



COMUNICADO
TÉCNICO

187

Petrolina, PE
Dezembro, 2021

Embrapa

Monitoramento e predição de desordem fisiológica em mangas produzidas no Vale do São Francisco com o uso da espectroscopia

Sérgio Tonetto de Freitas

Monitoramento e predição de desordem fisiológica em mangas produzidas no Vale do São Francisco com o uso da espectroscopia¹

¹ Sérgio Tonetto de Freitas, engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Biologia de Plantas, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

Introdução

O Brasil possui aproximadamente 72 mil hectares com mangueira (*Mangifera indica* L.) comercial com aproximadamente 70% da área cultivada localizada na região do Vale do São Francisco, a qual é a principal exportadora de manga do país, gerando divisas de US\$ 214 milhões (IBGE, 2020). Apesar da importância da mangicultura para o desenvolvimento regional e do país, esta ainda apresenta grandes limitações para atender a demanda do mercado por fruto de alta qualidade. Entre estas limitações está a alta incidência de desordens fisiológicas internas nos frutos como o corte negro, que pode causar perdas significativas de frutos enviados ao mercado (Brecht, 2019). Os sintomas desta desordem aparecem internamente na polpa dos frutos nos estádios finais do amadurecimento, ou seja, no momento da comercialização e consumo. O corte negro é caracterizado pela coloração marrom-escura a preta da polpa próxima à semente (Figura 1).

Poucos estudos foram realizados para identificar os principais fatores

responsáveis pelo aparecimento do corte negro em mangas durante o amadurecimento, muitos dos quais apresentam resultados contraditórios. A falta de conhecimento sobre as possíveis causas do corte negro tem limitado o desenvolvimento de práticas eficientes de controle, resultando na alta incidência e elevadas perdas pós-colheita de mangas devido a esta desordem.



Figura 1. Desordem fisiológica conhecida como corte negro em mangas 'Keitt' produzidas no Vale do São Francisco. Fruto inteiro à esquerda e fruto cortado longitudinalmente ao meio à direita, mostrando os sintomas da desordem fisiológica corte negro.

Estudos mostram que a espectroscopia na região do visível (VIS) e infravermelho próximo (NIR) podem ser utilizadas para o monitoramento e detecção de desordens fisiológicas em

frutos (Nicolai et al., 2006, 2014; Fu et al., 2007; Subedi et al., 2007).

Em um trabalho realizado pela Embrapa Semiárido, a espectroscopia VIS mostrou-se precisa para prever na colheita a incidência, bem como detectar a presença de corte negro nos tecidos internos em mangas maduras (Mogollón et al., 2020). Segundo este estudo, o espectro eletromagnético na faixa entre 550 nm e 650 nm pode ser utilizado para diferenciar, de forma não destrutiva, frutos saudáveis de frutos suscetíveis ao corte negro, tanto na colheita quanto após atingirem a maturação de consumo. De acordo com os resultados obtidos, frutos sadios apresentam maior reflectância da radiação eletromagnética na faixa entre 550 nm e 650 nm, comparados com frutos predispostos à incidência ou já com os sintomas de corte negro (Mogollón et al., 2020). Esta tecnologia possui as vantagens de ser prática, precisa, rápida, não destrutiva, além de não ser necessário preparar amostras ou usar reagentes (Nicolai et al., 2014). Desta forma, a espectroscopia VIS pode ser incorporada na rotina da agroindústria da manga para evitar, na colheita, o envio ao mercado de frutos predispostos ao desenvolvimento de corte negro.

Neste contexto, a adoção desta tecnologia evitará que consumidores adquiram mangas impróprias para o consumo, pois garantirá frutos saudáveis e de alta qualidade no mercado.

O uso da espectroscopia VIS pela agroindústria de manga requer a realização da calibração e validação de

espectrômetros VIS para cada genótipo e condições de cultivo, visando a alta precisão destes equipamentos para o monitoramento da incidência de corte negro nos frutos.

Calibração de espectrômetro VIS para a identificação de frutos com corte negro

O processo de calibração de espectrômetros VIS consiste no desenvolvimento de modelos matemáticos capazes de extrair informações físicas e químicas com base na radiação eletromagnética VIS absorvida/refletiva pelo fruto. Para obter os modelos de calibração precisos, estes devem ser desenvolvidos para cada genótipo e condições de cultivo. No processo de calibração, mangas de uma determinada cultivar, devem ser colhidas na maturação utilizada comercialmente. Logo após a colheita, os frutos devem ser mantidos a 25 °C até atingirem a temperatura ambiente, pois a espectrometria VIS é uma técnica sensível à temperatura (Figura 2). Logo, o processo de calibração deve ser realizado na temperatura em que o espectrômetro será utilizado para avaliar a incidência de desordem fisiológica nos frutos.

Após o equilíbrio entre a temperatura ambiente e a do fruto, o espectrômetro VIS deve ser utilizado para coletar os

dados espectrais na região do visível em cada lado de cada fruto, sendo os dados espectrais obtidos em reflectância ou absorbância (Figura 2). A reflectância representa a radiação VIS refletida pelo fruto, enquanto a absorbância representa a radiação VIS que foi absorvida pelo fruto; ambas podem ser quantificadas pelo espectrômetro.

