

## Métodos de secagem de amostras de folhas de aceroleira, cana-de-açúcar e citros na determinação da massa seca e nos teores de macronutrientes

Lucian Cima de Melo Rocha, Renato Mello Prado\*,  
José Luiz Carvalho de Souza Dias, Douglas Silva Tobias Vieira

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil  
\*Autor Correspondente, e-mail: rmprado@fcav.unesp.br

### Resumo

A secagem de amostras foliares com emprego do forno de micro-ondas pode ser uma alternativa viável para obtenção rápida dos resultados da análise foliar. Objetivou-se avaliar métodos de secagem em forno de micro-ondas (FMO) e em estufa de ventilação de ar forçada de amostras foliares das culturas de citros, aceroleira e cana-de-açúcar, a partir da determinação da massa seca e dos teores de macronutrientes. Os tratamentos constituíram-se por dois métodos de secagem, estufa de circulação de ar forçada regulada a uma temperatura de 70°C e o FMO, em que cada amostra foi submetida à secagem em 3 ciclos de 5 minutos, 1 ciclo de 3 minutos, 1 ciclo de 2 minutos e 1 ciclo de 1 minuto, atingindo massa constante. O delineamento experimental utilizado foi um arranjo hierárquico 2x3 (2 métodos de secagem e 3 espécies), com 6 repetições. O uso do método de secagem FMO e da estufa com circulação de ar forçada não influenciaram a massa seca e os teores de macronutrientes de amostras de folhas das culturas de citros, aceroleira e cana-de-açúcar, indicando que o uso do FMO é uma alternativa viável para uso em laboratórios de análise foliar.

**Palavras-chave:** Métodos de secagem, massa seca, análise química

### Methods of drying leaf samples of barbados cherry sugar cane and citrus for determination of dry matter and macronutrients contents

### Abstract

The drying of leaf samples with use of a microwave oven can be a viable alternative for obtaining rapid results of leaf analysis. The objective of this paper was to compare the drying process in FMO and greenhouse forced air ventilation in the determination of dry matter and macronutrient leaf crops of citrus, sugar cane and barbados cherry. The treatments consisted of two drying methods, an air forced circulation greenhouse regulated to a temperature of 70°C and FMO, in which each sample was subjected to drying in 3 cycles of 5 minutes, 1 cycle of 3 minutes, 1 cycle 2 minutes and 1 cycle of 1 minute, reaching constant weight. The experiment was a hierarchical arrangement 2 x 3 (two drying methods and three species), with six replicates. Using the method of FMO drying and the air forced circulation greenhouse did not influence the dry weight and macronutrient content of leaves of the crops of citrus, barbados cherry and sugar cane, indicating that the use of FMO is a viable alternative to be used in laboratories of foliar analysis.

**Keywords:** Drying methods, dry matter, chemical analysis

A folha é o órgão que melhor reflete o estado nutricional na maioria das culturas, sendo sensível às variações no suprimento de nutrientes (Grassi Filho, 2008), portanto, a análise química foliar é a principal ferramenta para a avaliação do estado nutricional das plantas (Malavolta, 2006).

A secagem de material vegetal é definida como uma operação adotada para eliminar a água da superfície e do interior de um material, e, tem como objetivo cessar as alterações químicas dos tecidos vegetais e evitar possíveis degradações durante o seu armazenamento, mantendo, assim, suas características físicas e químicas por mais tempo (Corrêa et al., 2004), uma vez que a análise imediata do recém-material coletado a campo é inconveniente e impraticável, especialmente quando se trata de um grande lote amostrado (Marur & Sodek, 1995).

A determinação de massa seca de espécies como citros, acerola e cana-de-açúcar é realizada comumente pelo método convencional, que é o de estufa de ventilação de ar forçada. Porém, este método é lento quando comparado ao método da determinação utilizando forno de micro-ondas (FMO).

Avaliar métodos alternativos de secagem de amostras foliares, como o de FMO, é interessante pelo fato de se obter um menor tempo de secagem da amostra, desde que não haja alterações significativas nos teores foliares de nutrientes das amostras e que permita um preparo mais rápido da amostra, assim como resultado da análise foliar e com reflexos no diagnóstico da possível desordem nutricional da planta e ajustes rápidos na adubação, minimizando, assim, eventuais perdas na produção. Ainda, a utilização do FMO reduz o tempo de secagem e especialmente não influencia na composição química do material vegetal (Horsten et al., 1999). O tecido vegetal contém alto teor de amido e proteína, o que pode induzir maior infestação das amostras por microrganismos e insetos, o que reduz seu valor e durabilidade (Lacerda et al., 2009). Esses materiais, quando secos em FMO, apresentam melhor conservação da cor verde e maior durabilidade do que quando secos em estufa (Chang et al., 1994).

