



Efficiency of using microwaves to determine moisture in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.)

Eficiência do uso de micro-ondas para determinação de umidade em grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merr.)

ZOLINI, Gabriel Nunes⁽¹⁾; COSTA Thaís Ribeiro⁽²⁾; NOBRE, Danúbia Aparecida da Costa⁽³⁾; SILVA, Ricardo Silveira da⁽⁴⁾

⁽¹⁾ ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3272-4340>, Discente de Agronomia no Departamento de Agronomia, Univerisidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina-MG, BRAZIL. E-mail: gabriel_nz@hotmail.com.

⁽²⁾ ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7585-122X> Doutoranda pelo Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal/Departamento de Engenharia Florestal, Univerisidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina-MG, BRAZIL. E-mail: thaís.costa@ufvjm.edu.br.

⁽³⁾ ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5034-4480>, Professora de Magistério Superior pelo Departamento de Agronomia, Univerisidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina-MG, BRAZIL. E-mail: danubia.nobre@edu.com.br.

⁽⁴⁾ ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1837-1339>, Professor de Magistério Superior pelo Departamento de Agronomia, Univerisidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina-MG, BRAZIL. E-mail: ricardo.ufvjm@gmail.com.

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

The moisture content is an essential parameter for maintaining the grains' quality, from harvest to storage. Therefore it is necessary to establish fast and accurate methods for their determination. In this sense, this study's objective was to compare the standard method with 105 °C / 24h the alternative microwave method to determine the moisture of soybeans. The experimental design used was completely randomized with four replications containing 50 grains. Two microwave powers were used: 560 W and 700 W. The times were 1', 1' 30", 2', 2' 30" and 3' for each power. The results obtained in the analyses were submitted to the F test for ANOVA ($\alpha = 5\%$), and the means were compared by the Dunnet and Tukey tests ($\alpha = 5\%$). Regression analyzes were performed to determine the optimum time at each power ($\alpha = 5\%$). It was found that the moisture content obtained by the microwave in the time of 2" on the 560 W and 700 W power, proved to be efficient in determining the moisture content of soybeans grains. Therefore, the microwave method can be a viable alternative to the standard (105 °C / 24h), with considerably reduced time.

RESUMO

O teor de umidade é um parâmetro imprescindível para manutenção da qualidade dos grãos, desde a colheita ao armazenamento. O estabelecimento de métodos rápidos e precisos para sua determinação são importantes para a determinação da qualidade dos grãos. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi comparar o método padrão da estufa 105 °C / 24h com o método alternativo do micro-ondas para determinar a umidade de grãos de soja. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições contendo 50 grãos. Foram utilizadas duas potências de micro-ondas: 560 W e 700 W. Para cada potência, os tempos foram de 1', 1' 30", 2', 2' 30" e 3'. Os resultados obtidos nas avaliações foram submetidos ao teste F para análise de variância ($\alpha = 5\%$) e as médias comparadas pelos testes de Dunnet e Tukey ($\alpha = 5\%$). Para determinação do tempo ótimo em cada potência foram utilizadas análises de regressão ($\alpha = 5\%$). Verificou-se que os teores de umidade obtidos pelo micro-ondas no tempo de 2' nas potências de 560 W e 700 W se mostraram eficientes na determinação de umidade dos grãos de soja. Logo, o método do micro-ondas pode ser uma alternativa viável ao método padrão da estufa (105 °C / 24h), com tempo consideravelmente reduzido.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Recebido: 27/12/2020

Aceito: 10/12/2021

Publicação: 01/01/2022



Keywords:

Agricultural Crop; Alternative Method; Drying; Moisture Content; Oven.

Palavras-Chave:

Cultura Agrícola; Estufa; Método Alternativo; Secagem; Teor de água.

Introdução

Compreender os problemas que ocorrem durante as etapas de manejo, colheita e pós-colheita de produtos agrícolas tem sido foco de inúmeras pesquisas, que visam maximizar a qualidade e quantidade dos grãos e/ou sementes destinados ao armazenamento (WALKER et al., 2018; MANANDHAR et al., 2018; TONG et al., 2019). No Brasil, as perdas nestas etapas são estimadas entre 25 e 30% do total de grãos produzidos (SCHUH et al., 2011). A exemplo da safra da soja (2019/2020), que obteve um total de 124 milhões de toneladas produzidas no país (CONAB, 2020), se associadas a tais perdas, representariam prejuízos equivalentes a 37 milhões de toneladas.

