



IX Simpósio do Papaya Brasileiro

Produção Sustentável com Qualidade

Organizadores

David dos Santos Martins

José Aires Ventura

Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa Vinagre

Linhares, ES
2024



© 2024 - Incaper

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, Vitória-ES, Brasil

CEP 29052-010 Telefones: (27) 3636-9888 / 3636-9846

<https://incaper.es.gov.br> / <https://editora.incaper.es.gov.br> / coordenacaoeditorial@incaper.es.gov.br

ISBN: 978-85-89274-50-0

DOI: 10.54682/livro.9788589274500

Editor: Incaper

Formato: Digital

Novembro de 2024

Conselho Editorial

Antonio Elias Souza da Silva – Presidente

Agno Tadeu da Silva

Anderson Martins Pilon

André Guarçoni Martins

Fabiana Gomes Ruas

Felipe Lopes Neves

José Aires Ventura

José Altino Machado Filho

José Salazar Zanuncio Junior

Marianna Abdalla Prata Guimarães

Mauricio Lima Dan

Vanessa Alves Justino Borges

Aparecida L. do Nascimento – Coordenadora Editorial

Marcos Roberto da Costa – Coordenador Editorial Adjunto

Equipe de Produção

Capa: Raiz Comunica

Diagramação: Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa Vinagre, David dos Santos Martins e Laudeci Maria Maia Bravin

Revisão textual: Sob responsabilidade dos autores

Coordenação de Diagramação: Laudeci Maria Maia Bravin

Coordenação de Revisão Textual: Marcos Roberto da Costa

Ficha Catalográfica: Eugenia Magna Broseguini Keys

Fotos e ilustrações: Crédito e elaboração pelos autores dos respectivos capítulos e trabalhos técnico-científicos.

Todos os direitos reservados nos termos da Lei 9.610/1998, que resguarda os direitos autorais. É proibida a reprodução total ou parcial por qualquer meio ou forma, sem a expressa autorização do Incaper e dos autores.

Incaper - Biblioteca Rui Tendinha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S612a Simpósio do Papaya Brasileiro / (9. : 2024 : Vitória, ES).
Anais/9º Simpósio do Papaya Brasileiro, de 5 a 8 de novembro de 2024, em Linhares (ES). - Linhares (ES): Sesi, 2024.
588 p. ; il. color. ; 21,0 x 29,7 cm.

Tema: Produção Sustentável com Qualidade.

ISBN: 978-85-89274-50-0

DOI: 10.54682/livro.9788589274500

1. Mamão – Congressos. 2. Mamão – Cultivo – Brasil. 3. Mamão – Pesquisa, ensino e extensão – Espírito Santo. 4. Mamão – Exportação. 5. Mamão – Produção sustentável. 6. Mamão – Comercialização. 7. *Carica Papaya*. I. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). II. Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (Cedagro). III. Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya (Brapex). IV. Martins, David dos Santos (Org.). V. Ventura, José Aires (Org.). VI. Vinagre, Danieltom Ozéias Vandermas Barbosa (Org.). VII. Título.

CDU 634.651

Ficha catalográfica elaborada por Eugenia Magna Broseguini Keys – CRB-6/MG nº 408-ES.

Como citar esta publicação:

MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A.; VINAGRE, D. O. V. B. (Org.) SIMPÓSIO DO PAPAIA BRASILEIRO: Produção sustentável com qualidade. 9, 2024. Vitória-ES: Incaper, Cedagro e Brapex, 2024, 588p. (ISBN: 978-85-89274-50-0; DOI: 10.54682/livro.9788589274500).

RESPOSTAS MORFOLÓGICAS E ULTRAESTRUTURAIS DE MAMOEIROS (*Carica papaya* L.) AO COMPLEXO PAPAYA MELEIRA VIRUS

Lucas Estevão Constantino Nunes¹, Giovanni Ferreira Montovaneli¹, Brunno Renato Farias Verçoza¹,
Juliany Cola Fernandes Rodrigues¹, José Aires Ventura³, Patricia Machado Bueno Fernandes²,
Silas Pessini Rodrigues¹

¹Núcleo Multidisciplinar de Pesquisa em Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Duque de Caxias, RJ. E-mail: srodrigues@xerem.ufrj.br; ²Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Vitória, ES; ³Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Vitória, ES