A secagem por FMO é definida como processo que gera calor no interior do material vegetal, o que, conseqüentemente, acarreta temperaturas mais elevadas do interior até a superfície do material (Mochi, 2005), ocasionando uma maior rapidez com relação ao tempo de secagem (Chang et al., 1994) e diminuindo a contaminação por bactérias, resultando em melhor aparência e qualidade do produto, sem influenciar na composição química do material vegetal. Chan et al. (2009) acrescentaram que os métodos de secagem FMO e por estufa com circulação de ar forçada de amostras de folhas de *Alpinia zerumbet*, *Etlingera elatior*, *Curcuma longa* e *Aempferia galanga* não afetaram as

propriedades oxidantes dessas espécies.

Apesar de alguns trabalhos considerarem como satisfatória a determinação da massa seca utilizando o método convencional (Narasimhalu et al., 1982; Higgins & Spooner, 1986), durante esse processo, pode ocorrer volatilização de ácidos orgânicos e amônia (Narasimhalu et al., 1982), favorecendo mudanças bioquímicas na composição do material (Pastorini et al., 2002).

Ainda são escassos os trabalhos sobre secagem em FMO e seus efeitos na qualidade do material vegetal, bem como determinação da massa seca e nos teores de macronutrientes, principalmente, em culturas como cana-de-açúcar, citros e acerola.

Diante disto, objetivou-se avaliar métodos de secagem em FMO e em estufa de ventilação de ar forçada de amostras foliares das culturas de citros, acerola e cana-de-açúcar, a partir da determinação da massa seca e dos teores de macronutrientes.

Foi desenvolvido um experimento em condições de laboratório do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/UNESP, utilizando amostras de tecido vegetal das culturas de cana-de-açúcar, citros e acerola, secas por dois métodos: o convencional em estufa de circulação forçada de ar com capacidade de 68 L, e o em forno de micro-ondas (FMO), contendo as seguintes características: carga máxima: 5 kg, capacidade: 35 L, tensão de alimentação: 220 V, corrente: 13 A, frequência: 60 Hz (rede), potência útil: 900 W (máxima), frequência: 2450 MHz (operação), tendo como dimensões externas: largura 306 cm, profundidade 555 cm e altura 455 cm.

Para isto, foram feitas amostragens foliares nas culturas, para as quais foram consideradas as indicações feitas na literatura, sendo para a cana-de-açúcar a folha +1 (folha mais alta com colarinho visível "TVD"), utilizando apenas os 20 cm centrais da folha, excluída a nervura central para a acerola, foram coletadas as folhas jovens totalmente expandidas de ramos frutíferos (Quaggio et al., 1997); e, para o citros, foram coletadas a terceira folha, com 6 meses de idade, a partir do fruto (Quaggio et al., 1997). Em cada cultura, foram coletadas 12 amostras com cerca de 30 folhas.

No laboratório, o material foi descontaminado pela lavagem, por meio da seguinte sequência, a água corrente "destilada"; solução detergente (0,1%); solução ácido clorídrico (0,3%); água deionizada, conforme indicação feita por Prado (2008). Em seguida, as amostras foram deixadas em repouso para escorrer o excesso de água e determinada a massa fresca de cada amostra. Logo após, foram aplicados os tratamentos em cada amostra para a secagem das folhas.

Os tratamentos foram constituídos por dois métodos de secagem, o convencional pela estufa, regulado a uma temperatura de 70°C e

o FMO, conforme Lacerda et al. (2009), os quais indicam submeter cada amostra a secagem a 3 ciclos de 5 minutos, 1 ciclo de 3 minutos, 1 ciclo de 2 minutos e 1 ciclo de 1 minuto (até atingir massa constante). As amostras de folhas foram colocadas dentro do FMO em um recipiente de plástico (3 L). Em cada intervalo ou ciclo regular, o material vegetal seco em forno de microondas foi desprendido do recipiente com uma espátula, a fim de evitar a fixação na sua superfície e também com intuito de se evitar a possibilidade de combustão e determinado a massa do material. A secagem foi realizada para os dois métodos até o momento em que não houve alteração na massa seca do material vegetal, sendo que no método convencional fora feita a determinação da massa seca a cada 24 horas, e, no método do FMO no final de cada ciclo, logo após as amostras esfriarem durante 3 minutos.