Para obtenção de grãos de alta qualidade, torna-se necessário observar diferentes aspectos durante a realização dos processos a que são submetidos, antes de sua comercialização (BEFIKADU, 2014). Diversos fatores estão relacionados às perdas quantitativas e qualitativas dos grãos cultivados, dentre elas: características intrínsecas à espécie e cultivar, colheita, método de secagem e práticas de armazenamento (PRUSKY, 2011; KUMAR & KALITA, 2017).

A deterioração da massa de grãos armazenados é o resultado da interação entre variáveis físicas (temperatura e umidade); químicas (disponibilidade de oxigênio no ar intergranular) e biológicas (respiração e microrganismos). O percentual de degradação dos grãos é diretamente proporcional ao aumento e sinergismo do efeito destas variáveis (CHULZE, 2010; QUIRINO et al., 2013; CORADI et al., 2016). A umidade e temperatura são as variáveis que mais influenciam a taxa de degradação (CORADI et al., 2015).

Após a colheita e durante o armazenamento, a quantidade de água livre nos grãos pode inferir de modo indireto a qualidade do produto, podendo favorecer a proliferação de microrganismos e ataque de pragas. Para um correto armazenamento deve-se atentar ao teor de umidade presente nos grãos (ALENCAR et al., 2010). De modo geral, os teores de umidade indicados para colheita da soja (*Glycine max* (L.) Merr.), estão entre 18% e 16%, sendo o máximo e o ótimo, respectivamente. Para um armazenamento seguro os grãos devem apresentar 11% de umidade após a secagem, sendo 11-12% para armazenar durante o período de um ano e 9-10% por cinco anos (SENAR, 2018). Portanto, a determinação periódica do teor de umidade entre a colheita e o armazenamento é de fundamental importância (BEFIKADU, 2014).

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 (MORITZ et al., 2012).

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) (BRASIL, 2009). Contudo, métodos oficiais demandam maior tempo e menor praticidade, além de serem mais onerosos. Por isso, estudos têm buscado alguns métodos alternativos (SARMENTO et al., 2015; PEDROSA et al., 2014; ALVES et al., 2015), que sejam eficientes no controle do teor de água dos grãos.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi determinar 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) Há diferença entre as potências e tempos utilizados no micro-ondas? b) O micro-ondas pode ser uma alternativa viável em relação ao método padrão da estufa?

Procedimentos Metodológicos

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 (BRASIL, 2009) e método alternativo em forno de micro-ondas.

Na determinação de umidade pelo método padrão da estufa (tratamento controle), conforme recomendado pela RAS (BRASIL, 2009), foram utilizadas quatro repetições de 50 grãos, 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.

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;

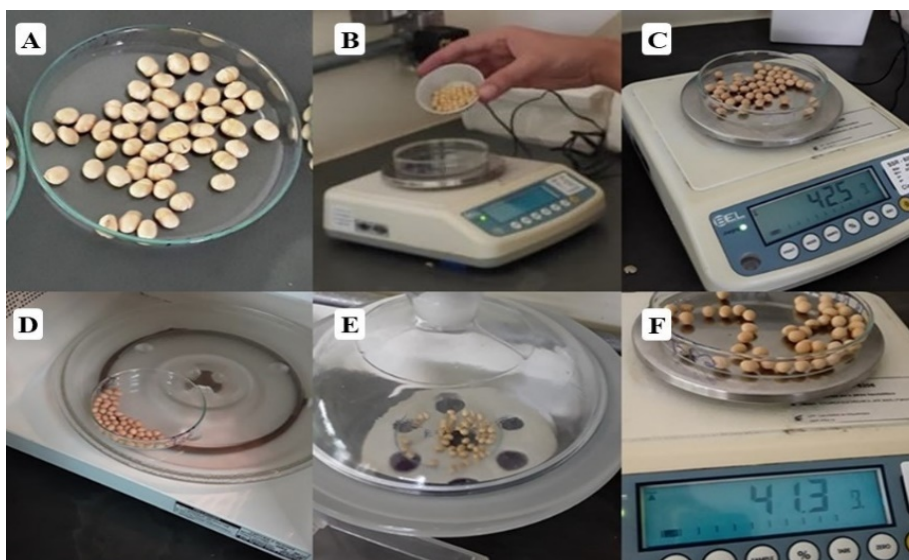
t = tara, peso do recipiente.

Para a determinação de umidade pelo método do forno micro-ondas, os testes foram realizados no micro-ondas marca Consul[®] facilite compacto, modelo CMS25ABHNA, potência máxima 700 Watts e capacidade de 18 L. Neste experimento foram adotadas duas potências: 560 W 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 os grãos foram submetidos a determinação de umidade em diferentes tempos: 1 minuto (T₁), 1 minuto e 30 segundos (T₂), 2 minutos (T₃), 2 minutos e 30 segundos (T₄) e 3 minutos (T₅).