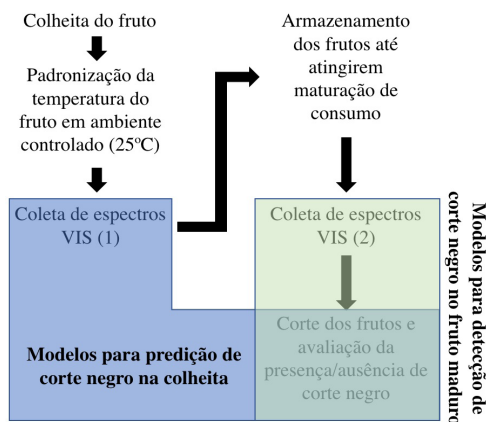


Figura 2. Procedimentos para o desenvolvimento de modelos de calibração que possibilitem o uso de espectrômetros VIS para a predição de corte negro na colheita (1) e para a detecção de corte negro interno em mangas maduras (2).

O processo para a obtenção de modelos de calibração deve ser realizado em três etapas.

1) Na primeira etapa, os espectros VIS são coletados de forma não destrutiva posicionando o espectrômetro sobre a casca em cada lado do fruto. Ao acionar o espectrômetro VIS, será ligada uma lâmpada que emitirá a radiação VIS em direção ao fruto. Essa radiação irá penetrar de forma não destrutiva pelos tecidos da epiderme e polpa, sendo uma parte da radiação absorvida pelo fruto e

outra refletida para o sensor do espectrômetro (Figura 3). A radiação refletida será mensurada pelo equipamento para diferentes comprimentos de onda, gerando um espectro eletromagnético VIS que contém informações físicas e químicas do fruto (Figura 3).

2) Na segunda etapa, os frutos deverão ser cortados ao meio, no sentido longitudinal, para verificar a incidência da desordem corte negro na polpa interna de cada lado do fruto (Figura 3).

3) Na terceira etapa, os dados espectrais e de presença/ausência de desordem serão utilizados para obter modelos de calibração, os quais serão capazes de “ler” as informações espectrais e “traduzi-las” em informações sobre a incidência ou presença de corte negro na polpa interna dos frutos (Figura 3). Modelos de calibração podem ser obtidos com o auxílio de softwares de modelagem como o R, da R Foundation (2020), conforme descrito por Mogollón et al. (2020).

Pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido recomendam que modelos de classificação para monitorar a incidência de corte negro em mangas devem ser desenvolvidos utilizando-se a radiação eletromagnética na região do VIS entre os comprimentos de onda de 550 nm a 650 nm (Mogollón et al., 2020).

Esta faixa espectral apresenta intensidade de reflectância diferente entre mangas predispostas ou com sintomas de corte negro e mangas que não irão apresentar a desordem (Mogollón et al., 2020). Segundo este estudo, os

melhores modelos de classificação são obtidos com os métodos de modelagem Logística e Análise Linear Discriminante, apresentando acurácia de 72%, sensibilidade de 83% e especificidade de 58% (Mogollón et al., 2020). No estudo de Mogollón et al. (2020), que serviu de base para o estabelecimento

deste modelo de calibração, foram utilizados 83 frutos saudáveis e 116 frutos com desordem. O uso de um número maior de frutos pode melhorar significativamente o desempenho dos modelos na predição e detecção de frutos com e sem desordem.

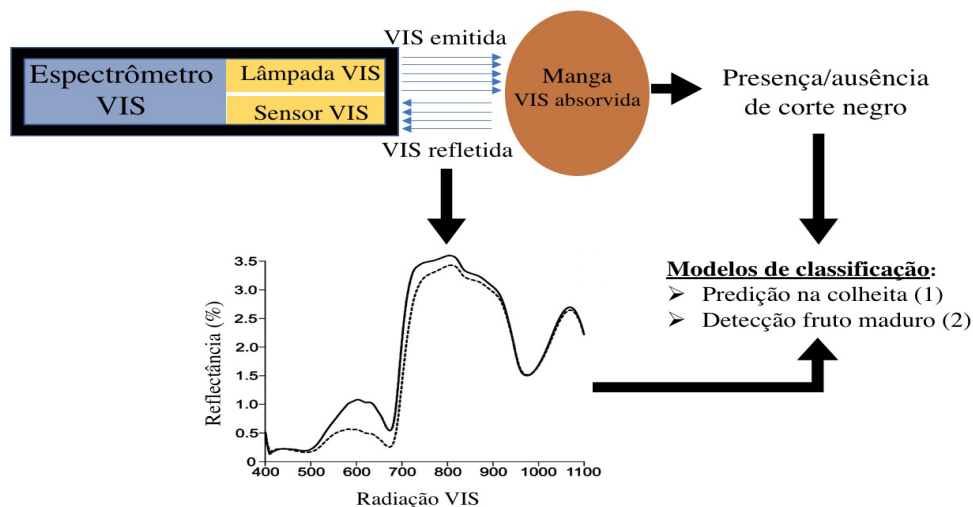


Figura 3. Procedimentos para a obtenção de modelos de calibração (modelos de classificação) para a predição e detecção de corte negro em mangas. Gráfico apresenta dois espectros eletromagnéticos médios obtidos para frutos sadios (linha superior) e para frutos predispostos na colheita a incidência ou já com os sintomas de corte negro (linha inferior). Frutos sadios apresentam maior reflectância da radiação eletromagnética, principalmente na faixa entre 550 nm e 650 nm, comparados com frutos predispostos a incidência ou já com os sintomas de corte negro.

