

# Comunicado 52

## Técnico

ISSN 1517-4786  
Setembro, 2003  
São Carlos, SP

Foto: Arquivo



## Uso da Tomografia de Ressonância Magnética para Diagnosticar os Efeitos de Injúrias Mecânicas em Figos 'Roxo de Valinhos'

Clovis Isberto Biscegli<sup>1</sup>  
Antonio Carlos de Oliveira Ferraz<sup>2</sup>  
Sylvio Luis Honório<sup>2</sup>  
Marcelo Luiz Simões<sup>3</sup>  
Wilson Tadeu Lopes da Silva<sup>4</sup>

A produção de frutas de qualidade visando atender o crescente consumo de produtos frescos para mercados cada vez exigentes, tem sido o grande desafio para a fruticultura brasileira. Os impactos mecânicos a que as frutas estão submetidas durante as operações de manejo na colheita e pós-colheita são responsáveis por perdas significativas na produção, distribuição e comercialização. É importante ressaltar que a aparência externa também é um atributo de qualidade do fruto, sendo considerado como o principal fator de rejeição por parte do consumidor. Frutos murchos, amassados, e sem a cor característica, apresentando fruto de baixa qualidade sobram nas prateleiras dos supermercados. A busca de qualidade requer técnicas rápidas e não-destrutivas para a medida de algumas propriedades físicas dos frutos.

A cultura da figueira está presente em 48 municípios do Estado de São Paulo, num total de 226 propriedades, perfazendo 550,5 hectares, para um número de 749.759 plantas. Quanto ao mercado interno, a destinação do figo da região é maior para São Paulo apresentando a distribuição mostrada na Figura 1.

A qualidade do fruto ainda deixa a desejar, devido a pouca utilização de tecnologias nas etapas de colheita e pós-colheita do figo, ocasionando perdas em curto prazo. Pesquisa em supermercados, feiras livres e quitandas da cidade de São Paulo, constatou perdas de figos frescos de 7,8 a 19,5% no período de 1991 a 1992. Os principais fatores causadores de perdas foram: colheita e embalagem inadequadas; falta de padronização do produto e classificação e condições de armazenagem e transporte

inadequados. O índice de firmeza diminui no decorrer do amadurecimento, devido a ação de enzimas que atuam na hidrólise do amido, na transformação dos constituintes celulósicos, bem como na conversão da protopectina em pectina solúvel. O figo 'Roxo de Valinhos' quando maduro é perecível, notadamente quando amadurece em épocas chuvosas e quentes. Desta forma, deve ser colhido logo quando atinge o ponto de maturação, também designado "de vez". Nesta fase, já completamente formado, começa a perder a consistência firme, ao mesmo tempo em que muda a coloração verde escura para roxo-bronzeada. Qualquer manuseio que provoque danos mecânicos, ou estresse os tecidos vegetais de alguma maneira, contribui para a manifestação de doenças após a colheita, a quais podem ocorrer por via direta, pelas aberturas naturais (ostíolo e pedúnculo), pelos ferimentos, ou pelo efeito do estresse. A contaminação pode ser proveniente da água, ventos e insetos, o que acontece durante o manuseio, principalmente através de caixas e equipamentos que tenham contato direto com as frutas.

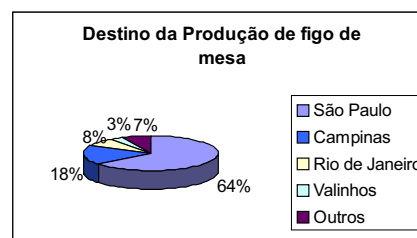


Figura 1. Destino da produção do figo de mesa

<sup>1</sup> Pesquisador - Embrapa Instrumentação Agropecuária. C P 741, CEP 13560-970 São Carlos-SP. [clovis@cnpdia.embrapa.br](mailto:clovis@cnpdia.embrapa.br)

<sup>2</sup> Professor Livre Docente FEAGRI- Unicamp. Caixa Postal 6011, CEP 13081-970 Campinas, SP

<sup>3</sup> Assistente de Operações I - Embrapa Instrumentação Agropecuária. Caixa Postal 741, CEP 13560-970 São Carlos-SP.