Após a secagem de cada amostra no micro-ondas, é recomendável esperar cerca de cinco minutos entre cada repetição. 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.

Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições contendo 50 grãos dispostos em placas de *Petri*. A obtenção do peso úmido e peso seco seguiu o mesmo procedimento descrito no método padrão da estufa, conforme a figura 1:

Figura 1. Procedimentos adotados para determinação de umidade dos grãos de soja.



Fonte: Experimentos Laboratoriais

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.

Com o propósito de testar a eficiência do método alternativo, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Para a análise de dados subdividiu-se os resultados em três: i) comparação entre o método padrão da estufa e os diferentes tempos para cada potência; ii) interação entre os fatores potência e tempo (fatorial 2x5); iii) determinação do tempo ótimo em cada potência em relação à estufa.

$$\sqrt{x/100}$$

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 Dunnett a 5% de significância. A interação entre as potências e os diferentes tempos foram interpretadas a partir do teste de média de Tukey 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-4.0.2 (2020) (R Core Team, 2020), e o pacote adicional “ExpDes” (Experimental Designs) (FERREIRA et al., 2013).

Resultados e Discussão

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 W e 700 W), quando comparadas à média de umidade obtida pelo método padrão da estufa (tratamento controle). Pelo teste de Dunnett, foi constatado que apenas para o tempo de 2' em ambas potências, os valores foram estatisticamente iguais ao método padrão da estufa (tabela 1).

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	Tratamentos	Teor de água (% b.u.)	CV (%)
560 W	Estufa 105 °C/24h	9,69 ± 0,44 a	4,15%
	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	
	Micro-ondas: 3'	11,02 ± 0,62 b	
700 W	Estufa 105 °C/24h	9,69 ± 0,44 a	6,05%
	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	

*Medias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

De acordo com a tabela 1, pode-se 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 (SARMENTO et al., 2015; NIRMAAN et al., 2020). A penetração e o aquecimento dos grãos em um campo de micro-ondas, são praticamente instantâneos, ao contrário dos métodos convencionais, como caso da estufa em que o transporte de calor da superfície para o centro do aparelho ocorre 10 a 20 vezes mais lentamente (GARCIA, 2014).

Os resultados desse estudo são congruentes com outros trabalhos que constataram 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 (LUZ et al., 1998; NERY et al., 2004; PEDROSA et al., 2014; SARMENTO et al., 2015; ALVES et al., 2015).

Houve interação significativa entre as potências do micro-ondas e tempo de exposição dos grãos ($F = 3,97$, $p = 0,01$). Ao comparar os tempos entre as potências avaliadas, nota-se que 2', 2' 30" e 3' não diferiram entre si pelo teste de Tukey (tabela 2), já para o tempo de 1' e 1' 30" a potência de 700W expressou as maiores médias de umidade nos grãos de soja.

Tabela 2. Teor de umidade entre as potências utilizadas e os diferentes tempos de exposição dos grãos de soja ao micro-ondas.

Potências (W)/ Tempos (min)	Teor de umidade (%)				
	1'	1,5'	2'	2,5'	3'
560	5,04 bD	7,69 bC	9,83 aB	10,67 aAB	11,02 aA
700	6,06 aD	8,88 aC	9,72 aB	10,36 aAB	11,23 aA
CV	5,37%				