Validação de espectrômetro VIS para a identificação de frutos com corte negro

Após a obtenção dos modelos de classificação, estes devem ser validados utilizando-se uma amostra de mangas diferente da amostra utilizada no proces-

so de calibração. No processo de validação, frutos devem ser colhidos novamente e os modelos de classificação desenvolvidos na etapa de calibração devem ser utilizados para prever na colheita, assim como detectar nos frutos maduros, a incidência de corte negro nos tecidos internos (não visíveis externamente). As predições e detecções de frutos com sintomas de corte negro obtidas com os modelos de classificação

desenvolvidos na etapa de calibração serão comparadas com a incidência real de corte negro avaliada visualmente de forma destrutiva, cortando-se os frutos maduros ao meio no sentido longitudinal. A taxa de acerto e erro dos modelos de classificação será calculada com base nas porcentagens de acertos e erros dos modelos de classificação obtidos.

Considerações finais

O uso de espectrômetros VIS permite a previsão e detecção de mangas com sintomas internos de corte negro. Entretanto, estes equipamentos necessitam ser calibrados e validados para cada genótipos e condições de cultivos, com o objetivo de se obter modelos de classificação precisos para esta finalidade.

Referências

- BRECHT, J. K. Mango. In: FREITAS, S. T.; PAREEK, S. **Postharvest physiological disorders in fruits and vegetables**. Boca Raton: CRC Press, 2019. p. 443-466.
- FU, X.; YING, Y.; LU, H.; XU, H. Comparison of diffuse reflectance and transmission mode of visible-near infrared spectroscopy for detecting brown heart of pear. **Journal of Food Engineering**, v. 83, n. 3, p. 317-323, 2007.
- IBGE. **Produção de manga em 2020**. [Rio de Janeiro], 2020. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/manga/br>. Acesso em: 22 nov. 2021.
- MOGOLLÓN-LANCHEROS, M.; FREITAS, S. T. de; ZOFFOLI, J.; CONTRERAS, C.; MARQUES, E.; SILVA NETA, M. L. da. Non-destructive prediction and detection of internal physiological disorders in 'Keitt' mango using a hand-held Vis-NIR spectrometer. **Postharvest Biology and Technology**, v. 167, p. 1-7, 2020. DOI:10.1016/j.postharvbio.2020.111251.
- NICOLAÏ, B. M.; LÖTZE, E.; PEIRS, A.; SCHEERLINCK, N.; THERON, K. I. Non-destructive measurement of bitter pit in apple fruit using NIR hyperspectral imaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 40, n. 1, p. 1-6, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.12.006>.
- NICOLAÏ, B. M.; DEFRAEYE, T.; KETELAERE, B.; HERREMANS, E.; HERTOOG, M. L. A. T. M.; SAEYS, W.; TORRICELLI, A.; VANDERDRIESSCHE, T.; VERBOVEN, P. Nondestructive measurements of fruit and vegetable quality. **Annual Review Food Science and Technology**, n. 5, p. 285-312, 2014.
- R FOUNDATION. **The R project for statistical computing**. Vienna, 2020. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 14 dez. 2020.
- SUBEDI, P. P.; WALSH, K. B.; OWENS, G. Prediction of mango eating quality at harvest using short-wave near infrared spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, p. 326-334, 2007.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Semiárido
Rodovia BR-428, Km 152,
Zona Rural - Caixa Postal 23
CEP: 56302-970 - Petrolina, PE
Fone: +55(87) 3866-3600
Fax: +55(87) 3866-3815
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
2021



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



*Comitê Local de Publicações
da Embrapa Semiárido*

*Presidente
Natoniel Franklin de Melo*

*Secretária-Executiva
Juliana Martins Ribeiro*

*Membros
Alineaurea Florentino Silva, Clarice Monteiro Rocha,
Daniel Nogueira Maia, Geraldo Milanez de Resende,
Gislene Feitosa Brito Gama, José Maria Pinto, Magnus
Dall'Igna Deon, Paula Tereza de Souza e Silva, Pedro
Martins Ribeiro Júnior, Rafaela Priscila Antônio, Sidinei
Anunciação Silva*

*Supervisão editorial
Sidinei Anunciação Silva*

*Revisão de texto
Sidinei Anunciação Silva*

*Normalização bibliográfica
Sidinei Anunciação Silva (CRB-4/1721)*

*Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

*Editoração eletrônica
Sidinei Anunciação Silva*

*Foto da capa
Sérgio Tonetto de Freitas*