



## EFICIÊNCIA DO USO DE MICRO-ONDAS PARA DETERMINAÇÃO DE UMIDADE EM GRÃOS DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merr.)

Gabriel Nunes Zolini, Thaís Ribeiro Costa, Ricardo Siqueira da Silva, Danúbia Aparecida Costa Nobre

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus JK, Diamantina - MG. [gabriel\\_nz@hotmail.com](mailto:gabriel_nz@hotmail.com); [thaisribeiro.florestal@gmail.com](mailto:thaisribeiro.florestal@gmail.com); [ricardo.ufvjm@gmail.com](mailto:ricardo.ufvjm@gmail.com); [danubia.nobre@ufvjm.edu.br](mailto:danubia.nobre@ufvjm.edu.br)

**Resumo** - O teor de umidade é um parâmetro imprescindível para manutenção da qualidade dos grãos. Portanto, objetivou-se comparar o método padrão da estufa (105 °C/24h) com o método alternativo do micro-ondas para determinar a umidade de grãos de soja. Foram avaliadas duas potências: 560 e 700 W, e os tempos de 1', 1' 30", 2', 2' 30" e 3'. O tempo de 2' no micro-ondas, nas potências de 560 e 700 W, se mostraram eficientes na determinação de umidade dos grãos de soja, sendo uma alternativa viável ao método da estufa, com tempo consideravelmente reduzido.

**Palavras-chave:** Cultura agrícola; Estufa; Método alternativo; Secagem; Teor de água.

### INTRODUÇÃO

No Brasil, as perdas nas etapas de manejo, colheita e pós-colheita de produtos agrícolas são estimadas entre 25 e 30% do total de grãos e sementes produzidas [1]. Dentre os principais aspectos a serem observados para melhoria da comercialização destes produtos, a determinação periódica do teor de umidade entre a colheita e o armazenamento é de fundamental importância para minimizar as perdas dos grãos produzidos [2].

Os métodos para determinação de umidade podem ser classificados em diretos ou indiretos. Métodos diretos consistem na remoção do conteúdo de água dos grãos para determinação do percentual de umidade. Para tanto, no que tange os métodos indiretos, a determinação do teor de umidade baseia-se nas propriedades elétricas dos grãos, capacitância ou resistência [3]. Para determinação do teor de água em grãos de culturas agrícolas, as Regras para Análise de Sementes - RAS estabelece o uso do método padrão da estufa (105 °C / 24h) [4]. Contudo, métodos oficiais demandam maior tempo e menor praticidade, além de serem mais onerosos. Por isso, estudos recentes têm buscado alguns métodos alternativos [5] que sejam eficientes na determinação do teor de água dos grãos.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi verificar a viabilidade de se utilizar o forno micro-ondas em alternativa ao uso do método padrão da estufa (105 °C / 24h) para determinação de umidade em grãos de soja. Com isso pretende-se responder as seguintes questões: a) micro-ondas pode ser uma alternativa viável em relação ao método padrão da estufa? b) Há diferença entre as potências e tempos utilizadas no micro-ondas?

### DESENVOLVIMENTO

O experimento foi conduzido no Laboratório de Processamento de Produtos de Origem Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) – Campus JK, Diamantina, Minas Gerais, no ano de 2020. Foram utilizados grãos de soja (Cultivar BRS 245 RR), safra 2019/2020, cedidos pela fazenda Santa Helena, localizada no município de Martinho Campos, Minas Gerais (coordenadas geográficas 19°20'01.79" S e 45°14'18.18" O).

Foram empregados dois métodos para determinação do teor de umidade nos grãos de soja: Método padrão

da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas [4] e método alternativo em forno de micro-ondas.

Na determinação de umidade pelo método padrão da estufa (tratamento controle), conforme recomendado pela RAS [4], foram utilizadas quatro repetições de 50 grãos em delineamento inteiramente casualizado, distribuídos em recipientes de alumínio higienizados e submetidos à estufa de circulação de ar forçado, regulada previamente a 105 ± 3 °C, permanecendo por 24 horas. Inicialmente os grãos foram separados em repetições. Posteriormente, procedeu-se a identificação e pesagem individual dos recipientes em balança analítica para obtenção da tara. Feito isso, foi realizada a pesagem dos recipientes contendo os grãos para determinação do peso úmido, sendo então direcionados à estufa para secagem (Fig. 1).

