T. Dois novos sistemas de diagnose precoce da meleira do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**. v. 29, n.5, p.563-566, 2004.

THOMPSON, J. D.; HIGGINS, D. G.; GIBSON, T. J.; CLUSTAL W. Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. **Nucleic Acids Research**, v 22, p. 4673-4680, 1994.

VEMULAPATI, B.; DRUFFEL, K. L.; EIGENBRODE, S. D.; KARASEV, A.; PAPPU, H. R. Genomic characterization of pea enation mosaic virus-2 from the Pacific Northwestern USA. **Archives of virology**, v. 156, n. 10, p. 1897, 2011.

WOO, E. N. Y.; PEARSON, M. N. Comparison of complete nucleotide sequences and genome organization of six distinct cherry leaf roll virus isolates from New Zealand. **Archives of virology**, v. 159, n. 12, p. 3443-3445, 2014.

ZAMUDIO-MORENO, E.; RAMIREZ-PRADO, J. H.; MORENO-VALENZUELA, O. A.; et al. Early diagnosis of a Mexican variant of Papaya meleira virus (PMeV-Mx) by RT-PCR. **Genetics and Molecular Research**, v.14, n. 1, p. 1145–1154, 2015.

ZHOU, J.; FAN, X.; DONG, Y.; PING ZHANG, Z.; REN, F.; HU, G. Detection and genetic variation analysis of grapevine fanleaf virus (GFLV) isolates in China. **Archives of virology**, v. 160, p. 2661–2667, 2015.

### **CAPÍTULO 3**

#### **IMPACTOS DOS DANOS CAUSADOS PELA MELEIRA NA RENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE MAMÃO NO EXTREMO SUL DA BA**



## **IMPACTOS DOS DANOS CAUSADOS PELA MELEIRA NA RENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE MAMÃO NO EXTREMO SUL DA BAHIA**

Alírio Jose da Cruz Neto<sup>1</sup>, Áurea Fabiana A. de Albuquerque Gerum<sup>2</sup>, Arlene Maria Gomes Oliveira<sup>2</sup>, Cristiane de Jesus Barbosa<sup>2</sup>, Alessandra Selbach Schnadelbach<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudante de Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: alirioneto@hotmail.com; <sup>2</sup>Pesquisador(a) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, e-mails: aurea.albuquerque@embrapa.br, arlene.oliveira@embrapa.br, cristiane.barbosa@embrapa.br

<sup>3</sup>Professora da Universidade Federal da Bahia, e-mail: alessandra.schnadelbach@gmail.com

### **RESUMO**

A meleira é uma das principais viroses que afetam a cultura do mamoeiro, mas há carência de informações dos seus danos econômicos. Este trabalho avaliou os prejuízos provocados pela meleira na rentabilidade da produção de mamão no Extremo Sul da Bahia. A avaliação tomou por base os coeficientes técnicos do sistema de produção integrada do mamoeiro para o Sul da Bahia e informações obtidos de produtores e consultores técnicos nos municípios baianos de Eunápolis, Itabela e Porto Seguro. Os coeficientes técnicos considerados apresentam o quantitativo necessário para um hectare de mamão, dos grupos Formosa e Havaí sob condições irrigadas. A partir destes coeficientes foi realizada a análise de rentabilidade. Para os cálculos dos danos causados pela meleira foram consideradas perdas referentes a 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% e 60% de plantas erradicadas. Os indicadores de rentabilidade utilizados foram o VPL, a TIR e a Relação B/C. Considerando-se o levantamento dos preços médios pagos ao produtor, os indicadores de rentabilidade para a variedade de mamão Havaí foram positivos para até 40% de perdas, enquanto os do Formosa foi até 50% de perdas.

Palavras-chaves: Mamoeiro; PMeV; Viabilidade econômica; Custo de produção.

### **ABSTRACT**

The meleira is one of the main viruses that affect the papaya culture, but there is a lack of information about its economic damage. This work evaluated the damages caused by the meleira in the profitability of the papaya production in the Extreme South of Bahia. The evaluation was based on the technical coefficients of the integrated papaya production system for the south of Bahia and information obtained from producers and technical consultants in the municipalities of Eunápolis, Itabela and Porto Seguro. The technical coefficients considered present the amount needed for one hectare of papaya, from the Formosa and

Hawaii groups under irrigated conditions. Based on these coefficients, the profitability analysis was performed. For calculations of the damage caused by the meleira, losses of 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% and 60% of eradicated plants were considered. The profitability indicators used were NPV, IRR and B/C ratio. Considering the survey of the average prices paid to the producer, the profitability indicators for the Hawaii papaya variety were positive for up to 40% of losses, while those in Formosa were up to 50% of losses.

**Key-words:** Papaya; PMeV; Economic viability; Production cost.

## 1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro é de grande importância econômica para o Brasil. Sua relevância está fundamentada em ser uma das poucas frutíferas capazes de produzir por todo o ano. É cultivada e consumida nas regiões tropicais e subtropicais, sendo os principais países produtores a Índia, Brasil, Nigéria, México, Indonésia e República Dominicana (FAOSTAT, 2017). A produção brasileira de mamão em 2018 foi de aproximadamente 1,06 milhões de toneladas, em uma área de 27,250 mil hectares (IBGE, 2018). As variedades de mamoeiro mais exploradas comercialmente no Brasil pertencem aos grupos Solo e Formosa.

Dentre as regiões produtoras, destaca-se a região Nordeste com aproximadamente 53% da produção nacional, seguida da Sudeste (39%), Norte (5,5%), Centro-Oeste (1,6%) e Sul (0,3%) (IBGE, 2018). O Brasil é o segundo maior exportador de mamão, destinando a fruta para países da Europa e principalmente, aos Estados Unidos. Em 2019 cerca de 39 mil toneladas da fruta foram embarcadas (SECEX, 2019). Estas exportações foram possíveis em virtude da criação de um programa de redução de riscos de infestação do mamão por mosca das frutas, chamado “systems approach”, que inclui um conjunto de tecnologias com forte base biológica e ecológica, permitindo a exportação de mamão para os Estados Unidos. Este sistema reduz consideravelmente os riscos da presença de larvas de mosca das frutas em frutos de mamão, dispensando qualquer aplicação de produto fitossanitário pós-colheita para o seu controle (MARTINS; MALAVASI, 1999).

A Bahia é o segundo maior estado produtor, com cerca de 337 mil toneladas e produtividade média de 36,01 t ha<sup>-1</sup>, ficando atrás do Espírito Santo com 354 mil toneladas e 54,50 t ha<sup>-1</sup> de produtividade média (IBGE, 2018). Os municípios que integram a região do extremo sul da Bahia contribuem com cerca de 52% da produção baiana de mamão (IBGE,

2018). Dentre estes destacam-se Prado, Mucuri, Porto Seguro, Itamaraju e Eunápolis, respectivamente (IBGE, 2018). Apesar da posição de destaque, o estado da Bahia tem sua produtividade e rendimento econômicos comprometidos, principalmente, por problemas fitossanitários. As principais doenças que acometem a cultura são as viroses, como o vírus da mancha anelar (*Papaya ringspot virus* – PRSV-p), e o vírus da meleira (*Papaya meleira virus* - PMeV) (DANTAS; OLIVEIRA, 2009).

A meleira foi relatada inicialmente em pomares do Norte do Espírito Santo e Extremo Sul da Bahia na década de 1980, disseminando-se nas principais regiões produtoras de mamão do país, e se tornando um dos principais fatores limitantes para a cultura (KITAJIMA et al., 1993; ABREU et al., 2015). Neste cenário, a meleira tem provocado grandes perdas na produção e quedas no rendimento, podendo levar à eliminação total das plantações infectadas (LIMA e LIMA, 2002; VIDAL et al., 2004).

O sintoma principal da meleira é a exsudação espontânea do látex nos frutos, que oxida, dando o aspecto melado ao fruto. O agente etiológico da meleira é o papaya meleira virus (PMeV), que possui partículas isométricas, e genoma composto por uma molécula de RNA fita dupla (dsRNA) de aproximadamente 8,8 kb (DALTRO et al., 2014; ABREU et al., 2015). Recentemente, foi identificado um segundo vírus associado a plantas com sintomas de meleira. O vírus, denominado Papaya meleira virus 2 (PMeV2), possui genoma de RNA fita simples (ssRNA) com tamanho aproximado de 4,5 kb, encapsidado pela capa protéica do PMeV (ANTUNES et al., 2016).