No interior do FMO, foram colocados dois béqueres com 150 ml de água a fim de umedecer o ambiente e evitar a queima das amostras e danos no aparelho (Undersander & Thiex, 1993) e a água foi trocada a cada nova sequência para evitar que fervesse e espirrasse na amostra alterando sua umidade e aumentando o tempo de secagem.

Após a obtenção da MS (massa seca), as amostras foram moídas em moinho tipo Willey e acondicionadas em sacos de papel, para posterior determinação dos teores de macronutrientes, conforme metodologia indicada por Bataglia et al. (1983).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, utilizando-se dois métodos de secagem em três culturas, com 6 repetições, totalizando 36 amostras. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias, utilizando-se o software SAS, ao nível de 5% de significância.

Com relação à determinação do teor de massa seca e aos teores de macronutrientes nas folhas das culturas da cana-de-açúcar, citros e acerola não houve diferença significativa entre o método de secagem convencional e o FMO (Tabela 1).

Observou-se que houve diferença dos teores de nutrientes entre as três culturas, o que era esperado por se tratarem de espécies distintas (Tabela 1).

Verifica-se pelos resultados obtidos que a ausência de efeitos dos métodos de secagem sobre os teores de macronutrientes nas três culturas avaliadas concorda com Marcante et al. (2010) em amostras de folhas de frutíferas, tendo dois métodos de secagem semelhantes para a determinação dos teores de macronutrientes em amostras de folhas de maracujá, abacate e pêssego, exceto o teor de Ca para a última frutífera.

Pastorini et al. (2002) também observaram que quando comparados os dois métodos de secagem, em estufa com circulação de ar forçada e FMO, não houve diferenças significativas entre a massa seca de plantas de milho e feijão e que também não houve alterações nos teores de aminoácidos, uma vez que o teor de aminoácidos é uma forma direta de mensuração do teor de nitrogênio presente na planta. Figueiredo et al. (2004) também comprovaram que o uso de micro-ondas pode ser uma alternativa viável na determinação rápida dos teores de massa seca dos diferentes estágios do ciclo vegetativo do capim elefante, podendo ser uma ferramenta eficiente para a determinação da umidade de forma rápida e precisa. Lacerda et al. (2009) comparando os dois tipos de secagem para obtenção de MS das forragens, demonstrou que o uso de FMO é uma alternativa mais rápida e com eficiência semelhante ao método de secagem em estufa com circulação de ar forçada. Chang et al. (1994) também relataram que a secagem de tecido vegetal pelo método FMO é adequada para a obtenção da massa seca.

Cabe salientar que, segundo Vinholis (2007), o método avaliado de uso de micro-ondas para determinação do conteúdo de água em amostras de plantas, assim como o presente estudo, permite agilizar o processo de controle da qualidade de recursos naturais e de insumos e otimizar atividades de alimentação e

**Tabela 1.** Teores foliares de nutrientes das culturas da acerola, cana-de-açúcar e citros em função dos métodos de secagem e massa seca (MS).

Fonte de variação	N	P	K	g kg <sup>-1</sup>			MS %
				Ca	Mg	S	
Culturas (C)							
Acerola	21,90a	1,84a	13,72a	21,97b	5,85a	3,06a	30,66c
Cana de Açúcar	14,32b	1,51b	5,94c	3,30c	1,68c	1,77c	56,85a
Citros	22,37a	1,09c	7,25b	41,68a	4,08b	2,49b	39,96b
Teste F (C)	59,19**	156,78**	179,79**	373,85**	469,07**	18,32**	360,92**
DMS (5%)	2,04	0,10	1,02	3,46	0,33	0,52	2,43
Métodos de secagem (M)							
Microondas	20,14	1,47	8,80	22,32	3,77	2,46	42,22
Estufa	18,91	1,49	9,14	22,32	3,97	2,42	42,76
Teste F (M)	3,26 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	3,21 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
Teste F (CxM)	0,48 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	1,68 <sup>ns</sup>	3,49 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	3,83 <sup>ns</sup>
C.V.(%)	10,4	6,9	11,4	15,4	8,6	21,4	5,7

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, \* Significativo a 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo pelo Teste F. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na vertical, não diferem estatisticamente entre si a 5% pelo teste de Tukey.

de irrigação em sistemas intensivos de produção agrícola, e que, quando em comparação com os procedimentos de rotina, gera impacto positivo do ponto de vista econômico, social e ambiental nos sistemas de controle da qualidade e de produção.

