PREVALÊNCIA DO PAPAYA RINGSPOT VIRUS (PRSV-P) E DO COMPLEXO VIRAL DA MELEIRA (PMeV/PMeV2) EM POMARES DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) NO ESPÍRITO SANTO

Ivan do Amaral Figueiredo Neto[1]*, Marcella Silva Vieira[1], José Aires Ventura[1,2], Antonio Alberto Ribeiro Fernandes[1], Patricia Machado Bueno Fernandes[1]

[1]Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES; [2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Linhares-ES. *ivan.figueiredo@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

O estado do Espírito Santo consolida-se como um dos principais produtores de mamão (*Carica papaya* L.) no Brasil, concentrando sua cadeia produtiva majoritariamente na região norte do estado (Galeano *et al*., 2022). O setor contribui significativamente para as exportações capixabas, tendo produzido 426 mil toneladas em 2022, o que gerou uma receita de R$1,2 bilhão (SEAG, 2024). No entanto, um dos maiores desafios fitossanitários para a manutenção da produtividade dos pomares são as doenças de etiologia viral que afetam diretamente a qualidade e o valor comercial dos frutos (Oliveira; Meissner Filho, 2021), como a meleira e a mancha anelar (também denominada mosaico). A meleira é causada por um complexo viral composto pelo papaya meleira virus (PMeV), da família Fusagraviridae, e pelo papaya meleira virus 2 (PMeV2), provisoriamente classificado dentro do gênero *Umbravirus*. Os dois vírus possuem genomas de RNA e apresentam dois quadros abertos de leitura (ORFs) cada, destacando-se a RNA polimerase dependente de RNA (RdRp) como a região genômica mais bem descrita e utilizada nas análises moleculares (Antunes *et al*., 2016; Maurastoni *et al*., 2023). Por sua vez, o mosaico é causado pelo papaya ringspot virus (PRSV-P), um potyvirus considerado um dos patógenos mais limitantes e destrutivos para a cultura (Tripathi *et al*., 2008).

A manifestação sintomatológica da meleira inclui a exsudação espontânea de látex fluido e aquoso e a necrose no ápice de folhas jovens (Ventura; Costa, 2003). Já o mosaico caracteriza-se pelo amarelecimento e mosqueado das folhas, clareamento das nervuras, formação de anéis concêntricos nos frutos e acentuado declínio do vigor da planta (Oliveira; Meissner Filho, 2021). Esses quadros afetam diretamente a qualidade comercial dos frutos e, em pomares sem o manejo adequado, a incidência da doença pode atingir a totalidade das plantas, acarretando perdas severas de rendimento (Ventura; Costa, 2003; Vieira *et al.*, 2026). Nesse sentido, dada a posição de destaque do Espírito Santo como um dos principais polos produtores, os impactos dessas doenças comprometem os índices de produção do agronegócio nacional.

Enquanto o mosaico possui rápida disseminação confirmada por meio de diversas espécies de vetores (Tripathi *et al*., 2008), o vetor responsável pela transmissão natural da meleira no Brasil ainda permanece

desconhecido. Para ambas as viroses, a principal estratégia de controle apoia-se firmemente no *roguing*, um processo caracterizado pela erradicação imediata das plantas que apresentam sintomas, visando frear a dispersão na área cultivada (Martins *et al.*, 2024). O aperfeiçoamento das ferramentas de diagnóstico molecular, incluindo RT-PCR, RT-qPCR e ELISA, tem assegurado uma maior precisão na identificação do complexo viral PMeV e PMeV2 (Abreu *et al*., 2012; Maurastoni *et al*., 2020). Contudo, para que o manejo seja eficiente nas regiões de cultivo, é imprescindível compreender a real pressão de inóculo e a atual dinâmica epidemiológica desses patógenos. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento da prevalência do complexo viral da meleira e do papaya ringspot virus em propriedades distribuídas pelo polo produtor do Espírito Santo, utilizando o diagnóstico molecular por RT-PCR para mapear a ocorrência desses vírus em pomares capixabas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de látex e folhas provenientes de plantas de mamoeiro (*C. papaya*) com sintomas característicos da meleira e do mosaico em áreas de produção distribuídas por sete municípios na região norte do Espírito Santo. Ao todo, foram analisadas 37 amostras independentes (N=37). Foram coletadas quatro amostras por município, em Sooretama, Vila Valério e Boa Esperança, compreendendo apenas uma fazenda por localidade coletada. Nos municípios de Pinheiros, Montanha e Pedro Canário foram coletadas seis amostras por localidade, em duas fazendas distintas por município. No município de Linhares, a coleta totalizou sete amostras, compreendendo duas fazendas pelo município. Imediatamente após a coleta, o material foi transportado ao laboratório sob refrigeração (4 °C) para preservação das estruturas e da integridade do RNA viral, sendo posteriormente armazenado a -20 °C para as amostras de látex e a -80 °C para as amostras de folhas até o processamento.