Até o momento, a identificação dos sintomas e remoção das plantas infectadas (*roguing*) tem sido a estratégia mais eficiente de controle da doença no campo (VENTURA et al., 2003). A meleira infecta pelo menos 20% das plantas durante o ciclo econômico da cultura. Em alguns pomares, onde o *roguing* não vem sendo realizado, a incidência da doença pode atingir até 100% (VENTURA et al., 2003; ABREU et al., 2015). Ademais, a legislação vigente nos estados da Bahia e Espírito Santo exige que os produtores façam a erradicação das plantas infectadas. A Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, pela Portaria N°134, de 17 de novembro de 1997, determinou a interdição de propriedades no Espírito Santo, quando comprovada a presença de meleira. A legislação no estado da Bahia, através da Portaria nº 086, de 17 de abril de 1998, determina eliminação dos mamoeiros infectados ou suspeitos do ataque de viroses ou de pragas de etiologia ainda desconhecida neste estado, bem como as plantas hospedeiras do agente causal e seus possíveis vetores, onde forem registrados oficialmente os focos. Diante dos resultados positivos com a prática do *roguing*, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da

Secretaria de Defesa Agropecuária, tornou obrigatória esta prática para o controle da mancha anelar e da meleira nas áreas produtoras de mamão que se destinam à exportação, no território nacional (Instrução Normativa nº 17, de 27 de maio de 2010).

Ventura et al. (2015), em estudos comparativos sobre a adoção do *roguing* como estratégia de controle da meleira e mancha anelar, constataram resultados bastante satisfatórios. Embora seja uma estratégia eficiente, deve ser associada a outras técnicas de manejo, como a capacitação dos “pragueiros”, visando identificar precocemente as plantas infectadas em campo; o manejo das plantas espontâneas; a desinfestação do material de desbaste e colheita de frutos (ABREU et al., 2015). Com essas medidas em conjunto, conseqüentemente ocorrerá a redução da taxa de disseminação da doença no campo, minimizando as perdas econômicas.

Neste sentido, esse trabalho tem como objetivo determinar os prejuízos provocados pela meleira na rentabilidade da cadeia produtiva do mamoeiro no Extremo Sul da Bahia.

## **2. MATERIAL E METODOS**

### **Caracterização do local de estudo e Fonte de dados**

A escolha da área de estudo foi motivada pelo fato da região do Extremo Sul da Bahia ser responsável por grande parte da produção de mamão do país (mais de 177 mil toneladas) (IBGE 2018). Os levantamentos das perdas e correspondentes problemas na produção ocorreu mediante a realização de 14 entrevistas dirigidas (com o método *face to face*) junto aos responsáveis técnicos (RT) e produtores de mamão nos municípios baianos de Eunápolis, Itabela e Porto Seguro. Foram entrevistados nove responsáveis técnicos que prestam consultoria a cerca de 30 produtores, e cinco proprietários de pomares de mamoeiro na região do extremo Sul da Bahia. As entrevistas foram concedidas entre março de 2016 e maio de 2017, cujo roteiro englobou 12 perguntas abertas sobre os principais problemas no cultivo do mamoeiro, monocultivo/consórcio, preço e mercado, pragas e doenças, custos com pragueiro, perdas com meleira e expectativas futuras com a cultura.

### **Coefficientes técnicos e Custo de produção**

Os coeficientes técnicos considerados neste trabalho estão baseados no sistema de produção integrada do mamoeiro para o Sul da Bahia (EMBRAPA, 2019), além de informações levantadas junto aos produtores, consultores e responsáveis técnicos das propriedades com cultivo de mamão. As tabelas com os coeficientes técnicos apresentam o quantitativo necessário de insumos referente a um hectare de mamão do grupo Formosa e do grupo Solo (Havaí) sob condições irrigadas (gotejamento ou microaspersão). Os coeficientes técnicos expressam as quantidades de insumos necessários, por hectare da cultura, em tonelada, quilograma ou litro (corretivos, fertilizantes, mudas e defensivos), em horas (máquinas e equipamentos) e em dia de trabalho.

A análise de rentabilidade do cultivo tanto do mamão Havaí quanto do mamão Formosa tomou como base os coeficientes técnicos dos sistemas de produção supracitados, e as informações obtidas junto aos produtores, consultores e responsáveis técnicos entrevistados.

Os indicadores de rentabilidade utilizados foram o VPL (Valor Presente Líquido), a TIR (Taxa Interna de Retorno) e a Relação B/C (Benefício/Custo). O Valor Presente Líquido (ou Valor Atual Líquido) consiste em transferir para o instante atual todas as variações de caixa esperadas (entradas menos saídas ou receitas menos custos), descontá-las a uma determinada taxa de juros (Taxa Mínima de Atratividade ou TMA), e somá-las algebricamente. Neste caso, todos os valores referentes aos anos 2 e 3 foram ‘trazidos’ ao ano 1. A TIR de um projeto é a taxa que torna nulo o VPL do fluxo de caixa do investimento (neste caso, com a cultura do mamoeiro). A taxa-base de desconto considerada foi de 8% a.a., correspondente à Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) do período especificado. Os preços médios pagos ao produtor considerados foram coletados na região, sendo os mesmos constantes do Sistema de Produção Integrada do Mamoeiro para o Sul da Bahia (EMBRAPA, 2019), em reais (R\$).

As fórmulas para o Valor Presente Líquido (1) e Taxa Interna de Retorno (2) são (PONCIANO et al., 2004):

$$VPL = \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n}$$

(1)

$$0 = \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n}$$

(2)

Sendo

FC = Fluxo de Caixa (Custo menos Receita, ou Entradas menos saídas)

TMA = Taxa Mínima de Atratividade

Para os cálculos dos danos causados pela meleira foram utilizados os índices de 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% e 60% de plantas erradicadas, valores que foram citados pelos produtores e responsáveis técnicos contatados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o levantamento realizado através das entrevistas junto aos produtores de mamão no Extremo Sul da Bahia, os maiores problemas que afetam a cultura são, para 71% dos respondentes, o vírus da meleira – responsável por grandes perdas nas lavouras, a mancha anelar (segundo metade dos inquiridos) e a presença do ácaro, com 21% das respostas. Ainda neste contexto, 14% dos produtores e consultores entrevistados citaram que a constante variação do preço pago pela fruta é um fator limitante para a sustentabilidade da produção. Nas áreas visitadas, os pomares de mamão são consorciados com o café, em razão deste último ter maior estabilidade de preço e menor custo com manejo de pragas e doenças. Neste cenário, a cultura do mamão vem perdendo espaço para a do café, tornando-se secundária na região em estudo. Ainda de acordo com o levantamento realizado, o mamão mais produzido entre os produtores entrevistados (90%) foi o Havaí (Grupo Solo).

Apesar da posição destaque da região do extremo sul da Bahia no que diz respeito à produção de mamão, nota-se uma constante redução tanto nas áreas destinadas ao plantio, quanto na quantidade produzida. O método atualmente eficaz para controle da doença é a utilização de técnicos (pragueiros) com habilidade em identificar os sintomas ainda em estágio precoce. Sendo assim, verificou-se que em 80% das propriedades existem pragueiros fixos, e os custos médios mensais com esta mão-de-obra ficam em torno de 1,5 salário mínimo. Quanto às perdas nas propriedades causadas por meleira, em 65% já houve corte de plantas infectados pela virose.

Cerca de 65% dos entrevistados responderam que não pretendem aumentar a área de cultivo, em decorrência dos baixos preços médios de comercialização e suas constantes oscilações, levando-os a pensar em priorizar a cultura do café. Já 80% dos produtores

informaram que não pretendem expandir a área plantada devido ao recente histórico de preços desfavoráveis. Nas entrevistas foi abordado, também, se o produtor já pensou em desistir do plantio de mamoeiro, tendo a metade dos entrevistados respondido ‘Sim’ (apenas um afirmou pretender aumentar a área de plantio, pois produz para o mercado externo).