*Médias com letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

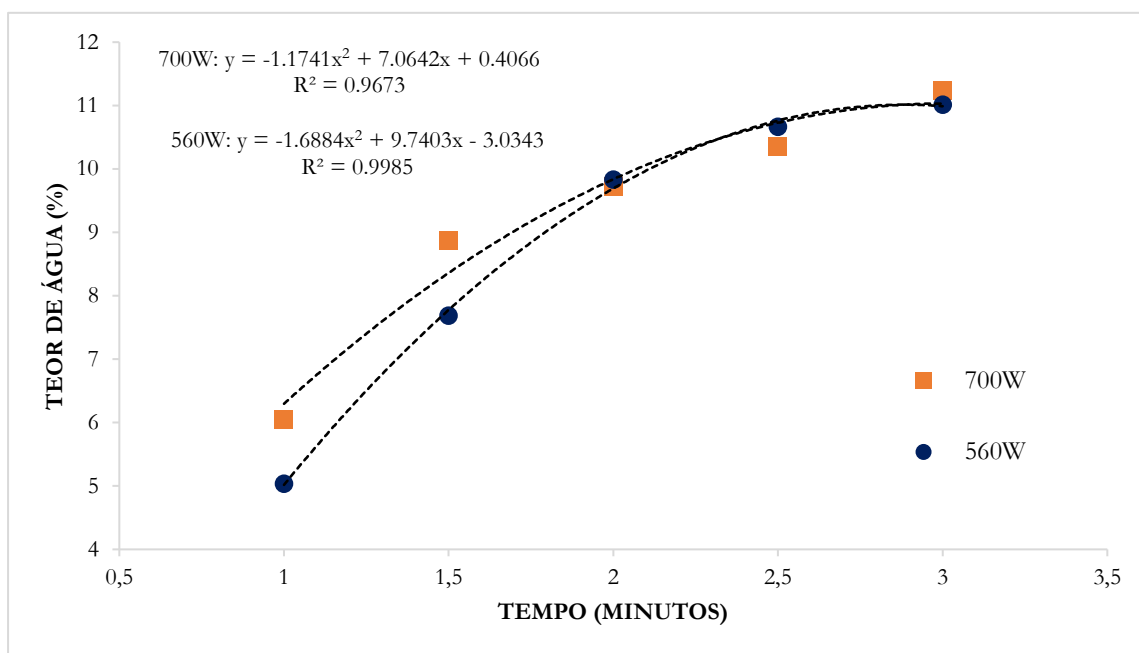
Ao comparar cada potência nos diferentes tempos avaliados, os resultados foram similares para 560 e 700W, com maiores médias de umidade nos grãos de soja aos 2', 2' 30" e 3', não havendo diferenças para os dois últimos tempos analisados (tabela 2).

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., (2014) 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) 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 (SARMENTO et al., 2015). 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 (LOPES, 2008).

Com a regressão de modelo polinomial quadrático (figura 2), constatou-se que o forno micro-ondas nas potências de 560 W 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 umidade e tempo. Nota-se que houve um 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



Fonte: Experimentos Laboratoriais

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 (PUZZI, 2000).

As estufas utilizadas no método padrão, teoricamente, removem a água absorvida e adsorvida, mas não a água de constituição (HENDERSON, 1991). 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 (FARIA et al., 2020)

No presente estudo nota-se que em ambas potências utilizadas no forno micro-ondas, 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).

Isso 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. De acordo com Puzzi (2000), a remoção da água de constituição promove a quebra da estrutura química dos grãos alterando os valores reais da determinação de umidade. 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.

Como o micro-ondas trata-se de radiação de alta frequência é observada rápida elevação da temperatura dos grãos, que além da remoção da água de constituição, estão submetidos a incineração (GARCIA, 2014). Por isso é recomendável o cuidado na escolha correta da potência e tempo, pois além de perda de substâncias dos grãos pode ocorrer erro na determinação de umidade do método.

Visto a importância de se determinar a umidade dos grãos para manutenção da qualidade do produto, a fim de promover um armazenamento seguro (SILVA et al., 2005), 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, facilidade de execução, redução do tempo de avaliações, o baixo custo do micro-ondas e a redução no consumo energético são pontos positivos no emprego do método.

Conclusão

Os teores de umidade obtidos pelo micro-ondas no tempo de 2' nas potências de 560 W e 700 W se mostraram eficientes na determinação de umidade dos grãos de soja.

O micro-ondas pode ser uma alternativa viável ao método padrão da estufa (105 °C/24h) para verificar as condições de umidade dos grãos de soja, com tempo consideravelmente reduzido.

Referências

- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; PETERNELLI, L. A.; SILVA, M. T. C. COSTA, A. R. Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 303-308, 2010.
- ALVES, S. E. S.; OLIVEIRA, G. F.; MENDES, F. T.; BERNARDINO, D. L. M. P.; FIGUEIREDO, J. C.; DAVID, A. M. S. S. Determinação do teor de água em semente de feijão carioca por métodos alternativos. Resumo expandido publicado no 9^o FEPEG – **Fórum de ensino, pesquisa, extensão e gestão**, 3p, 2015.
- BEFIKADU, D. Factors Affecting Quality of Grain Stored in Ethiopian Traditional Storage Structures and Opportunities for Improvement. **International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)**, v. 18, n. 1, p. 235-257, 2014.
- BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: Setembro/2020.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Capítulo 7, Determinação do grau de umidade: p.307-323, 2009