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma planta frutífera amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo. No entanto, as viroses representam um dos maiores entraves à produção de mamão (Oliveira *et al.*, 2011). Entre elas, destaca-se a meleira do mamoeiro, uma doença viral de fácil disseminação causada pela infecção combinada de dois vírus, o Papaya meleira virus (PMeV) e Papaya meleira virus 2 (PMeV2), que juntos são denominados de complexo PMeV (Sá Antunes *et al.*, 2016). Foi revelado, através de experimentos de transcriptômica e de proteômica conduzidos pelo nosso grupo, que muitas proteínas moduladas em resposta ao complexo PMeV estão envolvidas no remodelamento de parede celular, sugerindo que o complexo PMeV induz alterações nas estruturas das paredes celulares de *C. papaya*, inclusive dos laticíferos (Soares *et al.*, 2017). Estes últimos são células especializadas que produzem e armazenam látex (Merchán-Gaitán *et al.*, 2024). Evidências experimentais sugerem que, quando infectados pelo complexo do PMeV, os laticíferos captam água, que aumenta a pressão de turgência, levando a ruptura dos laticíferos e a exsudação espontânea do látex (Rodrigues *et al.*, 2009). Entretanto, os efeitos do vírus na estrutura das células, sobretudo nas paredes celulares, ainda são desconhecidos. Este trabalho teve por objetivo caracterizar as respostas morfológicas e ultraestruturais de células de folhas de mamoeiros ao complexo PMeV.

MATERIAL E MÉTODOS

Fragmentos foliares de mamoeiros adultos com e sem sintomas de meleira foram coletados no campo, em uma colaboração com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e com a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Foi feito um protocolo de fixação *Karnovsky*, que consistiu em preservar amostras biológicas para microscopia eletrônica de transmissão (MET) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) (Yeung *et al.*, 2015). As amostras foram fixadas por 24 horas e depois, para que fossem enviadas para o Núcleo Multidisciplinar de Pesquisa em Biologia da Universidade Federal do Rio

de Janeiro (UFRJ), Campus Duque de Caxias (NUMPEX-BIO). Para MEV, os fragmentos foram fixados, pós-fixados, desidratados em séries crescentes de etanol e secos pelo método do ponto crítico. Em seguida, foram metalizados com ouro e observados no microscópio *VEGA 3 LMU*. Para MET, os fragmentos foram fixados, pós-fixados com tetróxido de ósmio, desidratados em acetona e infiltrados com resina epóxi, seguido de cortes ultrafinos corados com acetato de uranila e citrato de chumbo. As amostras foram observadas em microscópio eletrônico de transmissão *FEI TECNAI SPIRIT*. Análises de microscopia óptica foram realizadas com cortes semi-finos corados com azul de toluidina e observados em microscópio óptico *LEICA DM 2500*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observação microscópica dos fragmentos foliares de mamoeiros pós-floração revelou diferenças significativas entre plantas assintomáticas e sintomáticas. A análise por microscopia óptica de campo claro (Figura 1 A-D) mostrou que os laticíferos das folhas assintomáticas estavam preenchidos com látex, diferente dos laticíferos das folhas sintomáticas que pareciam quase vazios, corroborando os sintomas da 'meleira'. Essa diferença foi confirmada pela microscopia eletrônica de varredura (Figura 1 E-H), onde cortes de folhas assintomáticas revelaram laticíferos com conteúdo preservado, enquanto nas folhas sintomáticas foi difícil identificar a presença de laticíferos, observando-se ainda paredes celulares mais espessas e desorganizadas.