Com base nas informações obtidas (nas entrevistas) com os responsáveis técnicos e produtores de mamão, o vírus da meleira gera, na região, perdas nas lavouras de mamoeiro, variando de 5% a 60%. No México foi relatado 78% de cortes proporcionados pela meleira (MAGAÑA-ALVAREZ et al., 2013). Ademais, quando não são adotadas estratégias de manejo, as perdas em pomares podem chegar a 100% (VENTURA et al., 2003; 2004). Os entrevistados afirmaram que em propriedades mais tecnificadas as perdas são reduzidas para 5%, uma vez que nesses locais há uso de práticas de combate às viroses, como o *roguing*, e a contratação de pragueiros. Para as propriedades medianamente e pouco tecnificadas as perdas aumentam para 10-20% e 20-30%, respectivamente. Por outro lado, a utilização destas práticas, principalmente a contratação de pragueiros, que recebem em torno de um a três salários mínimos, tendem a encarecer o produto final.

Os preços equivalentes ao mamão na região foram coletados entre maio de 2016 e fevereiro de 2019. Na primeira coleta os valores atribuídos ao mamão Havaí na região do extremo sul giravam em torno de R\$ 5,00 a R\$ 7,00/kg, em virtude da crise hídrica no período, enquanto o grupo Formosa não ultrapassou o valor de R\$ 1,50 o quilograma. Em agosto de 2017, o preço do Havaí variou entre R\$ 0,20 a R\$ 0,45/kg, forçando muitos produtores a não colher, pois a esses preços os gastos com a colheita aumentavam mais ainda a diferença entre a receita e o custo total. Já os valores pagos ao produtor, em fevereiro de 2019, para o mamão Havaí, variou entre R\$ 1,30 a R\$ 1,50/kg, e para o mamão formosa situavam-se em torno de R\$ 0,80/kg. Para estabelecer os valores referentes à rentabilidade do mamão Havaí e do Formosa, respectivamente, o preço médio considerado foi de R\$ 0,70 o kg para o mamão Havaí, e R\$ 0,60 kg para o mamão Formosa.

Com base nos coeficientes técnicos de produção estimados e precificados, para um hectare, a partir dos sistemas de produção integrada do mamoeiro para o Sul da Bahia – Havaí e Formosa, juntamente com a produtividade esperada (EMBRAPA, 2019). Foram elaboradas as tabelas com os coeficientes de produção para 1ha do mamão Havaí e Formosa (Tabelas 1 e 3), os indicadores de rentabilidade (Tabelas 2 e 4) e os indicadores de rentabilidade com a presença de meleira a diferentes taxas de incidência (Tabelas 5 e 6), com a taxa de incidência da doença variando de pomares, conforme informações obtidas junto aos produtores, consultores agrícolas e responsáveis técnicos contatados).

No custo operacional efetivo (COE), estimado para a cultura de mamão Havaí, pode ser verificado na Tabela 01. No primeiro ano de plantio o custo operacional efetivo (COE) foi de R\$ 27.167,76, R\$ 20,539.17 no segundo ano e R\$ 10.513,17 no último ciclo (Tabela 01). As maiores despesas foram observadas com os insumos de produção, representando quase 27,11% deste valor, seguidas pelas despesas com tratos culturais/fitossanitários e preparo do solo/plantio, com cerca de 24,90% e 16,60%, respectivamente, no primeiro ano de plantio. Esse percentual é esperado no primeiro ano, pois é quando ocorre o processo de implantação da lavoura. No segundo ano estas posições se invertem, e as maiores despesas são com os tratos culturais e fitossanitários (R\$ 7.530,00), representando cerca de 36,6% do total. Este cenário se repete também no terceiro ano: os custos com tratos culturais e fitossanitários representam cerca de 33% do total. O custo operacional total (COT), que representa a soma do COE mais os encargos financeiros (juros de custeio) e o custeio da terra, são também apresentados na Tabela 1.

No custo operacional efetivo (COE), estimado para a mamoeiro do grupo Formosa, encontra-se na Tabela 3. As maiores despesas foram observadas para os insumos (29,97%), seguido por custos com tratos culturais e fitossanitários (22,75%) (Tabela 3). O alto custo na etapa de plantio é decorrente da maior parte da aquisição de insumos serem adquiridos nessa fase, bem como os adubos e as mudas (FEITOSA et al., 2018). Já no segundo e terceiro anos as maiores despesas são representadas pela colheita e tratos culturais e fitossanitários. A colheita do mamão é realizada manualmente e distribuída ao longo do ano todo, sendo mais expressiva no segundo ano de produção. O COT para o mamão Formosa, considerando os três anos mais as taxas de juros de 8% (a.a), é apresentado na Tabela 4.

Os indicadores de rentabilidade são apresentados nas tabelas 2 e 4. O indicador de Valor Presente Líquido (VPL), considerando a TMA de 8% (a.a), foi positivo para ambas os grupos Havaí e Formosa (R\$ 20.549,79 e R\$ 34,727.36, respectivamente). A taxa interna de retorno (TIR) de 111,07% e 207,18%, respectivamente, expressa a viabilidade econômica satisfatória de ambos os grupos cultivados no Extremo Sul baiano (Tabelas 2 e 4). Para cada 1,00 investido no cultivo do “mamão Solo” tem-se um retorno bruto de R\$ 1,36, enquanto para o Formosa esse valor foi de R\$ 1,54 (Tabelas 2 e 4). Relação inferior a 1,0 é um indicativo de inviabilidade do empreendimento, visto que o valor atualizado de entrada de caixa (receita) é menor do que a saída (custo). Resultados semelhantes foram encontrados por Feitosa et al. (2018), em pomares de mamoeiro irrigado no estado do Ceará, que verificou uma relação B/C máxima de 1,58.



Para os cálculos dos danos causados pela meleira foram utilizadas as porcentagens de perdas relatadas pelos produtores e responsáveis técnicos, variando de 5% a 60% (Tabelas 5 e 6). A cada percentual de perda por meleira considerada (produção por planta), foram ajustadas tanto a produtividade esperada quanto a quantidade dos insumos que mudam de acordo com a quantidade de plantas por hectare, para os anos 2 e 3 do pomar, exceto para o primeiro ano de produção, pois não há relatos de perdas pela meleira em pomares novos.

Observou-se que para o Havaí os indicadores de rentabilidade foram positivos até 40% de perdas; após isto, são negativos (Tabela 5). Pouco acima de 40% de perdas de plantas, devido à incidência da meleira, a continuidade com a lavoura não é mais recomendada, cujos indicadores de rentabilidade apresentam-se negativos (Tabela 5). O custo unitário por tonelada para o mamão Havaí, nos diferentes cenários para a doença, é o principal indicador a balizar esta decisão frente aos preços esperados ao produtor pela fruta. A variedade Formosa se manteve positiva até 50% de perdas. Entretanto, em 50% a TIR é de 4,35%, abaixo da TMA de 8% (Tabela 6). Dessa forma, em até 40% de perdas os indicadores de rentabilidade para o mamão Formosa são recomendáveis.

Desse modo, os indicadores de rentabilidade (VPL, Relação B/C e a TIR) para esta cultivar, em todos os cenários de perdas para a meleira, foram positivos (Tabela 6). Apesar dos resultados positivos, os indicadores sofreram reduções que podem inviabilizar a continuidade do pomar, a depender da variação nos custos de produção e nos preços pagos ao produtor pelo mamão.

Com base no exposto, pode-se afirmar que a produção tanto de mamão Havaí quanto de Formosa irrigados no perímetro do Extremo Sul da Bahia, seguindo as recomendações técnicas dos sistemas de produção, apresentam boa rentabilidade.

Dessa forma, as informações sobre os danos econômicos da meleira na cadeia produtiva do mamoeiro no Extremo Sul da Bahia, em diferentes cenários, poderão ser úteis para respaldar ações público-privadas para o controle regional desta virose no agronegócio do mamoeiro.

#### **4. CONCLUSÕES**

- Os grupos de mamoeiro Havaí e Formosa foram viáveis economicamente para a região em estudo, de acordo com os indicadores de rentabilidade avaliados.
- Observou-se que os indicadores de rentabilidade para a Havaí e Formosa foram positivos para até 40% de perdas.

- Como o avanço da meleira é inversamente proporcional ao aumento da acurácia dos pragueiros, aliada à rápida eliminação das plantas infectadas antes que outras sadias sejam infestadas, o percentual de perdas é minimizado com treinamentos.