Após o período de secagem os recipientes foram levados ao dessecador com sílica-gel ativada por 10' e então pesados novamente para obtenção do peso seco. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) b.u. (base úmida – relação entre a quantidade de água presente nos grãos e a massa total dos mesmos) de umidade.

A porcentagem de umidade presente nos grãos foi obtida aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ de umidade (U)} = \frac{100(P-p)}{P-t}$$

Onde: P = peso inicial, peso do recipiente e o peso do grão úmido; p = peso final, peso do recipiente e o peso do grão seco; t = tara, peso do recipiente.

Para a determinação de umidade pelo método do forno micro-ondas, os testes foram realizados no micro-ondas marca Consul® facilitate compacto, modelo CMS25ABHNA, potência máxima 700 Watts e capacidade de 18 L, onde foram adotadas duas potências: 560 e 700W. Pelas especificações do aparelho, são equivalentes a 80% (recomendada para aquecer alimentos) e 100% (ferver líquidos e cozimentos gerais), em que espera-se um nível de reposta mais rápido e adequado ao experimento.

Em cada potência, quatro repetições contendo 50 grãos foram submetidas a determinação de umidade em diferentes tempos: 1 minuto, 1 minuto e 30 segundos, 2 minutos, 2 minutos e 30 segundos e 3 minutos. Com os testes preliminares feitos no forno micro-ondas, pode-se observar que esses tempos se adequariam melhor aos testes, pois abaixo de 1' os

teores de umidade obtidos eram pouco expressivos e acima de 2' e meio os grãos começavam a carbonizar.

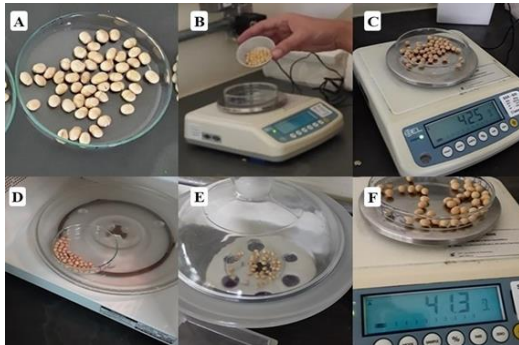


Figura 1 - Procedimentos adotados para determinação de umidade dos grãos de soja. Onde: A) separação das repetições em placa de Petri; B) pesagem do recipiente (tara); C) pesagem do recipiente e grãos úmidos; D) posicionamento e secagem dos grãos em forno micro-ondas; E) disposição dos grãos no dessecador por 10' após a secagem; F) pesagem do recipiente e grãos secos.

Todos os dados obtidos nas avaliações foram submetidos ao teste F para análise de variância ao nível de significância de 5%. Para comparação entre o método padrão da estufa e os diferentes tempos em cada potência, as médias foram comparadas pelo teste de Dunnet a 5% de significância. Por último, com os dados dos diferentes tempos em cada potência foram realizadas análises de regressão. Para todas as análises, utilizou-se o software R-3.3.3 e o pacote adicional "ExpDes" (Experimental Designs) [6].

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os pressupostos estatísticos foram atendidos ( $p > 0,05$ ) com resíduos normais e variância homogênea. Foram encontradas diferenças significativas pelo teste F na umidade dos grãos em função do tempo de exposição em ambas potências do micro-ondas (560 e 700 W), quando comparadas à média de umidade obtida pelo método padrão da estufa (tratamento controle). Pelo teste de Dunnet, foi constatado que apenas para o tempo de 2' em ambas potências, os valores foram estatisticamente iguais ao método padrão da estufa (Tabela 1).

De acordo com esses resultados, podemos recomendar o uso do micro-ondas no tempo de 2' à 560 e 700W, como alternativa ao método padrão da estufa, pela confiabilidade e rapidez e economia de energia elétrica [5,7]. Os resultados desse estudo são congruentes com outros trabalhos que constatarem a eficiência do uso do micro-ondas em relação ao método padrão da estufa para determinação de umidade em diferentes culturas, a exemplo do arroz, ipê-do-cerrado, milho, soja, milho, feijão e pinhão-manso [8, 9, 10, 5, 11].

TABELA 1 - Teores de umidade de grãos de soja, obtidos pelo método padrão da estufa a 105 °C/24h (tratamento controle) e forno micro-ondas em diferentes potências e tempos.