<sup>4</sup> Técnico de Nível Superior III - Embrapa Instrumentação Agropecuária. Caixa Postal 741, CEP 13560-970 São Carlos-SP.

No beneficiamento atual ocorrem excessivas solicitações mecânicas que contribuem para um reduzido tempo útil (máximo de 3 dias), reduzindo as oportunidades de comercialização, aumentando perdas e gerando resíduos. Um melhor conhecimento das respostas dos tecidos às solicitações mecânicas podem apontar para soluções tecnológicas mais adequadas. Mercados mais exigentes tendem a refutar o ônus associado com o descarte de embalagens, constituindo entrave comercial. Respostas a questões como essa dependem de soluções de compromisso que contemplem tanto a integridade do produto como o projeto de embalagens mais econômicas e ambientalmente aceitáveis.

São inúmeras as dificuldades de obtenção de medidas confiáveis de firmeza, comuns entre produtos agrícolas, mas que se agravam no figo devido a irregularidade de forma, descontinuidade estrutural (devido à presença do ostíolo), espaço vazio no interior e variabilidade entre indivíduos. Ensaios não destrutivos, baseados na atenuação de propagação de ondas mecânicas, tiveram pouco sucesso com o figo. A avaliação de injúrias internas tem sido realizada através métodos invasivos, carregando todas as desvantagens já mencionadas. Além de poucos, os estudos sobre os efeitos da vibração (transporte) sobre a qualidade dos figos não contemplam a variedade comercial utilizada no Brasil.

A Tomografia de Ressonância Magnética (TORM) - é um método não invasivo capaz de fornecer informações sobre os estados químico e físico de frutas frescas, bem como sobre o estado fisiológico, sem qualquer extração ou destruição da amostra. Essa é uma das formas não destrutivas de avaliação e que pode ser usada como controle de qualidade de frutas, pois este fator está correlacionado com o processo de amadurecimento da maioria das frutas. Considerando que os parâmetros da ressonância magnética da água em alimentos são dependentes de sua arquitetura celular, as mudanças que afetam a estrutura, e portanto a qualidade, podem ser detectadas por TORM. Especificamente, mudanças de textura provocadas pelo amadurecimento de uma fruta, ou em consequência de impactos mecânicos, devem ser observadas como alterações no ambiente molecular da água, podendo constituir parâmetros para aferir a qualidade de frutos, através de alterações morfológicas, observáveis em imagens de TORM. Adicionalmente, a mobilidade dos átomos de  $^1\text{H}$  estão associadas com atributos qualitativos dos frutos, como a ocorrência de injúrias mecânicas nos tecidos. Estudos com goiabas inteiras indicaram a TORM como poderosa ferramenta para fornecer informações sobre a estrutura interna, relacionado-as à qualidade, como a ocorrência de injúrias mecânicas, regiões desidratadas, danos por larvas, amolecimento interno e estágio de maturação.

Este trabalho apresenta os resultados do uso da tomografia de ressonância magnética, como método não destrutivo, para avaliar os efeitos das injúrias mecânicas em figos roxo de Valinhos, podendo ser o instrumento de validação de resultados como método inovador para atender a demanda citada acima.