## 5. REFERÊNCIAS

ABREU, P.; ANTUNES, T. F.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; VENTURA, J. A. A Current Overview of the Papaya meleira virus, an Unusual Plant Virus. **Viruses**, v.7, n.4, p. 1853–1870, 2015. doi: 10.3390/v7041853 PMID: 25856636

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.

DALTRO, C. B.; PEREIRAI, A. J.; CASCARDO, R.S.; ALFENAS-ZERBINI, P.; BEZERRA-JUNIOR, J. E. A.; LIMA, J. A. A.; ZERBINI, F. M.; ANDRADE, E. C. Genetic variability of Papaya lethal yellowing virus isolates from Ceará and Rio Grande do Norte States, Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v.39, p. 104-108, 2012.

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, Fortaleza (CE), 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Sistema de produção integrada. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 15 de março 2019.

FAOSTAT. **FAOSTAT Production 2017**. Available online: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em 11 de novembro 2018.

FEITOSA, E. O.; ARAÚJO, A. F. B.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; BEZERRA, F. M. L. Análise de custos e rentabilidade na produção de mamão irrigado no semiárido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2293-2304, 2018.

IBGE. **Banco de Dados Agregados: produção agrícola municipal**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso: 11 maio 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 viruslike particles, restricted to laticifers, with Meleira (sticky disease) of papaya (*Carica papaya*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 8, p. 118-122, 1993.

LIMA, R. C. A.; LIMA, J. A. A. Viroses em mamoeiro e alternativas de controle. Secretaria da Agricultura Irrigada, Fortaleza, **Boletim Técnico**, 2002.

MARTINS, D. S.; MALAVASI, A. Aplicação do “sistem approach” para exportação de frutas com ênfase para o mamão (papaya) brasileiro. **Exigências Quarentenárias para Exportação de Frutas Tropicais e Subtropicais**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT/CYTED/ CONACYT, p.97-112, 1999.

MAGAÑA-ALVAREZ, A. **Evaluación de la transmisión de Papaya Meleira Virus (PMeV) por Semillas**. Maestría; Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.: Mexico, Mexico, 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº 17 de 27 de maio de 2010**. DOU, n. 42, seção 1, maio. 2010.

PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M.; MATA, H. T. C.; VIEIRA, J. R.; MORGADO, I. F. Análise e viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte Fluminense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 4, p. 615-635, 2004.

SECEX - Secretaria de Comércio Exterior; MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Balança comercial brasileira – dados consolidados 2019. Disponível em: Acesso em: 05 de março. 2019.

VENTURA J. A.; MARTINS, D. S.; FERREGUETTI, G. A. Eficiência do *roguing* como estratégia de manejo da meleira e mosaico do mamoeiro, pp. 1–6. In Martins DS (Ed.), **Anais do Simpósio do papaya brasileiro: tecnologia de produção e mercado para o mamão brasileiro**. Incaper, Vitória, Brasil (CD ROM). 2015.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. 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, p. 267-276, 2003.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J.S. Papaya Diseases and Integrated Control. **Diseases of Fruits and Vegetables: Volume II**, p.201–268, 2004. [https://doi.org/10.1007/1-4020-2607-2\\_7](https://doi.org/10.1007/1-4020-2607-2_7)

VIDAL, C. A.; LARANJEIRA, F. F.; NASCIMENTO, A. S.; HABIBE, T. C. Distribuição Espacial da Meleira do Mamoeiro em Zonas de Trópico Úmido e Trópico Semi-Árido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n.2, p. 177-182, 2004.

**Tabela 1.** Coeficientes técnicos para produção de 1 hectare de mamão Havaí (Grupo Solo) irrigado por gotejamento ou microaspersão, com espaçamento em fileira simples 3,0m x 2,0m (1.666 plantas), e produtividade esperada de 15 t/ha no primeiro ano, 65 t/ha no segundo ano e 30 t/ha no terceiro ano.

| ESPECIFICAÇÃO                                  | PREÇO/<br>UNI | Ano 1    |           | Ano 2           |           | Ano 3           |           |                 |
|--|---------------|----------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
|  |               | Quant.   | Valor R\$ | Quant.          | Valor R\$ | Quant.          | Valor R\$ |                 |
| <b>1 . INSUMOS</b>                             |               |          |           |                 |           |                 |           |                 |
| Produção de mudas                              | uni           | 0.19     | 5,000.00  | 950.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Sementes                                       | kg            | 1,700.00 | 0.15      | 255.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Calcário dolomítico                            | t             | 240.00   | 3.20      | 768.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Esterco de curral                              | t             | 150.00   | 4.60      | 690.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Super simples (1)                              | sc 50 kg      | 51.75    | 19.00     | 983.25          | 10.00     | 517.50          | 5.00      | 258.75          |
| Cloreto de potássio (1)                        | sc 50 kg      | 80.00    | 12.00     | 960.00          | 10.00     | 800.00          | 4.00      | 320.00          |
| Ureia (1)                                      | sc 50 kg      | 77.00    | 13.00     | 1,001.00        | 9.00      | 693.00          | 4.00      | 308.00          |
| Micronutrientes (FTE)                          | sc 50 kg      | 75.00    | 2.00      | 150.00          | 1.00      | 75.00           | 0.00      | 0.00            |
| Sementes leguminosa                            | kg            | 8.00     | 60.00     | 480.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Espalhante adesivo                             | l             | 105.00   | 3.00      | 315.00          | 3.50      | 367.50          | 3.00      | 315.00          |
| Formicida (pó e granulado)                     | kg            | 11.00    | 8.00      | 88.00           | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Fungicidas                                     | kg            | 44.00    | 10.00     | 440.00          | 14.00     | 616.00          | 5.00      | 220.00          |
| Inseticida                                     | kg            | 35.00    | 3.00      | 105.00          | 3.00      | 105.00          | 2.00      | 70.00           |
| Acaricida                                      | l             | 35.00    | 3.00      | 105.00          | 3.00      | 105.00          | 2.00      | 70.00           |
| Herbicidas                                     | l             | 12.50    | 6.00      | 75.00           | 4.00      | 50.00           | 2.00      | 25.00           |
| <b>Subtotal (R\$)</b>                          |               |          |           | <b>7.365,25</b> |           | <b>3.329,00</b> |           | <b>1.586,75</b> |
| <b>Participação percentual</b>                 |               |          |           | <b>27.11</b>    |           | <b>16.21</b>    |           | <b>15.09</b>    |
| <b>2 . PREPARO DO SOLO, ADUBAÇÃO E PLANTIO</b> |               |          |           |                 |           |                 |           |                 |
| Destoca e roçagem                              | h/tr          | 160.00   | 7.00      | 1,120.00        | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Aração   | h/tr          | 90.00    | 4.00      | 360.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Aplicação de calcário                          | h/tr          | 90.00    | 1.00      | 90.00           | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Gradagem                                       | h/tr          | 90.00    | 2.00      | 180.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Subsolagem (1m)                                | h/tr          | 150.00   | 3.00      | 450.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Marcação da área                               | d/h           | 60.00    | 3.00      | 180.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Sulcamento                                     | h/tr          | 90.00    | 4.00      | 360.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Produção de mudas                              | d/h           | 60.00    | 3.00      | 180.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Transporte de terra para preparo das mudas     | h/tr          | 90.00    | 1.00      | 90.00           | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Adubação, abertura e fechamento do sulco       | d/h           | 60.00    | 7.00      | 420.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |

|   |         |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
|---|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| Transporte e distribuição das mudas           | h/tr    | 90.00                 | 4.00                    | 360.00           | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| <b>ESPECIFICAÇÃO</b>                          |         | <b>PREÇO/<br/>UNI</b> | <b>Ano 1<br/>Quant.</b> | <b>Valor R\$</b> | <b>Ano 2<br/>Quant.</b> | <b>Valor R\$</b> | <b>Ano 3<br/>Quant.</b> | <b>Valor R\$</b> |
| Sexagem                                       | d/h     | 60.00                 | 4.00                    | 240.00           | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| Plantio (03 mudas/cova)                       | d/h     | 60.00                 | 7.00                    | 420.00           | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| Plantio de leguminosa                         | d/h     | 60.00                 | 1.00                    | 60.00            | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| <b>Subtotal (R\$)</b>                         |         |                       |                         | <b>4.510,00</b>  |                         | <b>0.00</b>      |                         | <b>0.00</b>      |
| <b>Participação percentual</b>                |         |                       |                         | <b>16.60</b>     |                         | <b>0.00</b>      |                         | <b>0.00</b>      |
| <b>3 . TRATOS CULTURAIS E FITOSSANITÁRIOS</b> |         |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
| Capina manual                                 | d/h     | 60.00                 | 18.00                   | 1.080,00         | 12.00                   | 720.00           | 3.00                    | 180.00           |
| Capina mecânica e roçagem                     | h/tr    | 90.00                 | 3.00                    | 270.00           | 3.00                    | 270.00           | 2.00                    | 180.00           |
| Chegar terra à planta do mamoeiro             | h/tr    | 90.00                 | 1.50                    | 135.00           | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| Roçagem da leguminosa                         | h/tr    | 90.00                 | 1.00                    | 90.00            | 1.00                    | 90.00            | 1.00                    | 90.00            |
| Desbaste das plantas                          | d/h     | 60.00                 | 4.00                    | 240.00           | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| Transporte de insumos                         | h/tr    | 90.00                 | 4.00                    | 360.00           | 3.00                    | 270.00           | 1.00                    | 90.00            |
| Transporte de insumos                         | d/h     | 60.00                 | 4.00                    | 240.00           | 3.00                    | 180.00           | 1.00                    | 60.00            |
| Desbrota                                      | d/h     | 60.00                 | 3.00                    | 180.00           | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| Desbaste dos frutos                           | d/h     | 60.00                 | 5.00                    | 300.00           | 15.00                   | 900.00           | 5.00                    | 300.00           |
| Erradicação mosaico e meleira                 | d/h     | 60.00                 | 5.00                    | 300.00           | 15.00                   | 900.00           | 10.00                   | 600.00           |
| Adubação em cobertura                         | d/h     | 60.00                 | 10.00                   | 600.00           | 10.00                   | 600.00           | 6.00                    | 360.00           |
| Aplicação de defensivos (homem)               | d/h     | 60.00                 | 12.00                   | 720.00           | 15.00                   | 900.00           | 5.00                    | 300.00           |
| Aplicação de defensivos (trator)              | h/tr    | 90.00                 | 25.00                   | 2.250,00         | 30.00                   | 2.700,00         | 15.00                   | 1.350,00         |
| <b>Subtotal (R\$)</b>                         |         |                       |                         | <b>6.765,00</b>  |                         | <b>7.530,00</b>  |                         | <b>3.510,00</b>  |
| <b>Participação percentual</b>                |         |                       |                         | <b>24.90</b>     |                         | <b>36.66</b>     |                         | <b>33.39</b>     |
| <b>4 . IRRIGAÇÃO</b>                          |         |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
| Irrigação - Microaspersão                     | unidade | 804.76                | 1.00                    | 804.76           | 1.00                    | 804.76           | 1.00                    | 804.76           |
| Operação                                      | d/h     | 60.00                 | 10.00                   | 600.00           | 10.00                   | 600.00           | 5.00                    | 300.00           |
| Energia elétrica                              | kwh     | 0.40                  | 2.500,00                | 1.000,00         | 2.500,00                | 1.000,00         | 1.500,00                | 600.00           |
| Manutenção                                    | R\$     |                       |                         | 100.00           |                         | 200.00           |                         | 150.00           |
| <b>Subtotal (R\$)</b>                         |         |                       |                         | <b>2.504,76</b>  |                         | <b>2.604,76</b>  |                         | <b>1.854,76</b>  |
| <b>Participação percentual</b>                |         |                       |                         | <b>9.22</b>      |                         | <b>12.68</b>     |                         | <b>17.64</b>     |
| <b>5 . COLHEITA</b>                           |         |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
| Colheita manual                               | d/h     | 60.00                 | 24.00                   | 1.440,00         | 60.00                   | 3.600,00         | 30.00                   | 1,800.00         |
| Transporte                                    | h/tr    | 90.00                 | 16.00                   | 1.440,00         | 16.00                   | 1.440,00         | 8.00                    | 720.00           |
| <b>Subtotal (R\$)</b>                         |         |                       |                         | <b>2.880,00</b>  |                         | <b>5.040,00</b>  |                         | <b>2.520,00</b>  |

| <b>Participação percentual</b>                               |           |                       | <b>10.60</b>            |                  | <b>24.54</b>            |                  | <b>23.97</b>     |                            |
|--|-----------|-----------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|------------------|----------------------------|
| <b>ESPECIFICAÇÃO</b>   |           | <b>PREÇO/<br/>UNI</b> | <b>Ano 1<br/>Quant.</b> | <b>Valor R\$</b> | <b>Ano 2<br/>Quant.</b> | <b>Quant.</b>    | <b>Valor R\$</b> | <b>Ano 3<br/>Valor R\$</b> |
| <b>6 . OUTRAS DESPESAS (sobre os custos anteriores)</b>      |           |                       |                         |                  |                         |                  |                  |                            |
| Gerenciamento / Certificação                                 | %         | 1                     | 24.025,01               | 240.25           | 18.503,76               | 185.04           | 9.471,51         | 94.72                      |
| Custos gerais administrativos                                | %         | 2                     | 24.025,01               | 480.50           | 18.503,76               | 370.08           | 9.471,51         | 189.43                     |
| Depreciação equipamento de irrigação                         | unidade   | 500                   | 1.00                    | 500.00           | 1.00                    | 500.00           | 1.00             | 500.00                     |
| <b>Subtotal (R\$)</b>  |           |                       |                         | <b>1.220,75</b>  |                         | <b>555.11</b>    |                  | <b>284.15</b>              |
| <b>Participação percentual</b>                               |           |                       |                         | <b>4.49</b>      |                         | <b>2.70</b>      |                  | <b>2.70</b>                |
| <b>7 . ENCARGOS FINANCEIROS (sobre os custos anteriores)</b> |           |                       |                         |                  |                         |                  |                  |                            |
| Encargos financeiros (8,00% a.a.)                            | %         | 8.00                  | 24,025.01               | 1,922.00         | 18,503.76               | 1,480.30         | 9,471.51         | 757.72                     |
| <b>Subtotal (R\$)</b>  |           |                       |                         | <b>1.922,00</b>  |                         | <b>1.480,30</b>  |                  | <b>757.72</b>              |
| <b>Participação percentual</b>                               |           |                       |                         | <b>7.07</b>      |                         | <b>7.21</b>      |                  | <b>7.21</b>                |
| <b>CUSTO OPERACIONAL EFETIVO</b>                             |           |                       |                         | <b>27.167,76</b> |                         | <b>20.539,17</b> |                  | <b>10.513,38</b>           |
| <b>PERCENTUAL TOTAL</b>                                      |           |                       |                         | <b>100.00</b>    |                         | <b>100.00</b>    |                  | <b>100.00</b>              |
| <b>8 . CUSTO DA TERRA</b>                                    |           |                       |                         |                  |                         |                  |                  |                            |
| Arrendamento/custo equivalente                               | verba/ano | 700.00                | 1                       | 700.00           | 1                       | 700.00           | 1                | 700.00                     |
| <b>CUSTO OPERACIONAL TOTAL</b>                               |           |                       |                         | <b>27.867,76</b> |                         | <b>21.239,17</b> |                  | <b>11.213,38</b>           |

Tabela 2. Indicadores de rentabilidade de um hectare de mamão Havaí (Grupo Solo) irrigado por gotejamento ou microaspersão, com espaçamento em fileira simples 3,0 m x 2,0 m (1.666 plantas), com produtividade esperada de 15 t/ha no primeiro ano, 65 t/ha no segundo ano e 30 t/ha no terceiro ano.