Potência (W)	Tratamentos	Teor de água (%)
560	Estufa 105 °C/24h	9,69 ± 0,44 a
	Micro-ondas: 1'	5,04 ± 0,06 b
	Micro-ondas: 1'30"	7,69 ± 0,42 b
	Micro-ondas: 2'	9,83 ± 0,21 a
	Micro-ondas: 2'30"	10,67 ± 0,20 b
700	Estufa 105 °C/24h	9,69 ± 0,44 a
	Micro-ondas: 1'	6,06 ± 0,77 b
	Micro-ondas: 1'30"	8,88 ± 0,38 b
	Micro-ondas: 2'	9,72 ± 0,31 a
	Micro-ondas: 2'30"	10,36 ± 0,49 b
	Micro-ondas: 3'	11,23 ± 0,80 b

\*médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunnet a 5% de significância. CV (%) = 4,15 e 6,05%, para 560 e 700W, respectivamente.

É importante salientar que a escolha correta da potência e tempo utilizados no micro-ondas devem ser adequadas a correlação entre ambos e as características específicas dos grãos. Pedrosa et al. [10] encontrou em seu experimento de determinação do teor de água em milho e soja, que as potências de 400, 600 e 800 W em diferentes tempos utilizados, foram efetivas na obtenção da umidade dos grãos, exceto na potência de 800 W para o milho, pois promoveu a conversão do grão em pipoca, impedindo a pesagem para determinação de umidade. Já Alves et al., (2015) [11] observou em seu estudo que para a única potência utilizada de 600 W, houve diferença significativa entre os tempos de 1' e 2' na determinação do teor de água em feijão, sendo somente o último efetivo.

A composição química de grãos e sementes também está diretamente ligada às respostas obtidas pelos métodos de determinação de umidade [5]. O que também infere no desprendimento de água pelo grão é a constituição dos seus tecidos. Para grãos de soja, ricos em lipídios, a liberação de água pode ser facilitada para o meio externo devido as fracas ligações que a água mantém com os lipídios [12].

Com a regressão de modelo polinomial quadrático (Fig. 2), constatou-se que o forno micro-ondas nas potências de 560 e 700 W levaram os respectivos tempos de 1' 59" e 1' 56" para se atingir o teor médio de 9,69% de umidade observado com o método padrão da estufa. Para todas as potências foram encontrados coeficientes de determinação com valores superiores a 0,96, ou seja, as equações polinomiais determinadas podem explicar mais de 96% dos dados, indicando também elevada dependência entre as variáveis, teor de água e tempo. Notamos que houve aumento da porcentagem de umidade em função do tempo de exposição ao forno micro-ondas.

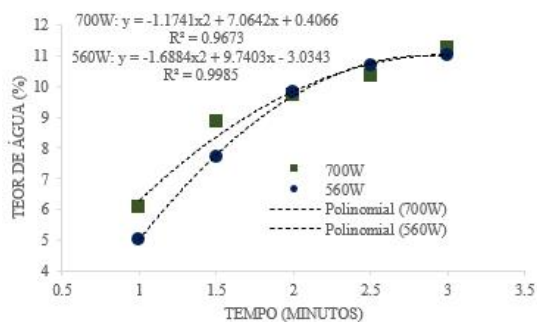


Figura 2 - Teores de umidade em grãos de soja obtidos pelo forno micro-ondas a partir de diferentes potências em função do tempo.

No presente estudo, encontramos diferenças entre os tempos utilizados na determinação de umidade, as quais podem ser atribuídas aos tipos de água presente nos grãos. Diante disso, algumas dificuldades podem ser encontradas na extração da umidade dos grãos, visto que a água pode estar em três formas distintas na sua composição: água absorvida; água adsorvida e água de constituição. As duas primeiras são consideradas água livre, facilmente removidas pelo calor. A terceira está fortemente ligada ao material sólido, removida somente em altas temperaturas [13].

As estufas utilizadas no método padrão, teoricamente, removem a água absorvida e adsorvida, mas não a água de constituição [14]. O mesmo pode ser observado pelo micro-ondas, devido a agitação das moléculas de água que são impulsionadas pela frequência gerada no *magnetron*, assim, o atrito das moléculas de água no produto cria calor e promove a retirada da água livre [15].

No presente estudo notamos que em ambas potências utilizadas no forno micro-ondas (500 e 700W), o teor de umidade aumentou proporcionalmente ao acréscimo de tempo de exposição. Além disso, os teores de umidade encontrados nos tempos acima de 2' foram superiores ao tratamento controle (método padrão da estufa).