A extração do RNA total a partir de látex e folha foi realizada com o reagente TRIzol® (Invitrogen), seguindo o protocolo descrito por Antunes *et al.* (2016). O RNA extraído foi eluído em 25 µL de água livre de nucleases e mantido a -80 °C. A concentração e a pureza do RNA foram avaliadas por espectrofotometria (Nanodrop®). Para eliminar possíveis contaminações com DNA genômico, as amostras foram tratadas com a enzima DNase I (Invitrogen) a 25 °C por 15 minutos.

A desnaturação do RNA foi conduzida utilizando-se hexâmeros randômicos em ciclo único a 96 °C por 3 minutos, 70 °C por 10 minutos e 65 °C por 5 min para o PMeV, PMeV2 e PRSV-P, respectivamente. Em seguida, procedeu-se à síntese do cDNA por meio da transcriptase reversa M-MLV (Invitrogen), conforme as especificações do fabricante.

As reações de RT-PCR foram realizadas com a enzima Taq DNA Polimerase Recombinante (Invitrogen), empregando-se ciclos específicos para cada vírus (Antunes *et al*., 2016). Os produtos amplificados foram visualizados por eletroforese em gel de agarose 1,5% em tampão TAE 1X (Tris 0,003 M, ácido acético 0,01 M, EDTA 0,001 M, pH 8,0).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento realizado evidenciou a ampla prevalência do papaya ringspot virus, agente causal do mosaico, e do complexo viral papaya meleira virus e papaya meleira virus 2 associado à meleira do mamoeiro na região norte do estado. Nas amostras coletadas em propriedades distribuídas pelos municípios de Vila Valério, Pinheiros, Boa Esperança, Pedro Canário e Linhares constatou-se uma alta taxa de positividade, tanto para o complexo viral quanto para o vírus do mosaico, enquanto em Montanha observa-se uma prevalência do PRSV-P e em Sooretama do complexo viral PMeV e PMeV2 (Tabela 1). A distribuição desses vírus ao longo de importantes áreas do polo produtor capixaba demonstra uma contínua e elevada pressão de inóculo no campo, reforçando a dificuldade de controle nessas regiões e necessidade da adoção rigorosa de medidas de manejo, como a inspeção frequente e o *roguing* das plantas sintomáticas.

Tabela 1 - Resultado do diagnóstico molecular por RT-PCR para o complexo viral da meleira (PMeV/PMeV2) e vírus do mosaico do mamoeiro (PRSV-P) em amostras de *C. papaya* coletadas nos municípios amostrados

Município	Nº de amostras coletadas	Nº de amostras positivas para PMeV/PMeV2	Nº de amostras positivas para PRSV-P
Boa Esperança	4	4	4
Linhares	7	7	7
Montanha	6	0	6
Pedro Canário	6	6	6
Pinheiros	6	4	5
Sooretama	4	3	1
Vila Valério	4	4	4
Total	37	28	33

Além da ampla distribuição geográfica, a análise dos diagnósticos revelou uma alta frequência de coinfecção entre o PRSV-P e o complexo viral PMeV e PMeV2 na maioria das propriedades avaliadas (Tabela 1), agravando o já severo declínio fisiológico induzido pelo vírus da mancha anelar (Tripathi *et al*., 2008). Esse cenário de disseminação, especialmente do complexo da meleira, chama a atenção para um gargalo fitossanitário da cultura, a transmissão. Diferentemente do mosaico, cujo controle também é feito pelo manejo das populações de pulgões vetores, o organismo responsável pela transmissão natural do agente causador da meleira no Brasil permanece desconhecido (Almeida *et al.*, 2024). A dificuldade de manejo no campo é agravada pela provável ampla circulação desse vetor, que pode estar utilizando mamoeiros de áreas urbanas ou rurais não comerciais, funcionando como um possível reservatório do complexo viral. A elucidação dessa via de dispersão é, portanto, uma frente de pesquisa prioritária, uma vez que o bloqueio do vetor e dessas potenciais fontes de inóculo externas possuem o potencial de frear o avanço da doença, reduzindo a

dependência exclusiva do *roguing*.

Por fim, embora o foco central do diagnóstico do PMeV e PMeV2 neste levantamento tenha sido a análise do látex, reconhecido como padrão para a detecção do complexo, visto que é um caso excepcional de vírus replicando em vasos laticíferos, testes paralelos foram realizados com tecido foliar. Observaram-se inconsistências pontuais em que amostras positivaram no látex e negativaram na folha, e vice-versa, características da movimentação viral dentro do hospedeiro (Simon *et al.*, 2024; Ying *et al.*, 2024). Embora preliminar, essa variação na detecção entre diferentes tecidos da mesma planta destaca a complexidade da interação vírus-hospedeiro na meleira do mamoeiro, sugerindo que estudos moleculares e fitopatológicos mais aprofundados são necessários para elucidar essas questões.