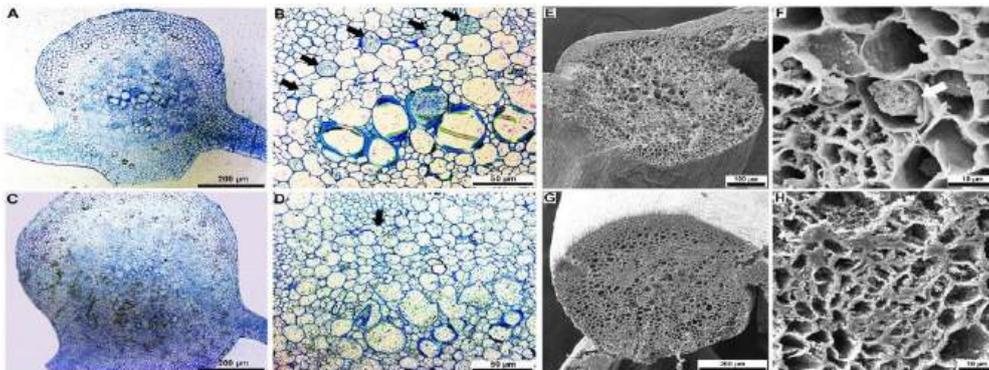


Figura 1 - (A, B, C, D) Microscopia óptica de campo claro (MO) de amostras de tecidos de folhas de mamoeiro com e sem sintomas de meleira. (A) Corte transversal do feixe vascular de folhas assintomáticas. (B) Aumento em 40 vezes da imagem dos tecidos de plantas assintomáticas evidenciando a presença de laticíferos (setas) distribuídos pelo feixe vascular. (C) Corte transversal do feixe vascular de folhas sintomáticas de mamoeiro com sintomas de meleira. (D) Aumento, também em 40 vezes, da folha sintomática indicando células vazias, que dificultam a identificar a ocorrência de laticíferos. Em D, a seta aponta para um laticífero em anastomose, sendo possível identificá-lo desde o seu conteúdo vazio. (E, F, G, H) Corte transversal de folha de mamoeiro analisados por microscopia eletrônica de varredura. (E) Corte transversal do feixe vascular de folhas assintomáticas de mamoeiros observado por microscopia eletrônica de varredura. (F) Grande aumento da seção transversal do feixe vascular de folha assintomática, indicando a presença de laticífero (seta) com seu conteúdo vesicular. (G-H). Um corte transversal do feixe vascular de folhas sintomáticas mostra várias células vazias onde é difícil identificar a presença de laticíferos. Em grande aumento, alterações na parede celular puderam

ser observadas quando comparadas com as folhas sintomáticas.

A microscopia eletrônica de transmissão (Figura 2) trouxe detalhes adicionais sobre as alterações ultraestruturais nas paredes celulares dos laticíferos. Em folhas assintomáticas, as paredes celulares dos laticíferos apresentaram lamelas primárias, secundárias e medianas bem definidas, com microfibrilas de celulose organizadas de maneira paralela (Figuras 2A e 2B). Em contraste, nas folhas sintomáticas, houve uma desorganização significativa das paredes celulares, incluindo a degradação das microfibrilas de celulose e vacuolização na parede celular secundária, indicando uma perda de integridade estrutural (Figuras 2C e 2D). Essa deterioração estrutural, aliada à alta pressão osmótica dentro dos laticíferos infectados (Rodrigues *et al.*, 2009), provavelmente contribuiu para o vazamento espontâneo de látex, característica da meleira.