## Metodologia

Foram utilizados frutos maduros do figo 'Roxo de Valinhos' procedentes do município de Valinhos. Os frutos foram colhidos no dia anterior ao do experimento e mantidos à 10°C, no Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, até na manhã do dia seguinte. Antes de serem retirados da câmara fria os frutos foram acondicionados em sacos plásticos impermeáveis, para evitar a condensação na superfície dos frutos, permanecendo assim durante o trajeto até a EMBRAPA, Instrumentação Agropecuária, em São Carlos, SP. Frutos íntegros foram selecionados e identificados para as tomografias tendo seu peso registrado no início dos procedimentos. Imagens tomográficas foram feitas para caracterização inicial dos frutos. Seguiu-se a aplicação de impacto na região equatorial do frutos. A região diametralmente oposta à de aplicação do impacto foi protegida para que não sofresse dano. As áreas lesionadas dos frutos foram imediatamente demarcadas seguindo-se a obtenção de nova série de imagens tomográficas. A partir daí as imagens foram obtidas a cada 24 horas, preservando-se a mesma posição de cada fruto. Os frutos foram armazenados a  $22 \pm 2$  °C e 40 %UR.

Os frutos foram analisados no tomógrafo de ressonância magnética Varian Inova de 2 Tesla, com a inserção dos mesmos numa bobina de radiofrequência do tipo "gaiola" com diâmetro interno de 8,3cm operando na frequência de 85,53 MHz. As imagens foram obtidas a partir da detecção dos prótons de hidrogênio ( $^1\text{H}$ ), que são essencialmente das moléculas de água que compõem as frutas. As imagens geradas são em matrizes de 256 x 256 pixels, em 256 tons de cinza, em fatias com 2 mm de espessura e espaçadas de 4 mm. Para cada fruto foram obtidos inúmeros tomogramas, sendo 7 com cortes na orientação transversal e 1 na orientação sagital, simétricos a partir do centro do fruto. As imagens bidimensionais foram analisadas com relação a forma, localização e textura dos tons de cinza, que indicam as situações da água, mais móvel (livre) ou mais ligada aos tecidos sadios. Essas imagens foram captadas com intervalos de 24 horas durante 3 dias, após a aplicação do impacto.

## Resultados e Discussão

Os frutos utilizadas foram de tamanho médio e durante o período dos experimentos perderam massa, principalmente água, de maneira uniforme (Tabela 1).

Tabela 1. Variação de massa total (g) e percentual acumulado de perda de massa (%) nos figos maduros durante os experimentos.

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
Figo 1	88,73	79,69 (10,19)	71,13 (19,84)	64,70 (27,08)
Figo 2	72,63	64,07 (11,79)	55,46 (23,64)	49,30 (32,12)
Figo 3	70,97	62,82 (11,48)	53,91 (24,04)	47,86 (32,56)
Figo 4	61,81	54,90 (11,18)	46,94 (24,06)	41,34 (33,12)

Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas as imagens de tomografia de ressonância magnética de frutos injuriados e não injuriados de figos 'Roxo de Valinhos', a perda de massa implicou na diminuição da espessura da polpa, compreendida entre a película e a região ocupada pelos frutos verdadeiros. Observa-se que essas áreas mais claras (correspondentes aos frutos verdadeiros) tornam-se mais evidentes ao longo do período de armazenamento. Provavelmente essa resposta indica o aumento da água livre nos tecidos.

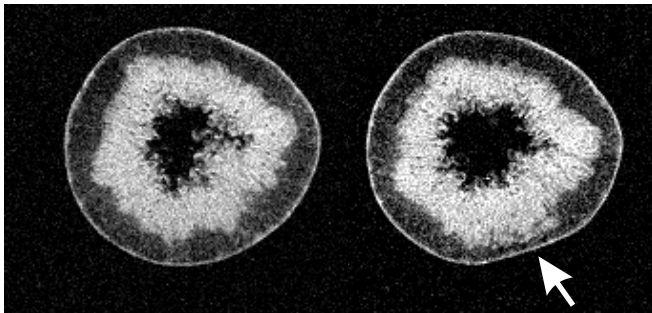


Figura 2. Corte tomográfico transversal mostrando fruto íntegro (à esquerda) e região impactada (seta).