| MAMÃO PERÍODO             | PROD. (t) | PREÇO (PY) | VALOR DA PROD. (B) | CUSTO OP. EFETIVO | MARGEM BRUTA (B-C)                                  | RELAÇÃO B/C | PONTO DE NIVELAMENTO (t) | MARG. SEGURANÇA (%) |
|---------------------------|-----------|------------|--------------------|-------------------|---|-------------|--------------------------|---------------------|
| 1º ANO                    | 15        | 770.00     | 11.550,00          | 27.867,76         | -16.317,76  | 0.41        | 36.19                    | 141.28              |
| 2º ANO                    | 65        | 770.00     | 50.050,00          | 21.239,17         | 28.810,83   | 2.36        | 27.58                    | -57.56              |
| 3º ANO                    | 30        | 770.00     | 23.100,00          | 11.213,38         | 11.886,62   | 2.06        | 14.56                    | -51.46              |
| <b>TOTAL (R\$)</b>        |           |            | <b>84.700,00</b>   | <b>60.320,31</b>  | <b>24.379,69</b>                                    |             |                          |                     |
| <b>TIR = 111.07%</b>      |           |            |                    |                   | <b>VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) = R\$ 20.549,79</b> |             |                          |                     |
| <b>RELAÇÃO B/C = 1.36</b> |           |            |                    |                   | <b>CUSTO UNITÁRIO POR TONELADA = R\$ 566.35</b>     |             |                          |                     |

O Valor Presente Líquido e a Relação B/C foram calculados usando-se uma Taxa de Desconto de 8% a.a.; Margem Bruta = Valor da Produção – Custo Operacional; relação B/C = relação Benefício/Custo, que indica o quanto foi gerado para cada unidade monetária investida. Entretanto, como se trata de uma cultura de três anos, a relação Benefício/Custo mais importante é a do fluxo de todo período de cultivo (B/C=1,36); ponto de nivelamento (tonelada) = a quantidade produzida (anual) na qual o Valor da Produção (coluna B) se iguala ao Custo Operacional Total (coluna C); Margem de Segurança (%) = o quanto o valor da produção (coluna B) poderá variar percentualmente (para mais ou menos) para igualar ao Custo Operacional Total (coluna C).



Tabela 3. Coeficientes técnicos para produção de 1 hectare de mamão Grupo Formosa irrigado por gotejamento ou microaspersão, com espaçamento em fileira simples de 4,0 m x 2,0 m (1.250 plantas), com produtividade esperada de 25 t/ha no primeiro ano, 100 t/ha no segundo ano e 55 t/ha no terceiro ano.

| ESPECIFICAÇÃO                                  | PREÇO/<br>UNI | ANO 1  |           | ANO 2           |           | ANO 3           |           |                 |
|--|---------------|--------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
|  |               | Quant. | Valor R\$ | Quant.          | Valor R\$ | Quant.          | Valor R\$ |                 |
| <b>1 . INSUMOS</b>                             |               |        |           |                 |           |                 |           |                 |
| Sementes                                       | g             | 15.00  | 80.00     | 1.200,00        | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Produção de mudas                              | uni           | 0.19   | 1,250.00  | 237.50          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Calcário dolomítico                            | t             | 240.00 | 3.20      | 768.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Esterco de curral                              | t             | 150.00 | 4.60      | 690.00          | 2.30      | 345.00          | 0.00      | 0.00            |
| Super simples (1)                              | sc 50 kg      | 51.75  | 20.00     | 1.035,00        | 10.00     | 517.50          | 5.00      | 258.75          |
| Cloreto de potássio (1)                        | sc 50 kg      | 80.00  | 14.00     | 1.120,00        | 11.00     | 880.00          | 8.00      | 640.00          |
| Ureia (1)                                      | sc 50 kg      | 77.00  | 15.00     | 1.155,00        | 12.00     | 924.00          | 8.00      | 616.00          |
| Micronutrientes (FTE)                          | sc 50 kg      | 75.00  | 3.00      | 225.00          | 2.00      | 150.00          | 1.00      | 75.00           |
| Sementes leguminosa                            | kg            | 8.00   | 80.00     | 640.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Espalhante adesivo                             | l             | 105.00 | 3.00      | 315.00          | 3.50      | 367.50          | 3.00      | 315.00          |
| Formicida (pó e granulado)                     | kg            | 11.00  | 8.00      | 88.00           | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Fungicida                                      | l             | 44.00  | 10.00     | 440.00          | 14.00     | 616.00          | 5.00      | 220.00          |
| Inseticida                                     | kg            | 35.00  | 3.00      | 105.00          | 3.00      | 105.00          | 2.00      | 70.00           |
| Acaricida                                      | l             | 35.00  | 3.00      | 105.00          | 3.00      | 105.00          | 2.00      | 70.00           |
| Herbicida                                      | l             | 12.50  | 6.00      | 75.00           | 4.00      | 50.00           | 2.00      | 25.00           |
| <b>Subtotal (R\$)</b>                          |               |        |           | <b>8.198,50</b> |           | <b>4.060,00</b> |           | <b>2.289,75</b> |
| <b>Participação percentual</b>                 |               |        |           | <b>29.97</b>    |           | <b>15.98</b>    |           | <b>17.40</b>    |
| <b>2 . PREPARO DO SOLO, ADUBAÇÃO E PLANTIO</b> |               |        |           |                 |           |                 |           |                 |
| Destoca e roçagem                              | h/tr          | 160.00 | 7.00      | 1.120,00        | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Aração   | h/tr          | 90.00  | 4.00      | 360.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Aplicação de calcário                          | h/tr          | 90.00  | 1.00      | 90.00           | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Gradagem                                       | h/tr          | 90.00  | 2.00      | 180.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Subsolagem (1m)                                | h/tr          | 150.00 | 3.00      | 450.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Marcação da área                               | d/h           | 60.00  | 3.00      | 180.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Sulcamento                                     | h/tr          | 90.00  | 4.00      | 360.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Formação de mudas                              | d/h           | 60.00  | 3.00      | 180.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Transporte de terra para preparo das mudas     | h/tr          | 90.00  | 1.00      | 90.00           | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |
| Adubação, abertura e fechamento do sulco       | d/h           | 60.00  | 7.00      | 420.00          | 0.00      | 0.00            | 0.00      | 0.00            |

|   |      |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
|---|------|-----------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| Transporte e distribuição das mudas                     | h/tr | 90.00                 | 4.00                    | 360.00           | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| <b>ESPECIFICAÇÃO</b>                                    |      | <b>PREÇO/<br/>UNI</b> | <b>Ano 1<br/>Quant.</b> | <b>Valor R\$</b> | <b>Ano 2<br/>Quant.</b> | <b>Valor R\$</b> | <b>Ano 3<br/>Quant.</b> | <b>Valor R\$</b> |
| Plantio   | d/h  | 60.00                 | 7.00                    | 420.00           | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| Plantio de leguminosa                                   | d/h  | 60.00                 | 1.00                    | 60.00            | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| <b>Subtotal (R\$)</b>                                   |      |                       |                         | <b>4.270,00</b>  |                         | <b>0,00</b>      |                         | <b>0,00</b>      |
| <b>Participação percentual</b>                          |      |                       |                         | <b>15.61</b>     |                         | <b>0,00</b>      |                         | <b>0,00</b>      |
| <b>3 . TRATOS CULTURAIS E FITOSSANITÁRIOS</b>           |      |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
| Capina manual   | d/h  | 60.00                 | 18.00                   | 1.080,00         | 12.00                   | 720.00           | 3.00                    | 180.00           |
| Capina mecânica e roçagem                               | h/tr | 90.00                 | 3.00                    | 270.00           | 3.00                    | 270.00           | 2.00                    | 180.00           |
| Chegar terra à planta do mamoeiro                       | h/tr | 90.00                 | 1.50                    | 135.00           | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| Roçagem da leguminosa                                   | h/tr | 90.00                 | 1.00                    | 90.00            | 1.00                    | 90.00            | 1.00                    | 90.00            |
| Transporte de insumos                                   | h/tr | 90.00                 | 4.00                    | 360.00           | 3.00                    | 270.00           | 1.00                    | 90.00            |
| Transporte de insumos                                   | d/h  | 60.00                 | 4.00                    | 240.00           | 3.00                    | 180.00           | 1.00                    | 60.00            |
| Desbrota  | d/h  | 60.00                 | 3.00                    | 180.00           | 0.00                    | 0.00             | 0.00                    | 0.00             |
| Erradicação mosaico e meleira                           | d/h  | 60.00                 | 5.00                    | 300.00           | 15.00                   | 900.00           | 10.00                   | 600.00           |
| Adubação em cobertura                                   | d/h  | 60.00                 | 10.00                   | 600.00           | 10.00                   | 600.00           | 6.00                    | 360.00           |
| Aplicação de defensivos (homem)                         | d/h  | 60.00                 | 12.00                   | 720.00           | 15.00                   | 900.00           | 5.00                    | 300.00           |
| Aplicação de defensivos (trator)                        | h/tr | 90.00                 | 25.00                   | 2.250,00         | 30.00                   | 2.700,00         | 15.00                   | 1.350,00         |
| <b>Subtotal (R\$)</b>                                   |      |                       |                         | <b>6.225,00</b>  |                         | <b>6.630,00</b>  |                         | <b>3.210,00</b>  |
| <b>Participação percentual</b>                          |      |                       |                         | <b>22.75</b>     |                         | <b>26.09</b>     |                         | <b>24.39</b>     |
| <b>4 . IRRIGAÇÃO</b>                                    |      |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
| Irrigação - Microaspersão                               | uni  | 804.76                | 1.00                    | 804.76           | 1.00                    | 804.76           | 1.00                    | 804.76           |
| Operação  | d/h  | 60.00                 | 10.00                   | 600.00           | 10.00                   | 600.00           | 5.00                    | 300.00           |
| Energia elétrica  | kwh  | 0.40                  | 2.500,00                | 1.000,00         | 2.500,00                | 1.000,00         | 1,500.00                | 600.00           |
| Manutenção  | R\$  | -                     | -                       | 100.00           | -                       | 200.00           | -                       | 150.00           |
| <b>Subtotal (R\$)</b>                                   |      |                       |                         | <b>2.504,76</b>  |                         | <b>2.604,76</b>  |                         | <b>1.854,76</b>  |
| <b>Participação percentual</b>                          |      |                       |                         | <b>9.15</b>      |                         | <b>10.25</b>     |                         | <b>14.10</b>     |
| <b>5 . COLHEITA</b>                                     |      |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
| Colheita manual   | d/h  | 60.00                 | 20.00                   | 1,200.00         | 70.00                   | 4,200.00         | 30.00                   | 1,800.00         |
| Transporte  | h/tr | 90.00                 | 20.00                   | 1,800.00         | 60.00                   | 5,400.00         | 30.00                   | 2,700.00         |
| <b>Subtotal (R\$)</b>                                   |      |                       |                         | <b>3.000,00</b>  |                         | <b>9.600,00</b>  |                         | <b>4.500,00</b>  |
| <b>Participação percentual</b>                          |      |                       |                         | <b>10.96</b>     |                         | <b>37.78</b>     |                         | <b>34.20</b>     |
| <b>6 . OUTRAS DESPESAS (sobre os custos anteriores)</b> |      |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
| Gerenciamento / Certificação                            | %    | 1                     | 24.198,26               | 241.98           | 22.894,76               | 228.95           | 11.854,51               | 118.55           |