CONCLUSÃO

- A alta prevalência do PRSV-P e do complexo viral PMeV e PMeV2 indica forte pressão de inóculo no polo produtor capixaba, exigindo rigor contínuo no manejo fitossanitário;
- a frequente ocorrência de coinfecção agrava o impacto fitossanitário dos pomares imposto à região;
- o desconhecimento do vetor responsável pela transmissão da meleira destaca a urgência em elucidar essa via de transmissão para reduzir a dependência do *roguing*.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES); ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e aos proprietários e produtores das fazendas visitadas, pela disponibilização da área e do material botânico fundamental para a condução deste estudo.

REFERÊNCIAS

ABREU, P.M.V.; PICCIN, J.G.; RODRIGUES, S.P.; BUSS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. 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. 1-2, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2011.12.003

ALMEIDA, J.M.; MAURASTONI, M.; SÁ-ANTUNES, T.F.; VENTURA, J.A.; WHITFIELD, A.E.; FERNANDES, P.M.B. Efforts to understand transmission of the papaya meleira virus complex by insects. **Tropical Plant Pathology**, v. 49, p. 467-479, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s40858-024-00661-5

ANTUNES, T.F.S.; AMARAL, R.J.V.; VENTURA, J.A.; GODINHO, M.T.; AMARAL, J.G.; SOUZA, F.O.; ZERBINI, P.A.; ZERBINI, F.M.; FERNANDES, P.M.B. The dsRNA Virus *Papaya Meleira Virus* and an ssRNA virus are associated with papaya sticky disease. **PLOS ONE**, v. 11, n. 5, 2016. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155240

GALEANO, E.A.V.; MARTINS, D.S.; BARROS, F.L.S.; VENTURA, J.A.; QUEIROZ, R.B. **Cadeia produtiva do**

mamão no Espírito Santo. Vitória, ES: Incaper, 2022.

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Vitória, ES: Incaper, 2024. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274487

MAURASTONI, M.; ANTUNES, T.F.S; OLIVEIRA S.A.; SANTOS A.M.C.; VENTURA, J.A; FERNANDES, P.M.B. A multiplex RT-PCR method to detect papaya meleira virus complex in adult pre-flowering plants. **Archives of Virology**, v. 165, p. 1211-1214, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s00705-020-04588-5

MAURASTONI, M.; SÁ ANTUNES, T.F.; ABREU, E.F.M.; RIBEIRO, S.G.; MEHTA, A.; SANCHES, M.M.; FONTES, W.; KITAJIMA, E.W.; CRUZ, F.T.; SANTOS, A.M.C.; VENTURA, J.A.; GOMES, A.C.M.M.; ZERBINI, F.M.; SOSA-ACOSTA, P.; NOGUEIRA, F.C.S.; RODRIGUES, S.P.; ARAGÃO, F.J.L.; WHITFIELD, A.E.; FERNANDES, P.M.B. A Capsid protein fragment of a fusagra-like virus found in *Carica papaya* latex interacts with the 50S Ribosomal Protein L17. **Viruses**, v. 15, n. 541, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/v15020541

OLIVEIRA, A.M.G.; MEISSNER FILHO, P.E. **A cultura do mamoeiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

SEAG - Secretaria de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Espírito Santo é o maior produtor e exportador de mamão do Brasil**. Vitória, ES: SEAG, 2024.

SIMON, A.E.; QUITO-AVILA, D.F.; BERA, S. Expanding the plant virome: umbra-like viruses use host proteins for movement. **Annual Review of Virology**, v. 11, p. 283-308, 2024. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-virology-111821-122718

TRIPATHI, S.; SUZUKI, J.Y.; FERREIRA, S.A.; GONSALVES, D. Papaya ringspot virus: characteristics, pathogenicity, sequence variability and control. **Molecular Plant Pathology**, v. 9, n. 3, p. 269-280, 2008. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00467.x

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

VIEIRA, M.S.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.A.; FERNANDES, P.M.B.; ZERBINI, F.M. Papaya sticky disease management: biotechnological strategies as sustainable alternatives to roguing. **Plant Health Cases**, [*s. l.*], phcs20260006, 2026. DOI: https://doi.org/10.1079/planthealthcases.2026.0006

YING, X.; BERA, S.; LIU, J.; TOSCANO-MORALES, R.; JANG, C.; YANG, S.; HO, J.; SIMON, A.E. Umbravirus-like RNA viruses are capable of independent systemic plant infection in the absence of encoded movement proteins. **PLOS Biology**, v. 22, n. 4, e3002600, 2024. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002600