Por outro lado, áreas mais claras servem também para indicar condições de água móvel (livre), causadas por injúrias de natureza mecânica. Nas Figuras 2 e 3, é possível constatar esse efeito, onde o estresse físico causado pelo impacto produziu um colapso interno nos lóculos desses frutos, levando à perda da integridade celular e a conseqüente liquefação dos tecidos placentários, com extravasamento celular. Isto é visível através das áreas mais claras localizadas no interior dos frutos (indicado por setas). Observa-se ainda que, nos figos, a injúria por impacto não apresenta sintomas externos prontamente visíveis, ou seja, o pericarpo externo do fruto permanece aparentemente intacto no momento da injúria e evolui para regiões lesionadas com o passar dos dias.

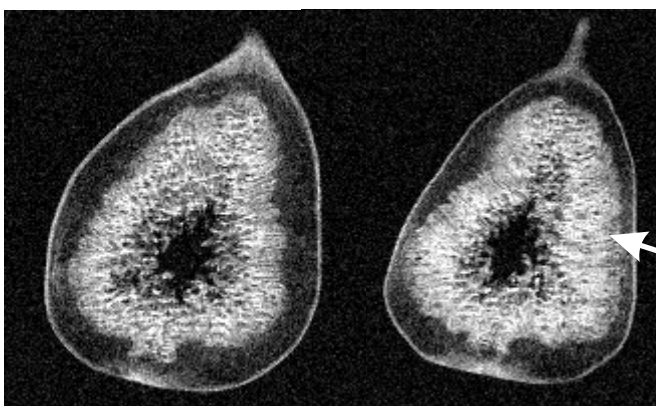


Figura 3. Corte tomográfico sagital mostra fruto íntegro (à esquerda) e região impactada (seta).

As regiões lesionadas são tão mais brancas quanto mais próximas da casca dos frutos, provavelmente devido à maior proximidade do objeto causador do impacto, Figura 4.

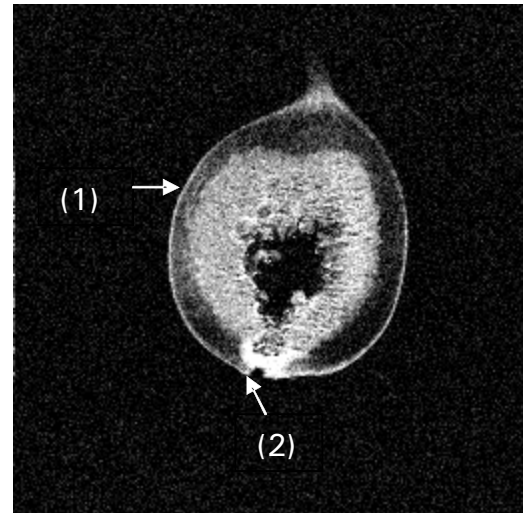


Figura 4. Corte tomográfico sagital indicando região de aplicação do impacto (1) em contraste com a região diametralmente oposta. Na região do ostíolo, não impactada, observa-se maior quantidade de água livre (2) sugerindo que o fruto sofreu algum dano mecânico.

Na Tabela 2 é apresentada uma análise da variação temporal do efeito do impacto nos tecidos revelados através das imagens tomográficas. Considerou-se a presença de áreas injuriadas, deformação do endocarpo (região das sementes) do seu formato original, estreitamento do mesocarpo (região branca) e aumento temporal da área injuriado ou seu maior branqueamento (maior quantidade de água livre). Dois frutos não evidenciaram os efeitos do impacto (figos 2 e 4) porém todo eles apresentaram deformações no endocarpo, impossíveis de detectar sem o emprego da tomografia. O efeito da perda de massa se manifestou através da diminuição acentuada do mesocarpo, em todos os frutos. Para os frutos analisados não houve evidência de variação na área das injúrias com o tempo, mantendo-se constante durante os quatro dias de experimento.

Tabela 2. Identificação e evolução temporal dos efeitos do impacto em figos maduros através de imagens tomográficas de ressonância magnética.