|  |           |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
|--|-----------|-----------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| Custos gerais administrativos                                | %         | 2                     | 24.198,26               | 483.97           | 22.894,76               | 457.90           | 11.854,51               | 237.09           |
| <b>ESPECIFICAÇÃO</b>   |           | <b>PREÇO/<br/>UNI</b> | <b>Ano 1<br/>Quant.</b> | <b>Valor R\$</b> | <b>Ano 2<br/>Quant.</b> | <b>Valor R\$</b> | <b>Ano 3<br/>Quant.</b> | <b>Valor R\$</b> |
| Depreciação equipamento irrigação                            | unidade   | 500                   | 1.00                    | 500.00           | 1.00                    | 500.00           | 1.00                    | 500.00           |
| <b>Subtotal (R\$)</b>  |           |                       |                         | <b>1.225,95</b>  |                         | <b>686,84</b>    |                         | <b>355,64</b>    |
| <b>Participação percentual</b>                               |           |                       |                         | <b>4,48</b>      |                         | <b>2,70</b>      |                         | <b>2,70</b>      |
| <b>7 . ENCARGOS FINANCEIROS (sobre os custos anteriores)</b> |           |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
| Encargos financeiros (8,00% a.a.)                            | %         | 8.00                  | 24.198,26               | 1.935,86         | 22.894,76               | 1.831,58         | 11.854,51               | 948.36           |
| <b>Subtotal (R\$)</b>  |           |                       |                         | <b>1.935,86</b>  |                         | <b>1.831,58</b>  |                         | <b>948,36</b>    |
| <b>Participação percentual</b>                               |           |                       |                         | <b>7,08</b>      |                         | <b>7,21</b>      |                         | <b>7,21</b>      |
| <b>CUSTO OPERACIONAL EFETIVO</b>                             |           |                       |                         | <b>27.360,07</b> |                         | <b>25.413,18</b> |                         | <b>13.158,51</b> |
| <b>PERCENTUAL TOTAL</b>                                      |           |                       |                         | <b>100,00</b>    |                         | <b>100,00</b>    |                         | <b>100,00</b>    |
| <b>8 . CUSTO DA TERRA</b>                                    |           |                       |                         |                  |                         |                  |                         |                  |
| Arrendamento/custo equivalente                               | verba/ano | 700.00                | 1                       | 700.00           | 1                       | 700.00           | 1                       | 700.00           |
| <b>CUSTO OPERACIONAL TOTAL</b>                               |           |                       |                         | <b>28.060,07</b> |                         | <b>26.113,18</b> |                         | <b>13.858,51</b> |

Tabela 4. Indicadores de rentabilidade de um hectare de mamão Grupo Formosa irrigado por gotejamento ou microaspersão, com espaçamento em fileira simples de 4,0 m x 2,0 m (1.250 plantas), com produtividade esperada de 25 t/ha no primeiro ano, 100 t/ha no segundo ano e 55 t/ha no terceiro ano.

| <b>MAMÃO PERÍODO</b> | <b>PROD (t)</b> | <b>PREÇO (PY)</b> | <b>VALOR DA PROD. (B)</b> | <b>CUSTO OP. EFETIVO (C)</b> | <b>MARGEM BRUTA (B-C)</b> | <b>RELAÇÃO B/C</b> | <b>PONTO NIVELAMENTO (t)</b> | <b>MARGEM DE SEGURANÇA (%)</b> |
|----------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1º ANO               | 25              | 600.00            | 15.000,00                 | 28.060,07                    | -13.060,07                | 0.53               | 46.77                        | 87.07                          |
| 2º ANO               | 100             | 600.00            | 60.000,00                 | 26.113,18                    | 33.886,82                 | 2.30               | 43.52                        | -56.48                         |
| 3º ANO               | 55              | 600.00            | 33.000,00                 | 13.858,51                    | 19.141,49                 | 2.38               | 23.10                        | -58.00                         |
| <b>Total (R\$)</b>   |                 |                   | <b>108.000,00</b>         | <b>68.031,31</b>             | <b>39.968,24</b>          |                    |                              |                                |

**TIR = 207,18%**

**VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) = R\$34.727,36**

**RELAÇÃO B/C = 1.54**

**CUSTO UNITÁRIO POR TONELADA = 389.21**

O Valor Presente Líquido e a Relação B/C foram calculados usando-se uma Taxa de Desconto de 8% a.a.; Margem Bruta = Valor da Produção – Custo Operacional; relação B/C = relação Benefício/Custo, que indica o quanto foi gerado para cada unidade monetária investida. Entretanto, como se trata de uma cultura de três anos, a relação Benefício/Custo mais importante é a do fluxo de todo período de cultivo (B/C=1,54); ponto de nivelamento (tonelada) = a quantidade produzida (anual) na qual o Valor da Produção (coluna B) se iguala ao Custo Operacional Total (coluna C); Margem de Segurança (%) = o quanto o valor da produção (coluna B) poderá variar percentualmente (para mais ou menos) para igualar ao Custo Operacional Total (coluna C).