Isto pode estar atribuído ao fato de que em tempos superiores, a exposição em excesso dos grãos à radiação promoveu a perda da água de constituição. A remoção da água de constituição promove a quebra da estrutura química dos grãos alterando os valores reais da determinação de umidade [13]. Já os tratamentos com tempos inferiores a 2', possivelmente não receberam calor suficiente para volatilizar a água absorvida e adsorvida dos grãos tão pouco a água de constituição, resultando em teores de umidade inferiores.

Visto a importância de se determinar a umidade dos grãos para manutenção da qualidade do produto, a fim de promover um armazenamento seguro [5], devemos considerar as condições específicas de cada estudo no emprego de métodos alternativos de determinação de umidade, sendo objetivo fundamental para a garantia de bons resultados. A eficiência energética, facilidade de execução, redução do tempo de avaliações e o baixo custo do micro-ondas são pontos positivos no emprego do método.

## REFERÊNCIAS

[1] G. SCHUH, R. GORRARDI, E.F. FILHO, L.E.G. ATUNES, G.R. DIONELLO, Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha – RS, armazenados por 6 meses.

Semina: Ciências Agrárias, Londrina, vol 3, no 11, pp. 235-244, 2011.

[2] D. BEFIKADU, Factors Affecting Quality of Grain Stored in Ethiopian Traditional Storage Structures and Opportunities for Improvement. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR), vol 18, no 1, pp. 235-257, 2014.

[3] A. MORITZ, T. A. ORTIZ, A. SOUZA, L.S.A. TAKAHASHI, C. ZUCARELLI, Comparação de métodos para a determinação do teor de umidade em grãos de milho e de soja. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, vol 5, no 2, pp. 145-154, 2012.

[4] BRASIL. Regras para análise de sementes. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. Capítulo 7, Determinação do grau de umidade: p.307-323.

[5] H.G.S. SARMENTO, A.M.S.S. DAVID, M.G. BARBOSA, D.A.C NOBRE, H.T.B. AMARO, Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-manso por métodos alternativos. Energ. Agric., Botucatu, vol 30, no 3, pp. 249-256, 2015.

[6] E.B. FERREIRA, P.P. CAVALCANTI, D.A NOGUEIRA, ExpDes: Experimental Designs package. R package version 1.1.2, 2013. <https://sites.google.com/site/ericbferreira/unifal/downloads-1>.

[7] A.M.C. NIRMAAN, B.D.R. PRASANTHA, B.L. PEIRIS. Comparison of microwave drying and oven-drying techniques for moisture determination of three paddy (*Oryza sativa* L.) varieties. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, vol 7, pp. 1-7, 2020.

[8] C. LUZ, L. BAUDET, V. FRANDOLOSO. Determinação do teor de água de sementes de arroz por secagem com microondas. Revista Brasileira de Sementes, vol 20, no 1, 70-74, 1998.

[9] M.C. NERY, M.L.M. CARVALHO, L.M. OLIVEIRA, Determinação do grau de umidade de sementes de ipê-do-cerrado *Tabebuia ochracea* ((cham.) standl.) pelos métodos de estufa e forno de microondas. Ciênc. Agrotec., vol 28, no 6, pp. 1299-1305, 2004.

[10] C.R.G. PEDROSA, L.F. MELO, M. FAGIOLI, Viabilidade do uso de aparelho de microondas na determinação do teor de água em sementes de milho e soja. Rev. Agrotec., vol 35, no 1, pp. 48-53, 2014.

[11] S.E.S. ALVES, G.F. OLIVEIRA, F.T. MENDES, D.L.M.P. BERNARDINO, J.C. FIGUEIREDO, A.M.S.S. DAVID, Determinação do teor de água em semente de feijão carioca por métodos alternativos. Resumo expandido publicado no 9º FEPEG – Forum de ensino, pesquisa, extensão e gestão. 3p, 2015.

[12] M.S. LOPES, Método de estufa para determinação do grau de umidade de sementes de arroz e soja. [Tese]. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 43 p., 2008.

[13] D. PUZZI, Abastecimento e armazenamento de grãos. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 666p., 2000.

[14] S. HENDERSON, Sources of variation in the determination of moisture content of cereal grains and oilseeds by oven-drying methods. Phostharvest News and Information, vol 2, no 5, 335-339, 1991.

[15] R.Q. FARIA, A.H.P. DOS SANTOS, Y. GARIEPY, E.A.A. DA SILVA, M.M.P. EIRA SARTORI, V. RAGHAVAN, Optimization of the process of drying of corn seeds with the use of microwaves. Drying Technology, vol 38, pp. 676-684, 2020.