Identificação	Figo 1			Figo 2			Figo 3			Figo 4		
	Dia 1	Dia 2	Dia 4	Dia 1	Dia 2	Dia 4	Dia 1	Dia 2	Dia 4	Dia 1	Dia 2	Dia 4
1 Área injuriada	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
2 Endocarpo deformado	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
3 Estreitamento do mesocarpo	-	Sim	Sim	-	Sim	Sim	-	Sim	Sim	-	Sim	Sim
4 Alteração no tamanho da área injuriada	-	Não	Não	-	-	-	-	Não	Não	-	-	-
5 Maior nitidez da área injuriada	-	N	o	Sim	-	-	-	Não	Sim	-	-	-

### Conclusões

A tomografia de ressonância magnética é uma ferramenta eficaz na detecção de injúrias internas de frutos. O estresse físico causado pelo impacto produziu um colapso interno no endocarpo desses frutos, levando à perda da integridade celular e a conseqüente liquefação dos tecidos. Impactos, mesmo que imperceptíveis externamente, podem causar danos internos diminuindo a vida útil da fruta. Recomenda-se evitar impactos nas frutas e mantê-las em ambiente com alta umidade relativa e baixa temperatura para evitar perdas de massa.

## Referências Bibliográficas

BISCEGLI, C.I.; CRESTANA, S. **Uso de um novo método para avaliação não-destrutiva do interior de frutas.** São Carlos: EMBRAPA-CNPDIA, 1996. 16p. (EMBRAPA-CNPDIA. Circular Técnica, 5).

CHEN, P.; MCCARTHY, M.J.; KAUTEN, R. NMR for Internal Quality Evaluation of Fruits and Vegetables. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 32, n. 5, p. 1747-1753, 1989.

CLARK, C.J.; HOCKINGS, P.D.; JOYCE, D.C.; MAZUCCO, R.A. Application of magnetic resonance imaging to pre- and post-harvest studies of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n. 11, p. 1-21, 1997.

MAIORANO, J.A. **Importância econômica da Figueira no Estado de São Paulo.** In Cultura da Figueira do Plantio à Comercialização. SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA FIGUEIRA, 1, 1999, Ilha Solteira, Anais... Ilha Solteira: Funep 259p.

MATTIUZ, B.H; BISCEGLI, C.I.; DURIGAN, J.F. Aplicações da tomografia de ressonância magnética nuclear como método não-destrutivo para avaliar os efeitos de injúrias mecânicas em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 641-643, 2002.

OGATA, T. **Instruções para o cultivo da figueira.** Goiânia. Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária, 1981.

EMGOPA. C.T. No. 3, 1981. 13p.

TSUNECHIRO, A.; UENO, L.H.; PONTARELLI, C.T.G. **Avaliação econômica das perdas de frutas e hortaliças no mercado varejista de São Paulo.** São Paulo. Agricultura em São Paulo, v.41 (2):1-15. 1994.

### Comunicado Técnico, 52

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Instrumentação Agropecuária**  
Rua XV de Novembro, 1542 - Caixa Postal 741  
CEP 13560-970 - São Carlos-SP  
**Fone:** 16 3374 2477  
**Fax:** 16 3372 5958  
**E-mail:** sac@cnpdia.embrapa.br  
www.cnpdia.embrapa.br

1a. edição  
1a. impressão 2003: tiragem 300

### Comitê de Publicações

**Presidente:** Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso  
**Secretária Executiva:** Janis Aparecida Baldovinotti  
**Membros:** Dr. Odílio Benedito Garrido de Assis,  
Dr. João de Mendonça Naime,  
Dr. Rubens Bernardes Filho,  
Dr. Washington Luiz de Barros Melo  
**Membro Suplente:** Débora Marcondes B. P. Milori

### Expediente

**Supervisor editorial:** Dr. Odílio B. Garrido de Assis  
**Revisão de texto:** Janis Aparecida Baldovinotti  
**Tratamento das ilustrações:** Valentim Monzane  
**Editoreção eletrônica:** Valentim Monzane