Tabela 5. Indicadores de rentabilidade de um hectare de mamão Havai (Grupo Solo) baseados nos índices de plantas erradicadas de 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 60% por meleira.

| <b>Número de Plantas Erradicadas: 5%</b>  |                                  |              |                   |
|---|----------------------------------|--------------|-------------------|
| <b>Período</b>                            | <b>Ano 1</b>                     | <b>Ano 2</b> | <b>Ano 3</b>      |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1666                             | 1583         | 1504              |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 15                               | 62           | 28.5              |
| <b>TIR= 100.14%</b>                       | <b>VPL= R\$ 18.310,32</b>        |              |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.33</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |              | <b>R\$ 580.47</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 10%</b> |                                  |              |                   |
| <b>Período</b>                            | <b>Ano 1</b>                     | <b>Ano 2</b> | <b>Ano 3</b>      |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1666                             | 1499         | 1349              |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 15                               | 59           | 27                |
| <b>TIR= 89.16%</b>                        | <b>VPL= R\$ 16.071,93</b>        |              |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.29</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |              | <b>R\$ 595.90</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 20%</b> |                                  |              |                   |
| <b>Período</b>                            | <b>Ano 1</b>                     | <b>Ano 2</b> | <b>Ano 3</b>      |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1666                             | 1333         | 1066              |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 15                               | 5            | 24                |
| <b>TIR= 67.04%</b>                        | <b>VPL= R\$ 11.594,07</b>        |              |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.29</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |              | <b>R\$ 631.52</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 30%</b> |                                  |              |                   |
| <b>Período</b>                            | <b>Ano 1</b>                     | <b>Ano 2</b> | <b>Ano 3</b>      |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1666                             | 1166         | 816               |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 15                               | 46           | 21                |
| <b>TIR= 44.62%</b>                        | <b>VPL= R\$ 7.116,21</b>         |              |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.14</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |              | <b>R\$ 675.29</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 40%</b> |                                  |              |                   |
| <b>Período</b>                            | <b>Ano 1</b>                     | <b>Ano 2</b> | <b>Ano 3</b>      |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1666                             | 1000         | 600               |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 15                               | 39           | 18                |
| <b>TIR= 21.77%</b>                        | <b>VPL= R\$ 2.638,35</b>         |              |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.05</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |              | <b>R\$ 730.35</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 50%</b> |                                  |              |                   |
| <b>Período</b>                            | <b>Ano 1</b>                     | <b>Ano 2</b> | <b>Ano 3</b>      |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1666                             | 833          | 417               |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 15                               | 33           | 15                |
| <b>TIR= -1.78%</b>                        | <b>VPL= R\$ - 1.839,51</b>       |              |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 0.96</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |              | <b>R\$ 801.74</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 60%</b> |                                  |              |                   |
| <b>Período</b>                            | <b>Ano 1</b>                     | <b>Ano 2</b> | <b>Ano 3</b>      |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1666                             | 666          | 266               |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 15                               | 26           | 12                |
| <b>TIR= - 26.59%</b>                      | <b>VPL= R\$ - 6.317,37</b>       |              |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 0.86</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |              | <b>R\$ 897.98</b> |

VPL: Valor Presente Líquido; Relação B/C foi calculado usando-se uma Taxa de Desconto de 8% a.a; TIR: Taxa interna de retorno.

**Tabela 6.** Indicadores de rentabilidade de um hectare de mamão Formosa baseados nos índices de plantas erradicadas de 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 60% por meleira.

|   |                                  |       |                   |
|---|----------------------------------|-------|-------------------|
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 5%</b>  |                                  |       |                   |
| <b>Período</b>                            | Ano 1                            | Ano 2 | Ano 3             |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1250                             | 1188  | 1129              |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 25                               | 95.04 | 49.68             |
| <b>TIR= 188.04%</b>                       | <b>VPL= R\$ 30.595,81</b>        |       |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.49</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |       | <b>R\$ 403.31</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 10%</b> |                                  |       |                   |
| <b>Período</b>                            | Ano 1                            | Ano 2 | Ano 3             |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1250                             | 1125  | 1013              |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 25                               | 90    | 44.57             |
| <b>TIR= 173.012%</b>                      | <b>VPL= R\$ 28.114,41</b>        |       |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.46</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |       | <b>R\$ 411.46</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 20%</b> |                                  |       |                   |
| <b>Período</b>                            | Ano 1                            | Ano 2 | Ano 3             |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1250                             | 1000  | 800               |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 25                               | 80    | 35.2              |
| <b>TIR= 129.73</b>                        | <b>VPL= R\$ 18.960,31</b>        |       |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.44</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |       | <b>R\$ 453.31</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 30%</b> |                                  |       |                   |
| <b>Período</b>                            | Ano 1                            | Ano 2 | Ano 3             |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1250                             | 875   | 613               |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 25                               | 70    | 26.97             |
| <b>TIR= 90.08%</b>                        | <b>VPL= R\$ 11.935,84</b>        |       |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.21</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |       | <b>R\$ 494.31</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 40%</b> |                                  |       |                   |
| <b>Período</b>                            | Ano 1                            | Ano 2 | Ano 3             |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1250                             | 750   | 450               |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 25                               | 60    | 19.8              |
| <b>TIR= 92.34%</b>                        | <b>VPL= R\$ 11.012,19</b>        |       |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.21</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |       | <b>R\$ 496.88</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 50%</b> |                                  |       |                   |
| <b>Período</b>                            | Ano 1                            | Ano 2 | Ano 3             |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1250                             | 625   | 313               |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 25                               | 50    | 13.77             |
| <b>TIR= 4.31%</b>                         | <b>VPL= R\$ -432.92</b>          |       |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 1.19</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |       | <b>R\$ 605.21</b> |
| <b>Número de Plantas Erradicadas: 60%</b> |                                  |       |                   |
| <b>Período</b>                            | Ano 1                            | Ano 2 | Ano 3             |
| <b>Número de Plantas</b>                  | 1250                             | 500   | 200               |
| <b>Produtividade (t)</b>                  | 25                               | 40    | 8.8               |
| <b>TIR= -46.73%</b>                       | <b>VPL= R\$ -5.166,39</b>        |       |                   |
| <b>RELAÇÃO B/C= 0.89</b>                  | <b>Custo unitário/tonelada =</b> |       | <b>R\$ 673.17</b> |

VPL: Valor Presente Líquido; Relação B/C foi calculado usando-se uma Taxa de Desconto de 8% a.a; TIR: Taxa interna de retorno.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados referentes aos fatores de riscos associados a meleira mostraram que existe um alto risco de um pomar apresentar a meleira sendo consorciado ou consorciado com café, do que quando estes fatores estão ausentes. Desde modo, faz-se necessário estudos para melhor investigar o uso do consórcio com o mamoeiro, considerando a possibilidade desses consórcios influenciarem no incremento da população de insetos, possíveis vetores da meleira, além de plantas hospedeiras alternativas do vírus ainda desconhecidas.

Foi verificado uma maior tendência do surgimento dos primeiros casos da doença nas bordas das quadras avaliadas e a presença de focos secundários isolados. Isso sugere uma maior investigação na busca de fontes de inóculo da meleira próximas aos plantios, visando um controle mais efetivo dessa virose. Neste caso, a remoção de possíveis hospedeiros alternativos, além de controle de vetores na bordadura dos pomares parece ser uma medida de que aumente a eficiência no controle da meleira.

Na análise comparativa do PMeV2-RN com sequências do GenBank, apontam a existência de proximidade filogenética entre este isolado e espécies do gênero *Umbravirus*. Além disso, o estudo de diversidade genética revelou que a região da RpRd analisada se mostra conservada entre os diferentes isolados do PMeV2, com níveis de similaridades próximos aos verificados para outras espécies de vírus com genoma de ssRNA. De tal forma, as regiões que apresentaram maiores níveis de similaridade entre os isolados, podem ser utilizadas para produção de plantas de mamoeiro resistentes ao vírus da meleira. O estudo da diversidade, principalmente de um novo vírus associados à meleira do mamoeiro é determinante para o melhor entendimento do patossistema, pois os genomas virais são peças fundamentais para se entender como os vírus interagem com as células que eles infectam. Dessa forma, poderá subsidiar o estabelecimento de métodos diagnósticos e de controle mais eficientes para a meleira.

Apesar da posição de destaque na produção nacional, a Bahia tem sua produtividade e rendimento econômicos comprometidos, principalmente, por problemas fitossanitários. As principais doenças que acometem a cultura são as viroses, principalmente o vírus da meleira. Com o objetivo de apresentar estes prejuízos provocados pela meleira na rentabilidade da cadeia produtiva do mamão no extremo sul da Bahia. Os indicadores de rentabilidade para os grupos de mamão Havaí e Formosa são recomendáveis até 40% de perdas para a meleira. Dessa forma, as

informações sobre os danos econômicos da meleira na cadeia produtiva do mamão no Extremo Sul da Bahia, em diferentes cenários, poderão ser úteis para respaldar ações público-privadas, sejam políticas, legislativas ou de defesa fitossanitária para o controle regional desta doença no agronegócio do mamão.