O uso de FMO e da estufa com circulação de ar forçada na determinação da massa seca e nos teores de macronutrientes de folhas das culturas da cana-de-açúcar, acerola e citros foram semelhantes, indicando que o uso do FMO é uma alternativa viável para uso em laboratórios de análise foliar.

### Referências

Bataglia, O.C., Furlani, P.R., Teixeira, J.P.F., Gallo, J.R. 1983. *Métodos de análise química de plantas*. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, Brasil. 48 p. (Boletim Técnico, 78)

Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, F.S., Lianto, M.Y., Yong, M.Y. 2009. Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry* 113: 166-172.

Chang, H., Chang, S., Chang, H.T., Chang, S.T. 1994. Effect of microwave treatment of the green color conservation and durability for bamboo. *Quarterly Journal Forestry* 27: 103-115.

Corrêa, R.M., Bertolucci, S.K.V., Pinto, J.E.B.P., Reis, E.S., Alves, T.L. 2004. Rendimento de óleo essencial e caracterização organoléptica de folhas de assa-peixe submetidas a diferentes métodos de secagem. *Ciência e Agrotecnologia* 28: 339-344.

Figueiredo, M.P., Souza, S.A., Moreira, G.R., Souza, L.F., Ferreira, J.Q. 2004. Determinação do teor de massa seca do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), em três estádios de maturidade fisiologia, pelo forno de microondas. *Magistra* 16: 113-119.

Grassi Filho, H. 2008. Diagnóstico foliar – Princípios e aplicações. In: Prado, R.M., Rozane, D.E., Vale, D.W., Correia, M.A.R., Souza, H.A. *Nutrição de plantas: diagnóstico foliar em grandes culturas*. UNESP, Jaboticabal, Brasil. p. 35-60.

Higgins, T. R., Spooner, A. E. 1986. Microwave drying of alfalfa compared to field-and- oven-drying: effects on forage quality. *Animal Feed Science and Technology* 16: 1-6.

Horsten, D. Von., Hartning, T., Von Horten, D. 1999. Processing of medicinal plants using microwaves. *Land Technik* 54: 206-207.

Lacerda, M.J.R., Freitas, K.R., Silva, J.W. 2009. Determinação da massa seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. *Bioscience Journal* 25: 185-190.

Malavolta, E. 2006. *Manual de nutrição mineral*

de plantas. CERES, São Paulo, Brasil. 631 p.

Marcante, N.C., Prado, R.M., Silva, M.A.C., Rosset, J.S., Ecco, M., Savan, P.A.L. 2010. Determinação da matéria seca e teores de macronutrientes em folhas de frutíferas usando diferentes métodos de secagem. *Ciência Rural* 40: 2398-2401.

Marur, C.J., Sodek, L. 1995. Microwave drying of plant material for biochemical analysis. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 7: 111-114.

Mochi, V.T. 2005. *Efeito da temperatura de secagem no rendimento do óleo essencial e teor de 1,8-cineol presentes nas folhas de Eucalyptus camaldulensis*. 91f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.

Narasimhalu, P., Kunelius, H.T., Winter, K.A. 1982. Rapid determination of dry matter in grass silage of *Lolium* sp. using a microwave oven. *Canadian Journal of Plant Science* 62: 233-235.

Pastorini, L.H., Bacarin, M.A., Abreu, C.M. 2002. Secagem de material vegetal em forno de microondas para determinação de massa seca e análises químicas. *Ciência e Agrotecnologia* 26: 1252-1258.

Prado, R.M. 2008. *Nutrição de Plantas*. Editora UNESP, São Paulo, Brasil. 407 p.

Quaggio, J.A., Raij, B. van., Piza Júnior, C.T. 1997. Frutíferas. In: Raij, B.van., Cantarella, H., Quaggio, J.A., Furlani, A.M.C. (Eds). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.Ed.rev. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, Brasil. p.121-125 (Boletim Técnico, 100).

Undersander, D.R., Thiex, N. 1993. *Forage analyses procedures*. National Forage Testing Association, Omaha, USA. 153 p.

Vinholis, M.M.B. 2007. Impacto Econômico, social e ambiental do uso do microondas doméstico para determinação de massa seca e do teor de água em solos e plantas. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. *Anais...* Londrina, Brasil. CD-ROM.