- CHULZE, S. N. Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: a review. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 27, n. 5, p. 651–657, 2010.
- CORADI, P. C.; MILANE, L. V.; CAMILO, L. J.; ANDRADE, M. G. O. Drying and storage of corn grains for ethanol production in Brazil. **Bioscience Journal**, v. 32, p. 1175-1190, 2016.
- CORADI, P. C.; MILANE, L. V.; CAMILO, L. J.; PRADO, R. L. F.; FERNANDES, T. C. Qualidade de grãos de soja armazenados em baixas temperaturas. **Revista Brasileira De Engenharia De Biosistemas**, v. 9, n. 3, p. 197-208, 2015.10.18011/bioeng2015v9n3p197-208.
- FARIA, R.Q.; DOS SANTOS, A.H.P.; GARIEPY, Y.; DA SILVA, E.A.A.; EIRA SARTORI, M.M.P.; RAGHAVAN, V. Optimization of the process of drying of corn seeds with the use of microwaves. **Drying Technology**, v. 38, p. 676–684, 2020.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: Experimental Designs package. R package version 1.1.2. 2013. <https://sites.google.com/site/ericbferreira/unifal/downloads-1>.
- GARCIA, L.G.C. Determinação do teor de água em farinhas por micro-ondas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 17-25, 2014
- HENDERSON, S. Sources of variation in the determination of moisture content of cereal grains and oilseeds by oven-drying methods. **Postharvest News and Information**, v. 2, n. 5, 335-339, 1991.
- KUMAR, D.; & KALITA, P. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. **Foods**, v. 6, n.1, p. 22, 2017.
- LOPES, M. S. **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, 2008.
- LUZ, C.; BAUDET, L.; FRANDOLOSO, V. Determinação do teor de água de sementes de arroz por secagem com microondas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p.70-74, 1998.
- MANANDHAR, A.; MILINDI, P.; SHAH, A. An Overview of the Post-Harvest Grain Storage Practices of Smallholder Farmers in Developing Countries. **Agriculture**, v. 8, n. 4, p. 57, 2018.
- MORITZ, A.; ORTIZ, T. A.; SOUZA, A.; TAKAHASHI, L. S. A.; ZUCARELI, C. Comparação de métodos para a determinação do teor de umidade em grãos de milho e de soja. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 5, n. 2, p. 145-154, 2012. 10.5777/PAetV5.N2.11.
- NERY, M. C.; CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, L. M. 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.**, v. 28, n. 6, p. 1299-1305, 2004.
- NIRMAAN, A. M. C.; PRASANTHA, B.D.R.; PEIRIS, B. L. Comparison of microwave drying and oven-drying techniques for moisture determination of three paddy (*Oryza sativa* L.) varieties. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 7, p.1-7, 2020.
- PEDROSA, C. R. G.; MELO, L. F.; FAGIOLI, M. Viabilidade do uso de aparelho de microondas na determinação do teor de água em sementes de milho e soja. **Rev. Agrotec.**, v. 35, n. 1, p. 48–53, 2014.
- PRUSKY, D. Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. **Food Security**, v. 3, n. 4, p. 463–474, 2011.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola; 666p, 2000.
- QUIRINO, J. R.; MELO, A. P. C.; VELOSO, V. R. S.; ALBERNAZ, A. K.; PEREIRA, J. M. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. **Bragantia**, v. 72, p. 378-386, 2013.
- SARMENTO, H. G. S.; DAVID, A. M. S. S.; BARBOSA, M. G.; NOBRE, D. A. C.; AMARO, H. T. B. Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-manso por métodos alternativos. **Energ. Agric.**, Botucatu, v. 30, n.3, p. 249-256, 2015.

SCHUH, G.; GORRARDI, R.; FILHO, E. F.; ATUNES, L. E. G.; DIONELLO, G. R. 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, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.

SENAR. **Grãos**: armazenamento de milho, soja, feijão e café. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural: Brasília, Senar; 100p, 2018.

SILVA, J. S.; NOGUEIRA, R. M.; ROBERTO, C. D. **Tecnologias de secagem e armazenagem para a agricultura familiar**. Brasília, DF: Embrapa Café, 138p, 2005.

TONG, C.; GAO, S.; LUO, S.; LIU, L.; BAO, J. Impact of Postharvest Operations on Rice Grain Quality: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, p. 626 – 640, 2019.

WALKER, S.; JAIME, R.; KAGOT, V.; PROBST C. Comparative effects of hermetic and traditional storage devices on maize grain: Mycotoxin development, insect infestation and grain quality. **Journal of Stored Products Research**, v. 77, p. 34–44, 2018.