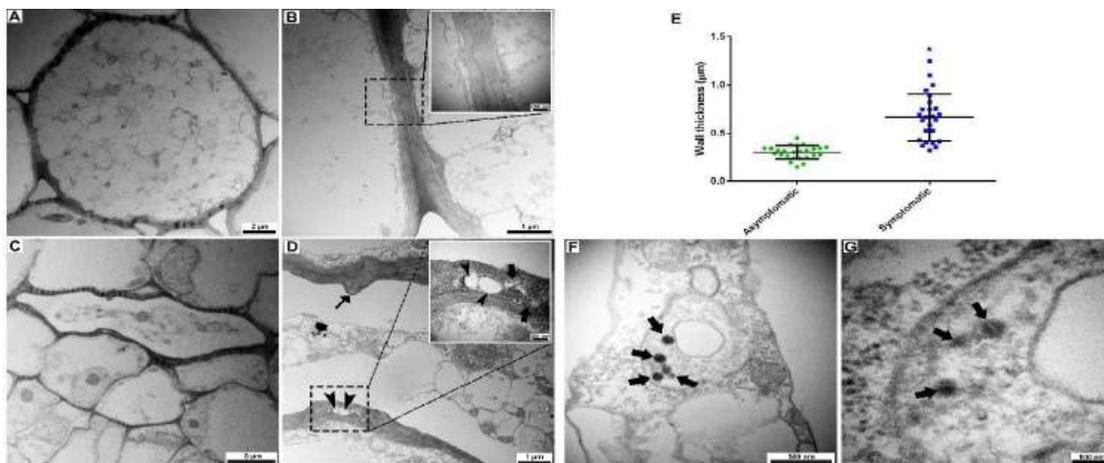


Figura 2 - Microscopia eletrônica de transmissão. (A) Uma célula laticífera saudável foi observada em um corte transversal de um feixe vascular de folhas assintomáticas de *C. papaya*. (B) Alta ampliação da parede celular laticífera saudável mostra uma parede primária bem definida e preservada, parede secundária e regiões de lamela mediana. A inserção desta imagem mostra a organização paralela das microfibrilas de celulose na parede do laticífero de plantas assintomáticas. (C) Um laticífero doente foi observado em um corte transversal de um feixe vascular de folhas sintomáticas, mostrando diferenças significativas no conteúdo de látex em comparação com laticíferos saudáveis. (D) Grande aumento da parede celular do laticífero doente mostrando: (1) desorganização da parede celular do laticífero (seta fina); e (2) vacuolização na região da parede secundária. Na inserção, é possível observar regiões de vacuolização da parede onde são observados sinais de degradação das microfibrilas de celulose e perda da organização ultraestrutural da parede celular. (E) A análise morfométrica da espessura da parede celular mostra o aumento sintomático da parede. (F) Microscopia eletrônica de transmissão de mamoeiro com sintomas de meleira revela partículas virais dentro de laticíferos de plantas sintomáticas (setas). Os laticíferos de folhas sintomáticas foram analisados e o grande aumento (G) permite determinar o tamanho das partículas virais em aproximadamente 50 nm.

A análise por microscopia eletrônica de transmissão (Figura 2F e 2G) revelou a presença de diversas partículas virais apenas dentro das células laticíferas de plantas sintomáticas, conforme descrito por Rodrigues *et al.* (2009). Durante análise, foi observado que algumas dessas partículas estão localizadas próximas a estruturas de membrana, sugerindo uma possível associação com perfis de retículo endoplasmático. Observações em maior ampliação, conforme mostrado na Figura 2G, permitiram determinar que o tamanho dessas partículas virais é de aproximadamente 50 nm, confirmando que se tratam de partículas do complexo PMeV (Maurastoni *et al.*, 2023).

CONCLUSÃO

Existem diferenças morfológicas significativas, que incluem desorganização da parede celular do laticífero, aumento da espessura da parede celular e quantidade de conteúdo de látex, entre as amostras de plantas assintomáticas e plantas com sintomas de meleira, sobretudo nos laticíferos. Os laticíferos de plantas doentes apresentaram aspecto mais flexuoso, paredes celulares colabadas e menos rígidas, além de possíveis degradações.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ pelas bolsas de mestrado de LECN (Processo #202.725/2024) e GFM (Processo #202.402/2024) e pelo financiamento APQ1-FAPERJ coordenado por SPR (Processo #210.334/2024).

REFERÊNCIAS

- 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, p. e0155240, 2016.
- MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; DUTRA, J. C. V.; CARNEIRO, T.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; VENTURA, J. A.; HIGUERA-CIAPARA, I.; FERNANDES, P. M. B.; FERNANDES, A. A. R. Physical characteristics of the leaves and latex of papaya plants infected with the Papaya meleira virus. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, p. 574, 2016.
- MAURASTONI, M.; ANTUNES, T. F. S.; 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. 2, p. 541, 2023.
- MERCHÁN-GAITÁN, J. B.; MENDES, J. H. L.; NUNES, L. E. C.; BUSS, D. S.; RODRIGUES, S. P.; FERNANDES, P. M. B. The role of plant latex in virus biology. **Viruses**, v. 16, p. 47, 2024.



OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS, H. P. F.; MEISNER, P. E. F. Manejo de doenças do mamoeiro. In: Simpósio do Papaya Brasileiro, 2011, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011.

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

SOARES, E.; WERTH, E. G.; MADROÑERO, L. J.; VENTURA, J. A.; RODRIGUES, S. P.; HICKS, L. M.; FERNANDES, P. M. B. Label-free quantitative proteomic analysis of pre-flowering PMeV-infected *Carica papaya* L. **Journal of Proteomics**, v. 151, p. 275-283, 2017.

YEUNG, E. C. T.; STASOLLA, C.; SUMNER, M. J.; HUANG, B. Q. (eds.). **Plant microtechniques and protocols**. New York: Springer, 2015.